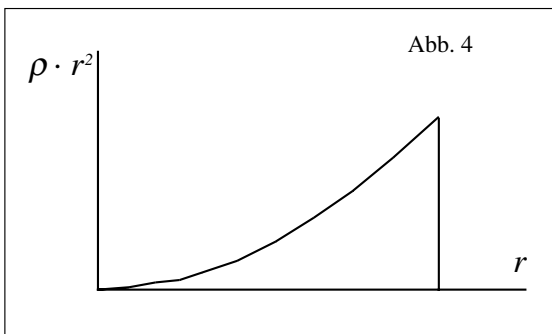
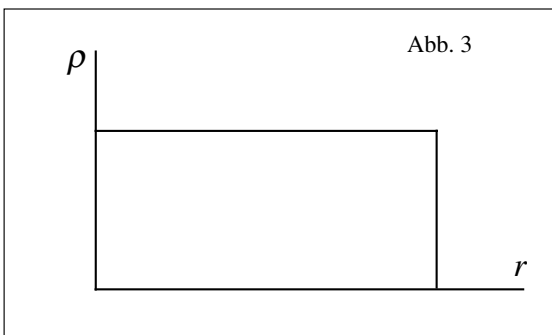
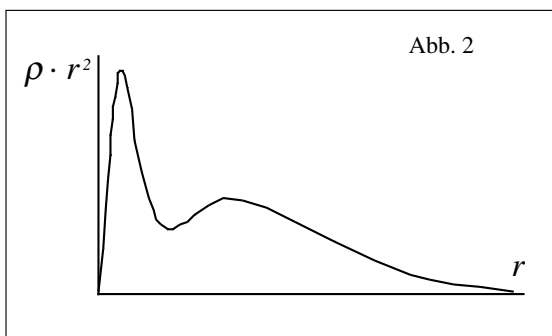
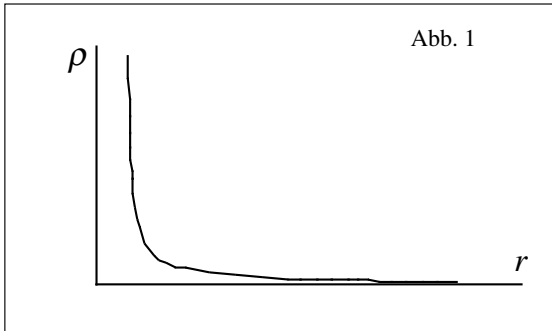


Das Schalenmodell

Gegenstand:

Zur Erklärung bestimmter Eigenschaften der Atome, wie etwa der Periodizität von Atomradien und Ionisierungsenergien mit zunehmender Ordnungszahl, zieht man gern das Schalenmodell des Atoms heran. Um die Existenz der Schalen zu untermauern, wird oft $r^2 \cdot \rho(r)$, d. h. Die mit r^2 multiplizierte Elektronendichte ρ eines Vielelektronenatoms als Funktion des Abstands r vom Kern dargestellt. Diese Darstellung zeigt auch, "dass die Wahrscheinlichkeit, ein Elektron im Atomkernbereich anzutreffen,... äußerst gering..." ist.



Mängel:

Während die Elektronendichte selbst vom Kern ausgehend nach außen hin monoton abnimmt, Abb. 1, ist die in vielen Lehrbüchern dargestellte Funktion $r^2 \cdot \rho(r)$ am Ort des Kerns Null, wächst dann mit zunehmendem r und geht über mehrere Maxima schließlich wieder gegen Null, Abb. 2. Was in Abb. 2 dargestellt ist, ist nicht die gewöhnliche räumliche Dichte, also Aufenthaltswahrscheinlichkeit pro Volumen, sondern die Aufenthaltswahrscheinlichkeit pro r -Intervall. In manchen Büchern wird darauf hingewiesen, dass dieser Trick verwendet wird, in anderen nicht. Es ist aber in jedem Fall kaum zu vermeiden, dass diese Funktion für die Dichte selbst gehalten wird. Unsere Erfahrung mit Physikstudenten an der Universität hat gezeigt, dass sich dieses Bild stark einprägt, und dass man den Funktionsverlauf von Abb. 2 für die Elektronendichte selbst hält. Insbesondere bleibt wohl im Gedächtnis, dass die Elektronendichte am Ort des Kerns Null ist, und dass es schalenförmige Bereiche gibt, an denen die Elektronendichte besonders hoch ist.

Dass man den Lernenden durch eine solche Darstellung fehlleiten kann, sieht man am folgenden Beispiel. Es soll die Dichteverteilung des Glases einer massiven Glaskugel dargestellt werden. Abb. 3 zeigt die Massendichte $\rho(r)$ und Abb. 4 die Funktion $r^2 \cdot \rho(r)$. Man sieht Abb. 3 sicher besser als Abb. 4 an, dass die Kugel eine homogene Dichteverteilung hat.

Die schlimmste Version der Irreführung haben wir in einem Oberstufenlehrbuch gefunden, in dem die Funktion $r^2 \cdot \rho(r)$, die ja aus einer dreidimensionalen Verteilung durch Integration über zwei Dimensionen entstanden ist, wieder dreidimensional aufgetragen wurde: In einer perspektivischen Darstellung wurden die bei der Integration entstandenen Maxima als dreidimensionale Schalen dargestellt.

Die Aussage, derzufolge es sehr viel unwahrscheinlicher ist, ein Elektron im Bereich des Kerns anzutreffen als weiter außen, ist von derselben Art wie etwa die folgende: Es ist sehr viel wahrscheinlicher, einen Lottogewinner in den neuen Bundesländern anzutreffen als in Frankfurt am Main. In der Statistik spricht man in diesem Zusammenhang von einer verzerrten Stichprobe. /1/

Herkunft:

Offenbar waren manche Physiker nicht damit zufrieden, dass sie ein Modell gefunden hatten, das vieles gut erklärt. Sie wollten die Schalen in der räumlichen Dichteverteilung sehen. Außerdem schien es sie zu stören, dass die Elektronendichte am Ort des Kerns ihr Maximum hat.

Entsorgung:

Die Darstellung von $r^2 \cdot \rho(r)$ liefert keine wichtige Einsicht, aber sie erzeugt falsche Vorstellungen. Man ersetze sie durch die Darstellung von $\rho(r)$.

/1/ Walter Krämer, *So lügt man mit Statistik*, Piper 2001, S. 97

F. H.