

Ph A 16/64 T_Online-Ergänzung

Von THOMSON zu RUTHERFORD

Eine Aufgabe zur Reflexion wissenschaftsphilosophischer Aspekte
im Physikunterricht

//////
IRENE NEUMANN – HANNO MICHEL
//////

Online-Ergänzung



Von THOMSON zu RUTHERFORD

Eine Aufgabe zur Reflexion wissenschaftsphilosophischer Aspekte im Physikunterricht

IRENE NEUMANN – HANNO MICHEL

Lesen Sie den Text in Kasten 1 und erstellen Sie dazu zwei Poster, die die folgenden Fragen beantworten!

Poster 1

- 1) Wie stellte sich THOMSON Atome vor? Welche Phänomene konnte man mit THOMSONS Modell erklären?
- 2) Welches Experiment brachte RUTHERFORD zu seiner Theorie, einen Atomkern anzunehmen? Auf wen ist das Experiment zurückzuführen?
- 3) Wie stellte sich RUTHERFORD das Atom vor?

Poster 2

- A) Ist es sinnvoll zu sagen, dass THOMSONS Atommodell falsch und das von RUTHERFORD richtig war? War THOMSONS Modell überflüssig, weil es von RUTHERFORDS Atommodell abgelöst wurde? Warum?
- B) Warum werden Atommodelle überarbeitet? Inwieweit kann man bei Atommodellen von gesichertem Wissen sprechen und inwieweit sind sie vorläufig?
- C) Welche Kriterien muss eine physikalische Theorie bzw. ein physikalisches Modell erfüllen, damit sie bzw. es anerkannt wird?

Ziehen Sie Querverbindungen zwischen den beiden Postern! Wie verdeutlichen Ihre Antworten zu 1–3 Ihre Antworten zu A–C?

Atommodelle

Schon früh in der Geschichte haben sich Menschen gefragt, woraus die Materie besteht, die um uns herum existiert. Bereits im antiken Griechenland prägten LEUKIPP und DEMOKRIT den Begriff »atomos« (griechisch: »unteilbar«), indem sie sich vorstellten, dass Materie aus sehr kleinen, unteilbaren Teilchen besteht. Über die Jahrhunderte hinweg entwickelten sich verschiedene Modellvorstellungen dieser Atome. Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts tat sich besonders viel in dieser Entwicklungsgeschichte. Ein zentraler Schritt für das Verständnis von Atomen – sowohl in der Physik als auch in der Chemie – war die Entwicklung von THOMSONS Atommodell zu RUTHERFORDS Atommodell.

JOSEPH J. THOMSON nahm an, dass Atome aus einer positiv geladenen Masse bestehen, die gleichmäßig in einer sehr kleinen Kugel verteilt ist. In dieser positiven Masse, so stellte sich THOMSON vor, sind Elektronen (also noch kleinere, negativ geladene Teilchen) auf ...

Kasten 1. Text zu Atommodellen [hier nur als Ausriss; der vollständige Text steht unter <http://www.mnu.de/zeitschriften/222-2016-04> zum Download bereit]



Atommodelle

Schon früh in der Geschichte haben sich Menschen gefragt, woraus die Materie besteht, die um uns herum existiert. Bereits im antiken Griechenland prägten LEUKIPP und DEMOKRIT den Begriff „atomos“ (griechisch: „unteilbar“), indem sie sich vorstellten, dass Materie aus sehr kleinen, unteilbaren Teilchen besteht. Über die Jahrhunderte hinweg entwickelten sich verschiedene Modellvorstellungen dieser Atome. Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts tat sich besonders viel in dieser Entwicklungsgeschichte. Ein zentraler Schritt für das Verständnis von Atomen – sowohl in der Physik als auch in der Chemie – war die Entwicklung von THOMSONS Atommodell zu RUTHERFORDS Atommodell.

JOSEPH J. THOMSON nahm an, dass Atome aus einer positiv geladenen Masse bestehen, die gleichmäßig in einer sehr kleinen Kugel verteilt ist. In dieser positiven Masse, so stellte sich THOMSON vor, sind Elektronen (also noch kleinere, negativ geladene Teilchen) auf Ringen angeordnet. Dort können sie entweder ruhen oder sich kreisförmig bewegen. THOMSONS Modell wird oft auch als „Rosinenkuchen-“ oder „Rosinenpuddingmodell“ bezeichnet, da die Verteilung der Elektronen in der positiven Masse der Verteilung von Rosinen in einem Kuchenteig ähnelt. THOMSON nahm weiter an, dass die Elektronen in der positiven Masse zu schwingen beginnen, wenn sie durch Einstrahlung von Energie angeregt werden. Mit THOMSONS Atommodell konnten viele Beobachtungen erklärt werden, wie zum Beispiel die beobachtete Abstrahlung von Licht, wenn Atome angeregt werden. THOMSONS Vorstellung von den Elektronen auf Ringen half außerdem dabei, den Aufbau des Periodensystems theoretisch zu erklären; THOMSON leitete nämlich mathematisch her, dass nur bestimmte Anordnungen von Elektronen möglich seien. Schließlich konnten auch beobachtete Phänomene wie die Radioaktivität oder die Entstehung chemischer Verbindungen mit Hilfe des Modells erklärt werden.

Zur damaligen Zeit war das Atommodell von THOMSON daher bei den meisten Wissenschaftlern akzeptiert. Die THOMSONSche Atomvorstellung wurde jedoch in Frage gestellt, als zwei Mitarbeiter von ERNEST RUTHERFORD, HANS GEIGER und ERNEST MARSDEN, eine Goldfolie mit α -Teilchen (Helium-Atomkernen) beschossen. Bei diesem Experiment konnten sie beobachten, dass die meisten α -Teilchen einfach durch die Goldfolie hindurch gingen. Es gab aber auch einige α -Teilchen, die in ganz andere Richtungen gestreut wurden. Diese Beobachtung war nicht zu erklären mit THOMSONS Modell und veranlasste RUTHERFORD dazu, ein neues Atommodell anzunehmen:

"GEIGER kam in großer Aufregung zu mir und sagte: Es ist uns gelungen, nach rückwärts gehende α -Teilchen zu beobachten. Das war wohl das Unglaublichste, was ich je erlebt hatte. Es war fast so unglaublich, als wenn eine Kugel auf einen zurückkäme, die man auf ein Stück Seidenpapier geschossen hat. Einiges Nachdenken brachte mir die Einsicht, daß diese Rückwärtsstreuung aber die Folge eines Zusammenstoßes sein mußte, und als ich Berechnungen machte, sah ich, daß es unmöglich war, irgend etwas in dieser Größenordnung zu bekommen, es sei denn, daß man ein System annahm, in dem der größte Teil der Masse des Atoms in einem einzigen Kern konzentriert war. Damals hatte ich erstmals die Vorstellung von einem Atom mit einem winzigen, massiven und geladenen Zentrum. Auf mathematischem Wege ermittelte ich, welchen Gesetzen solche Streuungen unterliegen mußten, und fand, daß die Anzahl der Teilchen, die in einen gegebenen Winkel gestreut werden, proportional der Dicke der Streuschicht, dem Quadrat der Kernladung, und umgekehrt der vierten Potenz der Geschwindigkeit sein mußte." (Bericht von RUTHERFORD, nach KUHN, 2016, S. 416).

RUTHERFORD konnte sich die Beobachtung von extremen Streuwinkeln also nur dadurch erklären, dass die positive Masse, die THOMSON noch gleichmäßig in einer Kugel verteilt sah, konzentriert auf ganz kleinem Raum im Zentrum eines Atoms sei. Er nahm also an, dass es einen Atomkern gäbe. Die Elektronen nahm er weiterhin im Atom um den Atomkern herum verteilt an.

Die Vorstellung, dass Atome aus einem Atomkern und Elektronen bestehen, ist damit auf RUTHERFORDS Erklärung der Beobachtungen beim Goldfolien-Experiment zurückzuführen. Aber auch wenn RUTHERFORDS Atommodell erklärungs mächtiger war als THOMSONS Atommodell, wurde es trotzdem im Laufe der Geschichte abgelöst von anderen Atommodellen, die noch mehr Beobachtungen erklären konnten.

Quellen:

- KUHN, W. (2016). *Ideengeschichte der Physik* (2. Auflage). Berlin: Springer Spektrum (insbes. S. 409-423).
 SIMONYI, K. (2004). *Kulturgeschichte der Physik* (3. Auflage). Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch. (insbes. S. 384-386)

Hintergrundinformationen und Erwartungshorizont

Ein Ziel des Physikunterrichts in der Oberstufe ist die sogenannte Wissenschaftspropädeutik. Das bedeutet, dass die Schüler/innen neben dem Erwerb eines vertieften Fachwissens auch Einblick in die Physik als Wissenschaft erhalten sollen. Dabei zielt Wissenschaftspropädeutik neben dem Erwerb fachmethodischer Kompetenzen auch auf ein Verständnis des Wesens naturwissenschaftlichen Wissens oder der Physik als wissenschaftliche Disziplin. In der Aufgabe „Von THOMSON zu RUTHERFORD“ werden sowohl fachliche als auch wissenschaftsphilosophische Aspekte angesprochen. Damit soll aufgezeigt werden, wie Wissenschaftspropädeutik an den klassischen Unterricht angeknüpft werden kann.

Die Aufgabe besteht aus einem Text, in dem das Thomsonsche Atommodell beschrieben wird sowie seine Weiterentwicklung auf Grundlage des Rutherfordschen Streuversuchs. Die Schüler/innen haben nun den Auftrag, anhand von Leitfragen zunächst ein Poster zu den fachlichen Aspekten zu erstellen, insbesondere die beiden Atommodelle zu beschreiben sowie Phänomene, die mit ihnen erklärt werden konnten bzw. die die Weiterentwicklung der Atomvorstellung initiierten. Auf einem zweiten Poster sollen wissenschaftsphilosophische Aspekte dargestellt werden. Diese beziehen sich insbesondere auf die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens, sowie auf Gütekriterien naturwissenschaftlicher Theorien und Modelle (als ergänzendes Material kann hierzu der Abschnitt „Qualitätskriterien für erfahrungswissenschaftliche Theorien“ aus (VOLLMER, 2014) gereicht werden). Schließlich sollen die Schüler/innen Querverbindungen zwischen beiden Postern ziehen, um die wissenschaftsphilosophischen Aspekte an konkreten Beispielen festmachen zu können.

Anstelle eines Erwartungshorizontes in Form von „Muster-Postern“ sollen hier die Aspekte aufgelistet werden, die im Rahmen der Fragen angesprochen werden sollten. Mit Blick auf die fachlichen Aspekte (Poster 1, Fragen 1-3) sollen die Schüler/innen die beiden Atomvorstellungen aus dem Text (und/oder ihrem schulischen Vorwissen) extrahieren: Das Atom als homogene, positive Ladungsflüssigkeit in einer Kugel mit darin liegenden Elektronen auf Ringen nach THOMSONS Vorstellung, sowie als positiver Atomkern im Zentrum mit darum liegenden Elektronen nach RUTHERFORD. Dabei sollen die Schüler/innen insbesondere darauf eingehen, dass das THOMSON-Modell sich zur Erklärung diverser Phänomene (z.B. Spektrallinien, Radioaktivität, Anordnung des Periodensystems) eignete, also eine gewisse Erklärungsmächtigkeit besitzt. Gleichzeitig sollen sie erarbeiten, dass der Rutherfordsche Streuversuch im Rahmen der Thomsonschen Vorstellung nicht mehr erklärt werden konnte und mithilfe dieser neuen Erkenntnisse die Atomvorstellung weiterentwickelt wurde.

Mit Blick auf die wissenschaftsphilosophischen Fragen (Poster 2, Fragen A-C) steht insbesondere der Aspekte der Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens im Vordergrund. Schüler/innen assoziieren naturwissenschaftliches Wissen oft mit einer Fixheit oder Abgesichertheit (HÖTTECKE, 2001), die durch die Vorstellung geprägt ist, dass man eine „richtige Lösung“ für eine Fragestellung aus der Natur ablesen oder mithilfe von Experimenten „beweisen“ könne. (Weiter-)Entwicklungen werden in dieser Vorstellung auf Fehler oder noch nicht vorhandenes Wissen zurückgeführt. In diesem Sinne soll den Schüler/innen mit der Aufgabe verdeutlicht werden, dass eine Einteilung in (absolut) richtiges oder falsches naturwissenschaftliches Wissen dem Wesen dieses Wissens nicht gerecht wird, sondern dass naturwissenschaftliches Wissen vielmehr einem andauernden (Weiter-)Entwicklungsprozess unterliegt und eher eine Modellierung der Gesetzmäßigkeiten natürlicher Prozesse darstellt. „Ältere“ Modelle oder Theorien sind demnach nicht zwangsläufig als schlechter anzusehen, da sie ja durchaus eine gewisse Erklärungsmächtigkeit besitzen und oft weniger Annahmen voraussetzen. Teilweise existieren sogar mehrere Modelle oder Theorien nebeneinander, die je nach zu erklärendem Phänomen eine bessere oder schlechtere Erklärungsmächtigkeit besitzen (hier kann z.B. auf den Welle-Teilchen-Dualismus des Lichts hingewiesen werden). Gleichmaßen sollen die Schüler/innen aber auch nicht den Eindruck erhalten, naturwissenschaftliches Wissen sei beliebig, sondern sich darüber bewusst werden, dass akzeptierte naturwissenschaftliche Theorien und Modelle gewisse Gütekriterien aufweisen. Demnach sollte sich eine naturwissenschaftliche Theorie notwendigerweise durch Zirkelfreiheit, innere und äußere Widerspruchsfreiheit, Erklärungswert, Prüfbarkeit und Testerfolg auszeichnen (VOLLMER, 2014).

VOLLMER, G. (2014). Die naturwissenschaftliche Methode – gibt es die? *PdN Physik in der Schule*, 63(8), 11-17.

HÖTTECKE, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 25-32. ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2001/S.7-23_Hoettecke_2001.pdf