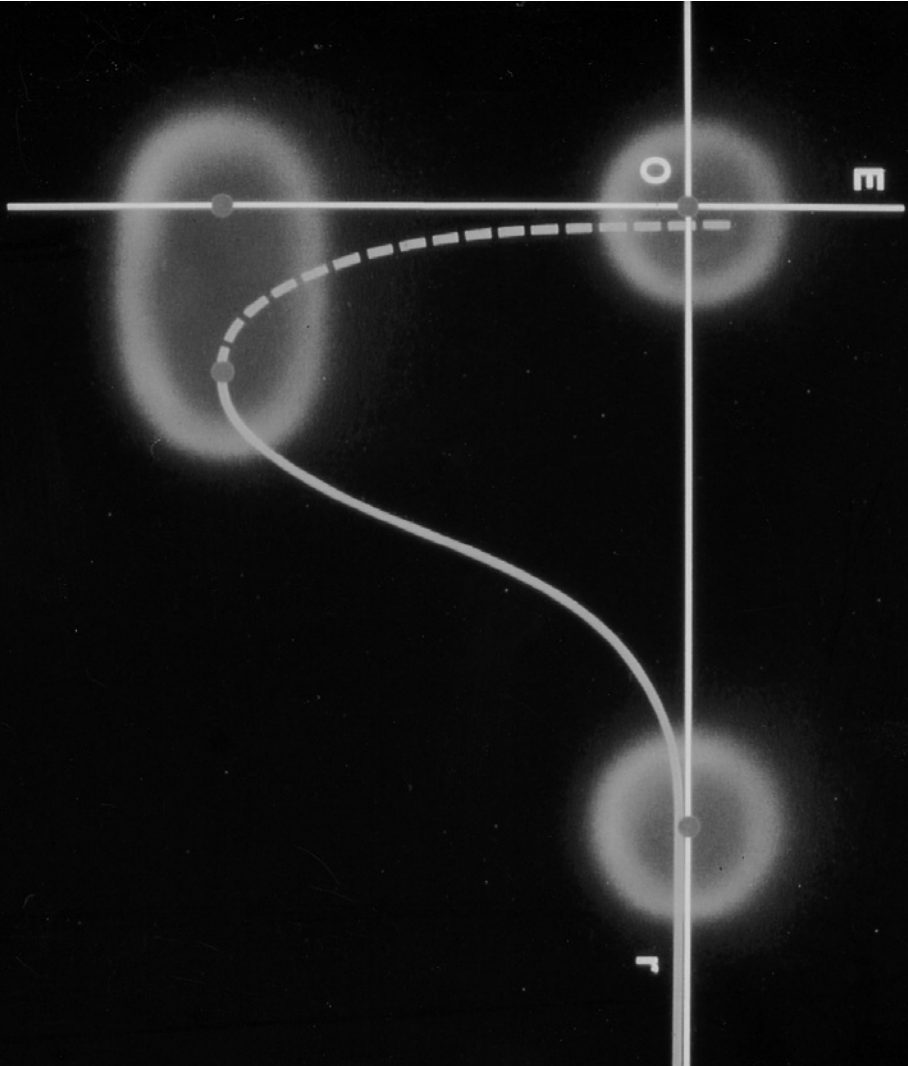


# FWU – Schule und Unterricht/Arbeitsvideo



DVD 46 02343 / VHS 42 01105 24 min, Farbe



## Atom und Molekül

Arbeitsvideo / 6 Kurzfilme

FWU –  
das Medieninstitut  
der Länder



## **Lernziele**

*Das Bauprinzip einfacher Atome kennen lernen. Das Größenverhältnis Kern zu Atom richtig einschätzen können. Zusammenhänge zwischen dem physikalischen Aufbau der Atome und Moleküle und den chemischen Eigenschaften der aus ihnen zusammengesetzten Stoffe erkennen.*

## **Vorkenntnisse**

*Chemische Symbole. Rutherford'scher Streuversuch. Ein Atommodell mit differenzierter Elektronenhülle. Jeweils der Inhalt der vorhergehenden Kurzfilme.*

## **Zum Inhalt**

### **1. Das Atom – Aufbau und Größenverhältnisse**

#### *Zum Inhalt*

Der erste Teil des Films beschäftigt sich mit dem Wasserstoff-Atom. Einleitend werden Proton (rot), Neutron (weiß) und Elektron (blau) als Elementarteilchen vorgestellt. Dann wird gezeigt, wie man sich die Entstehung eines Wasserstoff-Atoms vorstellt: Ein Proton fängt ein Elektron ein, das man sich aus unendlicher Entfernung kommend denken muss. Das Elektron vollführt eine unregelmäßige Bewegung um das Proton. Damit diese verfolgbar ist, wurde sie betont langsam dargestellt. Man kann erkennen, dass das Elektron nicht immer die gleiche Geschwindigkeit hat und sich nicht immer gleich weit vom Kern entfernt aufhält.

Um die Vorstellung von der Elektronenwolke als eines Aufenthaltswahrscheinlichkeitsraums zu entwickeln, wird in einem Gedankenversuch der Ort des Elektrons in regelmäßigen Zeitabständen mit einer Polaroidkamera fotografiert, die sofort die fertigen Bilder liefert; dann werden die ersten sechs Fotos übereinander kopiert.

Danach dürfte klar sein, was die Punkte bedeuten und wie sie zustande kommen. Nun wird die Zahl der Elektronenörter schubweise vermehrt, bis als Ergebnis sehr vieler solcher Kopiervorgänge die Dichte der Punkte (Elektronenörter) ein Bild von der Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons ergibt.

Nun folgt der Übergang vom Punktehaufen zur Elektronenwolke. Sie ist dargestellt als transparente Kugel (denkbar als Ergebnis einer weiteren Punktevermehrung bei gleichzeitigem Schwächerwerden der einzelnen Punkte). Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons (Bereich größter Ladungsdichte) ist – wenn auch schematisch – immer noch deutlich sichtbar. Zum Schluss werden die Namen der Bestandteile des Wasserstoff-Atoms und ihre Ladung am entsprechenden Ort eingeblendet.

Der nächste Teil des Films beschäftigt sich mit dem Größenverhältnis von Kern zu Gesamtatom. Um zu zeigen, dass die Dichte der Elektronenörter von einer bestimmten Entfernung vom Kern an rasch abfällt, wird nochmals auf den „Punktehaufen“ zurückgegriffen. Die Atomgrenze wird mehr oder weniger willkürlich eingezogen; außerhalb davon ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit fast gleich null. Nach Überblendung auf die Elektronenwolke werden Kern- und Hüllradius angegeben. Es folgt die Veranschaulichung des Größenverhältnisses von Kern zu Gesamtatom. Dem Kern entspricht ein roter Stecknadelkopf von 2 mm Durchmesser, von einer Hand gehalten. Die Kamera fährt zurück, so dass man sieht, wo man sich den Menschen mit der Stecknadel vorstellen muss, nämlich am Start einer 100m-Bahn in einem Sportstadion. Bei dieser Art der Veranschaulichung ist bemerkenswert, dass man so tut, als könne man von einem Punkt aus, wo die 100 m-Bahn ohne perspektivische

Verzerrung zu überblicken ist, auch den Stecknadelkopf noch sehen, was in Wirklichkeit nicht möglich ist.

Mit dem Radius von 100 m wird ein Kreis um den „Atomkern“ beschrieben, der nach Ausblenden des Stadions das Aussehen des Atoms annimmt. Es folgt die Schrift „Kernradius zu Atomradius wie 1:100.000“. Im dritten Teil des Films wird gezeigt, wie man sich die Entstehung eines Helium-Atoms aus dem Kern und zwei Elektronen vorstellen kann. Aus der Elektronenbewegung wird dann unmittelbar die Elektronenwolke entwickelt.

## **2. Energieaufnahme und -abgabe durch die Elektronenwolke des Helium-Atoms**

### *Zum Inhalt*

Zu Anfang des Films sieht man ein Helium-Atom mit Kern und (durch Punktdichte dargestellte) Elektronenwolke. Der Hintergrund färbt sich im Verlauf der Einstellung rot. Damit soll angedeutet werden, dass die Umgebung des Atoms energiereicher wird. Das Helium-Atom nimmt nun ein Energiequant auf. Das Elektron geht unter Abgabe des Energiequants wieder auf sein Ausgangsniveau zurück; die Elektronenwolke hat wieder ihre ursprüngliche Ausdehnung. Um nicht durch Einzelheiten zu verwirren, wird die Elektronenwolke im weiteren Verlauf des Films als transparente Kugel dargestellt.

Es treten jetzt mehrere Atome ins Bild. Die Atome nehmen abwechselnd Energie auf und geben sie wieder ab. Schließlich deutet das Verblässen des Hintergrundes an, dass die Energiezufuhr aus der Umgebung aufhört. Die Atome kehren in ihren Grundzustand zurück. In der nächsten Szene wird eine schematische Versuchsanordnung aufgebaut, in der das Licht einer Helium-Gasentla-

dungslampe mit Hilfe eines Prismas in Spektralfarben zerlegt wird. Es treten dabei drei Spektrallinien auf, mit den Wellenlängen 700 nm (rot), 585 nm (gelb) und 500 nm (grün).

Um diese Spektrallinien besser zu zeigen, werden sie gewissermaßen fotografisch auf dem Auffangschirm festgehalten und groß ins Bild geschwenkt. Nachdem nochmals die ganze Versuchseinrichtung in Funktion gezeigt wurde, führt die folgende Einstellung ins Innere der Heliumröhre und zeigt zunächst nur die Wärmebewegung der Helium-Atome. Um die Vorgänge bei der Lichtausstrahlung deutlicher werden zu lassen, hält man die Atome an und greift dann eines von ihnen heraus. Dieses Atom nimmt abwechselnd Energie auf und gibt sie in Form von Licht wieder ab. Die zugeführten Lichtquanten werden dabei vom einen zum anderen Mal energiereicher. Die Elektronenhülle weitet sich deshalb bei jedem Mal stärker aus. Das abgegebene Licht hat eine umso kürzere Wellenlänge, je größer die Ausweitung, d.h. je energiereicher das zugeführte Energiequant war. Auf diese Weise strahlt das Atom nacheinander das den drei Spektrallinien entsprechende rote, gelbe und grüne Licht ab.

Es wird nun auf eine größere Anzahl von Atomen übergeblendet, die abwechselnd Energieportionen verschiedener Größe aufnehmen, um die Energie dann wieder in Form von Licht abzugeben. Dabei wird im Verlauf der Szene gezeigt, dass das verschiedenfarbige Licht nebeneinander auftritt. Auf diese Weise wird die Erklärung dafür geliefert, dass das schwach gelb-orange Gesamtlicht in die drei Spektrallinien rot, gelb und grün zerlegt werden kann.

## Zur Verwendung im Unterricht

Bei der Betrachtung des Atombaus kommt das Thema „Wie gewinnen wir überhaupt Anhaltspunkte für das Aufstellen eines Atommodells?“ oft zu kurz. Wer darauf eingehen möchte, dass die Linienspektren Auskunft über den energetischen Zustand der Elektronen geben, wird diesen Film zur Einführung in das Thema benutzen können. Auch für das Thema Spektralanalyse, das eventuell bei der Betrachtung der Alkalimetalle eingeschoben werden kann, ist der Film als Anschauungshilfe geeignet.

### 3. Energieaufnahme bis zur Ionisierung am Beispiel des Lithium-Atoms

#### *Zum Inhalt*

Die erste Einstellung zeigt den Aufbau des Energieschemas mit den s-, p- und d-Zuständen (Unterschalen). In die verschiedenen Zustandsblöcke werden die Energieniveaus nach steigender Energie eingetragen. Den oberen Rand der Blöcke - gekennzeichnet durch eine weiße gestrichelte Linie - bildet die Ionisierungsenergie (das Energieschema setzt sich nach oben über diese Linie hinaus fort; die Ionisierungsenergien der beiden 1s-Elektronen des Lithium-Atoms liegen höher).

Das Lithium-Atom wird aufgebaut: Zuerst erscheinen die 3 Protonen und 4 Neutronen des Kerns. Dann kommen die beiden 1s-Elektronen als Körperchen ins Bild und bilden eine Elektronenwolke um den Kern; gleichzeitig werden sie in das Energieschema eingesetzt. Das gleiche geschieht mit dem 2s-Elektron. Es wird Energie zugeführt:

a) Bei der Zufuhr einer passenden Energieportion weitet sich die Wolke des 2s-Elektrons (die gleichzeitige geringfügige Ausweitung der 1s-Wolke ist aus Gründen der Vereinfachung nicht dargestellt). Dem entspricht eine Anhebung vom 2s- auf das 2p-Niveau.

Die Energie wird in Form von Lichtquanten des roten Lichts wieder abgegeben. Dabei fällt das Elektron aus dem 2p-Zustand in den 2s-Zustand zurück.

- b) Eine größere Energieportion hebt das Elektron auf das 3d-Niveau. Nun erfolgt die Energieabgabe zweistufig: Zuerst vom 3d- auf das 2p-Niveau und dann vom 2p- auf das 2s-Niveau. Da beim ersten Sprung die Energiedifferenz größer ist als beim zweiten, wird beim ersten Sprung kurzwelligeres Licht (orange) abgegeben als beim zweiten Sprung (rot).
- c) Die dritte, noch größere Energieportion hebt das Elektron vom 2s-Niveau auf das 4s-Niveau. Wieder erfolgt die Energieabgabe zweistufig ( $4s \rightarrow 2p$  und  $2p \rightarrow 2s$ ). Da das 4s-Niveau noch höher liegt als das 3s-Niveau, wird beim Übergang  $4s \rightarrow 2p$  noch kurzwelligeres Licht (grün) abgestrahlt. (In sehr vielen Kaskadensprüngen des Valenzelektrons im Lithium-Atom - auch Leuchtelektron genannt - vom angeregten Zustand in den Grundzustand ist die letzte Stufe der Sprung von 2p nach 2s, dem das ziegelrote Licht der Wellenlänge 670,8 nm entspricht. Deshalb ist dies die intensivste Linie im Spektrum des Lithiums, und deshalb ergeben Lithiumverbindungen eine rote Flammenfärbung).
- d) Ionisierung. Die in dieser letzten Szene zugeführte Energieportion beträgt 5,37 eV pro Atom (bzw. 123 kcal pro mol Atome) oder mehr. (Hier ist der Hinweis angebracht, dass dieser Betrag im Energieschema dem Abstand 2s - Ionisierungsenergie entspricht und nicht dem Abstand Abszisse - Ionisierungsenergie.) Das 2s-Elektron wird aus dem Atom abgespalten. Im Energieschema ist dies durch Überschreiten der Linie der Ionisierungsenergie dargestellt. (Von diesem Augenblick an wird die Linie nicht mehr gestrichelt, sondern ausgezogen dargestellt.) Auf diese Weise entsteht das Lithiumion,  $\text{Li}^+$ .

## Zur Verwendung im Unterricht

Dieser Film ergänzt die Filme 1 und 2, die den Atombau selbst zum Thema haben, und fasst dabei Fakten zusammen, die wichtig sind, aber wegen methodischer Reformen an den Rand gedrängt worden und in Gefahr geraten sind, weggelassen zu werden.

Zunächst schien es uns wichtig, die Bildung eines Ions aus einem Atom anschaulich darzustellen und zu zeigen, dass dies, wenn das Ion durch Abspaltung eines Elektrons entsteht, immer ein exothermer Vorgang ist. Um den Eindruck nachhaltiger werden zu lassen, wurde der Ionisierung die Auswirkung der Zufuhr kleinerer Energieportionen vorangestellt, zumal damit der Zusammenhang zwischen Atombau und Spektrallinien erhellt werden kann (wenigstens im Prinzip), der – wenn man das Bohrsche Atommodell im Chemieunterricht nicht behandelt – mit großer Wahrscheinlichkeit nicht mehr zur Sprache kommt. Ferner wurde die Gelegenheit benützt, das Energieschema, das sozusagen als Rudiment vom Bohrschen Atommodell in allen Chemiebüchern übrig geblieben ist, mit einem anschaulichen Bild des Atoms in Zusammenhang zu bringen, damit die im Energieschema vollzogene Abstraktion besser verstanden wird. – Schließlich bot sich in dem Film die Möglichkeit, die Quantelung der Energie zu veranschaulichen. Da außerdem die Quantelung der elektrischen Ladung gezeigt wird, spricht der Film zusammen mit seinen Vorgängern eine der Fundamentalerfahrungen der Naturwissenschaft an, nämlich, dass Materie, Energie und Ladung nicht beliebig unterteilbar sind, sondern in bestimmten Elementarquanten vorkommen. Nicht zuletzt schlägt der Film eine Brücke zurück zu den Alkalimetallen als einer Elementfamilie (Anknüpfung: Charakteristische Spektrallinien) und

damit zum PSE als der Grundlage oder dem Hintergrund der Behandlung des Atombaus.

## 4. Das Wasserstoff-Molekül 1 – Langmuir-Fackel

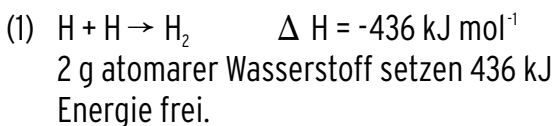
### *Zum Inhalt*

Der Film stellt zuerst die Schweißapparatur vor, Wasserstoff aus einer Stahlflasche, einen Trafo zur Erzeugung des Lichtbogens und den Brenner mit den zwei Wolfram-Elektroden und der Wasserstoffzufuhr um diese Elektroden herum. Zu Beginn wird der Wasserstoff entzündet und die Gaszufuhr eingeregelt. Die Wasserstoff-Flamme ist dabei kaum sichtbar. Dann wird der Lichtbogen durch Annäherung der Elektroden gezündet. In einer Naheinstellung sieht man deutlich die Ausbildung eines violetten omegaähnlichen Bogens zwischen den Elektrodenspitzen. Mit ungeschützten Augen darf man auf keinen Fall in diesen Flammenbogen schauen.

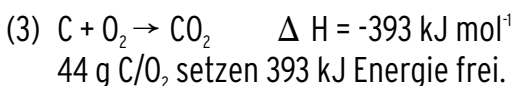
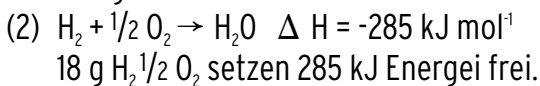
Durch das Kobaltglas der Schweißerhaube dagegen sieht man diesen Bogen schwachblau. Die nun folgenden Tricksequenzen zeigen schematisch zuerst die Dissoziation der Wasserstoff-Moleküle im Lichtbogen bei Temperaturen bis 4500°C und anschließend die Rekombination der entstandenen Wasserstoff-Atome an der Metalloberfläche. Durch die dabei frei werdende Bindungsenergie werden die Metallatome in heftige Bewegung versetzt. Wichtig ist dabei, dass das abgebildete Wasserstoff-Molekül die freigesetzte Energie an einen dritten Partner abgeben kann, in diesem Fall vor allem an die Metallatome. Wie riesig die freigesetzten Energiemengen sind, lässt sich daraus ersehen, dass nach kurzer Zeit ein Wolframblock (Smp ca. 3400°C) mühelos zu schmelzen beginnt. Nach Abschalten des Lichtbogens strömt nur noch Wasserstoff über den Wolframblock, der infolge der reduzierenden Wirkung des Wasserstoffgases hell glänzend bleibt.

In einer kurzen Einstellung wird dieses Schweißgerät zum Verschweißen zweier Eisenbleche verwendet. Dieses Verfahren wurde bis vor wenigen Jahren noch mancherorts verwendet. Jedoch barg dieses Schweißverfahren immer die Gefahr, dass sich bei auftretenden Defekten oder unsachgemäßer Handhabung gefährliche Knallgasgemische bilden konnten. Heute ist es durch das sicherer zu handhabende Schutzgasschweißen in Edelgasatmosphäre abgelöst.

Die Erzeugung der hohen Temperaturen an der Metalloberfläche wird beim Rekombinationsschweißen dadurch erreicht, dass bei der Wiedervereinigung von Wasserstoff-Atomen zu Molekülen bei weitem die höchsten Energiemengen in einem chemischen Vorgang freigesetzt werden, relativ zur Masse der beteiligten Teilchen gesehen. Dieses Prinzip hat schon zu Überlegungen geführt, Wasserstoff-Atome durch gleiche Ausrichtung ihres Elektronenspins bei tiefen Temperaturen in einem metastabilen Zustand zu halten und dann die gespeicherte Energie je nach Bedarf wieder freizusetzen. Rein rechnerisch ergibt sich für die Energiefreisetzung bei der Rekombination der Wasserstoff-Atome:



Zum Vergleich:



Theoretisch liefert die Reaktion nach Gleichung (1) ca. 14- bzw. 24mal soviel Energie wie die Reaktionen nach Gleichung (2) bzw. (3), wenn man die Masse aller Ausgangsstoffe berücksichtigt. Aber selbst wenn man den

Sauerstoff als vorhanden annimmt, bleiben Wasserstoff-Atome noch am vorteilhaftesten als Energiespeicher. Zur praktischen Ausnutzung müsste aber noch die Stabilisierung von Wasserstoff-Atomen ohne allzu aufwendige Apparaturen gelöst werden.

## Zur Verwendung im Unterricht

Der Film ist geeignet, bei der Besprechung der Atombindung aufzuzeigen, welche Energiemengen die Vereinigung der leichtesten Atome freisetzt. So muss einerseits bei der Zerlegung der Wasserstoff-Moleküle in Atome mit den hohen Temperaturen des Lichtbogens gearbeitet werden, andererseits ist beeindruckend, wie ein Wolframblock im Flammenbogen dieses Schweißgerätes schmilzt. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Rekombination der Wasserstoff-Atome nur erfolgen kann, wenn die Reaktionspartner in einem Dreierstoß die freigesetzte Energie auch abführen können. Die ist vor allem an der Metalloberfläche der Fall. Das Metall fängt an zu glühen und schmilzt.

Weiterhin kann dieser Film bei der Besprechung des Arcatom-Schweißverfahrens (arc = (Licht-) Bogen, atom = atomarer Wasserstoff) verwendet werden. Wesentlicher Schwerpunkt wird natürlich das Prinzip, nicht die genaue Ausführung dieses Rekombinationsschweißverfahrens sein. Allerdings soll nicht unerwähnt bleiben, dass gerade bei diesem Schweißverfahren die Temperatur an der Schweißstelle sehr leicht durch Annähern oder Entfernen des Flammenbogens gesteuert werden kann.

Wir danken dem Institut für Schweißtechnik der Technischen Universität Berlin für die freundliche Unterstützung bei der Erstellung der Realaufnahmen.

## 5. Das Wasserstoff-Molekül 2 – Energiezustände bei verschiedenen Kernabständen

### *Zum Inhalt*

Zwei Wasserstoff-Atome bewegen sich kontinuierlich aufeinander zu. Sie sind in der üblichen Weise dargestellt: roter Kern, blaue Elektronenhülle. Ab einem bestimmten Abstand treten Wechselwirkungen zwischen ihnen auf, was sich durch mögliche Energieinhaltsänderungen des Systems bemerkbar macht. Kann Energie abgeführt werden, so sinkt der Energieinhalt des Wasserstoff-Moleküls um den jeweils abgeführten Betrag ab. Da dies nicht kontinuierlich, sondern nur in Stufen vor sich geht wird im Film mit einzelnen Überblendungen gearbeitet. Zur Verdeutlichung der Veränderungen wird ein Koordinatenkreuz eingeblendet. Auf der Y-Achse ist die Energie aufgetragen, wobei das Energieniveau der beiden Einzelatome willkürlich mit Null angenommen wird. Auf der X-Achse ist der Kernabstand dargestellt. Bei Annäherung der Kerne sinkt anfangs der Energiegehalt des Moleküls ab, bis ein günstiges Verhältnis zwischen erhöhter Anziehung der beiden Elektronen durch beide Kerne und einer möglichst geringen Kernabstoßung erreicht wird. Dann dominiert vor allem die Abstoßung der beiden gleichsinnig geladenen Kerne, und für eine weitere Annäherung der Kerne wurde Energiezufuhr von außen erforderlich. Diese Kernabstoßung würde bei stärkerer Annäherung immer größer werden.

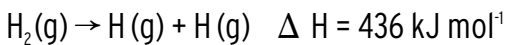
Solche Kernabstoßungskräfte verhindern auch bis heute eine sinnvolle friedliche Ausnutzung der Energien, die bei Fusionen von leichten Kernen (speziell von Wasserstoffkernen) freigesetzt werden könnten. Die Energiemengen, die bei der Kernfusion frei werden, liegen allerdings in ganz anderen Größenordnungen als die, welche bei der oben angesprochenen Molekülbildung frei

werden. Dies lässt sich sehr deutlich an den verheerenden Wirkungen der Wasserstoffbombe ersehen.

Kommen wir aber noch einmal auf die Effekte zu sprechen, die zur Bindung der zwei Wasserstoff-Atome im Wasserstoff-Molekül führen: Bei jedem Wasserstoff-Atom steht jeweils ein Elektron im Anziehungsbereich nur eines Kernes. Nähert man zwei Wasserstoff-Atome soweit an, dass sich ihre Kernfelder merklich beeinflussen, so steht jedes Elektron im Anziehungsbereich von zwei Kernen. Je mehr sich nun diese annähern, um so mehr nähert sich auch die Anziehungskraft der Kerne einem doppelt geladenen Kern an, was aber einer Vergrößerung des Coulombschen Feldes der Kerne, also einer festeren Bindung der Elektronen an die Kerne gleichkommt und damit einem energiegünstigeren Zustand. Dies äußert sich auch durch eine geringfügige Verkleinerung der Elektronenhülle im Molekül gegenüber der Ausdehnung der Elektronenhüllen in den Atomen. Das Molekül stellt also keine einfache Addition der Atome dar. Allerdings nimmt mit der Kernannäherung nicht nur die abstoßende Wirkung der gleichnamig geladenen Kerne zu, sondern gleichzeitig die abschirmende Wirkung der Elektronen zwischen den Kernen ab, weil es immer unwahrscheinlicher wird, dass sich ein Elektron zwischen den Kernen aufhält. Schließlich überwiegt die Kernabstoßung den Energiegewinn, der durch die Erhöhung des Coulombschen Feldes bei Annäherung der Kerne auftritt. Nur bei Energiezufuhr kommt es noch zu einer weiteren Kernannäherung.

Ergänzend muss aber gesagt werden, dass höchstens 2 Elektronen in einem solchen günstigen Bindungsorbital Platz haben. Ein weiteres Elektron müsste in einem Antibindungsorbital untergebracht werden. Diese Antibindungsorbitale liegen in ihrem Ener-

gieniveau aber höher als die Ausgangsorbitale und ihre Besetzung trägt nicht zur Erniedrigung der Gesamtenergie des Moleküls bei, sondern verringert vielmehr die freisetzbare Energie. Im Film werden noch die Begriffe Bindungsenergie und Bindungslänge eingeführt. Für das zweiatomige Wasserstoff-Molekül ist die Bindungsenergie gleich der Enthalpie folgender Reaktion:



Dabei wird die Bindungsenergie häufig mit  $D$  (= Dissoziationsenergie) bezeichnet. Im Film entspricht ihr der Unterschiedsbetrag der Energiemenge des dissoziierten und des gebundenen Zustandes. In einer anderen Betrachtungsweise lässt sich die Bindung im Wasserstoff-Molekül folgendermaßen erklären: Bei Annäherung der Atome treten die um die Kerne schwingenden Elektronen miteinander in Resonanz, d.h. mit anderen Worten, sie können sich in einem größeren Raum bewegen. Es kommt zu einer gekoppelten Schwingung mit erniedrigter Energie und Abführung der frei werdenden Energie. Bei weiterer Annäherung der Atome überwiegt jedoch die Kern-Kern-Abstoßung den Anziehungseffekt durch Elektronenkopplung. Die Summe aus Energiegewinn durch Elektronenresonanz und Energieverlust durch Kernabstoßung besitzt nun bei einem bestimmten Kernabstand - eben der Bindungslänge - den niedrigsten Wert.

## 6. Atombau und Periodensystem

### *Zum Inhalt*

Als Einleitung wird modellhaft die Bildung eines Wasserstoff-Atoms aus einem Proton und einem Elektron gezeigt. Anhand des sehr einfach zusammengesetzten Wasserstoff-Atoms wird dann die Schreibweise  $1\text{H}$  erklärt, wodurch man Masse und Kernladung (Ordnungszahl) des Atoms eindeutig angibt.

Die anschließenden Szenen zeigen, wie man sich die Atome mit den nachfolgenden Ordnungszahlen jeweils aus dem vorangehenden Atom entstanden denken kann. Dazu werden z.B. neben dem Wasserstoff-Atom die nötigen Elementarbausteine (1 Proton, 2 Neutronen, 1 Elektron) bereitgestellt. Diese Bausteine werden vom Wasserstoff-Atom aufgenommen, und so entsteht ein Helium-Atom. Die Schreibweise  ${}^4_2\text{He}$  wird in gleicher Art wie beim Wasserstoff erläutert. Entsprechend folgen Aufbau und Schreibweise des Lithium- und des Beryllium-Atoms.

Bei der Entstehung des Lithium-Atoms wird der Aufbau einer 2. Elektronenschale symbolisiert. Der Film gibt jedoch zunächst noch keinen direkten Hinweis darauf, dass mit einer neuen Schale zugleich eine neue Periode beginnt. Dieser Zusammenhang wird erst beim Übergang von Neon auf Natrium hervorgehoben und dann bei Beginn der 4. Periode mit dem Kalium nochmals angesprochen.

Nach der Entstehung des Beryllium-Atoms werden die ersten drei Perioden eines Hauptgruppensystems eingeblendet. Das PSE enthält aber noch keine Symbole. Die Symbole  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^7_3\text{Li}$ ,  ${}^9_4\text{Be}$  wandern an den ihnen zukommenden Platz im PSE. Anschließend wird die 2. Periode mit den Symbolen der übrigen Elemente ergänzt. Dabei wird erkennbar, dass die Ordnungszahl um jeweils 1 wächst und die Atommasse laufend zunimmt. Nun werden die Symbole durch die Atombilder ersetzt. Die Atome sind dabei in ihrer richtigen relativen Größe dargestellt (vgl. Anmerkung). So erkennt man, dass der Atomdurchmesser innerhalb der Periode von links nach rechts abnimmt. Weniger auffallend ist, dass man bereits hier erkennen kann, dass der Atomdurchmesser innerhalb der Gruppe von oben nach unten zunimmt.



Um den Zusammenhang zwischen dem Beginn einer neuen Schale und dem einer neuen Periode aufzuzeigen, wird das Neon-Atom aus dem Periodensystem herausgegriffen und nach Bereitstellung der Elementarteilchen in ein Natrium-Atom umgewandelt. Dieses wandert als Beginn einer neuen Periode (3.) in das PSE ein. Die 3. Periode wird ergänzt. Die Veränderung des Atomdurchmessers innerhalb der Perioden und Gruppen wird deutlich erkennbar. An einem kleinen Ausschnitt des PSE wird die Einordnung des Kaliums und des Calciums unter den schon vorher betrachteten Aspekten gezeigt. Mit einem kurzen Überblick über das ganze mit Symbolen ausgefüllte Hauptgruppensystem endet der Film.

#### *Anmerkung zu der Darstellung der Atomradien im Film:*

Man unterscheidet van-der-Waals-Radien, Atomradien, kovalente Radien und Ionenradien. Diese 4 Arten sind erstens nicht alle mit gleicher Genauigkeit angebar und zweitens kann man nicht bei jedem Element jeden dieser 4 Radien angeben. Da die Angabe der im Prinzip bei allen Elementen (außer den Edelgasen) messbaren Ionenradien sinnlos ist, muss man bei vergleichenden Darstellungen verschiedene Arten von Radien angeben. Man wählt natürlich die, welche noch am ehesten vergleichbar sind: Das sind die Atomradien und die kovalenten Radien.

Bei den Edelgasen sind hauptsächlich van-der-Waals-Radien gemessen worden, bei Xenon allerdings auch kovalente Radien (in den Xenonfluoriden), die zwischen 1,18 und  $1,36 \cdot 10^{-10}$  m liegen, also nahe bei dem des Jods. Deshalb hielten wir es für erlaubt, auch bei den übrigen Edelgasen von den Nachbar-elementen her einen kovalenten Radius zu extrapolieren und im Film darzustellen, um so mehr als auch die van-der-Waals-Radien der Edelgase von denen ihrer linken Nachbarn kaum verschieden sind.

#### **Herausgabe**

FWU Institut für Film und Bild, 2005

#### **Produktion**

FWU Institut für Film und Bild, Geiseltasteig/Grünwald  
1989

#### **Realisation**

Hans-Heinrich Kahl, Göttingen  
Eva Mause, Linden

#### **Buch und Fachberatung**

Dieter Chmileswki  
Rüdiger Fladt  
Alfred Kemper  
Prof. Dr. Hans Kuhn  
Dr. Gert Latzel  
Dr. Hans-Urich Wagner

#### **Begleitkarte**

Nach den Begleitkarten von StD. R. Fladt,  
StD. A. Kemper und Dr. G. Latzel

#### **Pädagogischer Referent im FWU**

Ulrich Berner

**Verleih** durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen,  
Medienzentren

**Verkauf** durch FWU Institut für Film und Bild,  
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2005  
FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltasteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-240  
E-Mail info@fwu.de  
vertrieb@fwu.de  
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH

Geiseltalstraße

Bavariafilmplatz 3

D-82031 Grünwald

Telefon (0 89) 64 97-1

Telefax (0 89) 64 97-300

E-Mail [info@fwu.de](mailto:info@fwu.de)

Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für  
unseren Vertrieb:**

**Telefon (0 89) 64 97-4 44**

**Telefax (0 89) 64 97-2 40**

**E-Mail [vertrieb@fwu.de](mailto:vertrieb@fwu.de)**

## FWU - Schule und Unterricht /Arbeitsvideo

■ VHS 42 01105

■ DVD-VIDEO 46 02343

■ ■ **Paket 50 18000** (VHS 42 01105 + DVD 46 02343)

24 min, Farbe

### Atom und Molekül

#### Arbeitsvideo / 6 Kurzfilme

Nach Erläuterung des Aufbaus und der Größenverhältnisse von Atomen wird daraus das Periodensystem abgeleitet. Veränderungen der Atome durch Energieaufnahme bzw. -abgabe werden erläutert. Die Bildung von Molekülen wird dargestellt.

#### Schlagwörter

Atom, Molekül

#### Chemie

Physikalische Chemie • Atombau, Periodensystem

Allgemeinbildende Schule (9-11)

Laufzeit: 24 min

Kapitelanwahl auf DVD-Video

Sprache: deutsch

#### Systemvoraussetzungen

**bei Nutzung am PC**

DVD-Laufwerk und

DVD-Player-Software,

empfohlen ab WIN 98

Alle Urheber- und  
Leistungsschutzrechte  
vorbehalten.  
Nicht erlaubte/genehmigte  
Nutzungen werden zivil- und/oder  
strafrechtlich verfolgt

**LEHR-  
Programm  
gemäß  
§ 14 JuSchG**