Was ist ein «Elektron»? Versuch eines Zugangs zur Quantenphysik

Johannes Kühl

Zusammenfassung

Jeder Naturwissenschaftler geht heute selbstverständlich mit der Vorstellung von Elektronen als kleinen, negativ geladenen Teilchen um. Im vorliegenden Artikel wird die «Entdeckung» des Elektrons zunächst historisch nachgezeichnet. Daran anschliessend wird über die Spektren ein Zugang zur Quantenphysik, zur Schrödingergleichung und zu den stationären Zuständen beschrieben, der auch für Abiturienten verständlich sein sollte, und schliesslich wird die weitere Entwicklung der Quantenphysik angedeutet. Dadurch wird deutlich, wie wenig das einfache, gegenständliche Bild des Teilchens der Wirklichkeit entspricht, dass man aber dennoch anfänglich verstehen kann, um was es hier geht. – In einem zweiten Teil des Artikels soll der Inhalt des Begriffs «Elektron» mit dem Versuch eines goetheanistischen Zugangs genauer beschrieben werden.

Summary

Scientists are well used to deal with electrons picturing them as small negatively charged particles. In this article the "discovery" of the electron is described by looking at the historical steps up to the early quantum theory. The Schrödinger Equation is introduced in a simplified way with mathematics which should be accessible for upper school students thus showing that stationary states are "thinkable". Finally the further development of quantum physics is sketched. Through this approach it becomes apparent that the simple picture of a particle is far from reality but that nevertheless it is possible to understand something about it. – In a second part of this work the content of the concept "electron" shall be described more detailed attempting a goetheanistic approach.

1. Einleitung

Obwohl die Quantenmechanik heute als eine der bestfundierten Theorien in der Physik gilt, dauert die Debatte über ihre Deutung bis heute an. D.h., bis heute ist man sich nicht darüber einig, was sie «bedeutet». Dies gilt insbesondere für die Wellenfunktion ψ in dem Sinne, dass man damit zwar das statistische Verhalten von «Quantenobjekten» wie z.B. Elektronen beschreiben kann, ohne aber sicher zu sein, ob und in welchem Sinne die Funktion selbst eine physikalische oder anschauliche Bedeutung hat[1].

1 Zur Deutungsdebatte s. z.B. *Baumann et. al.* (1984), *Sauer & Wüthrich* (2013), *Friebe et al.* (2015).

Bedeutende Physiker, darunter die Schöpfer der Quantenphysik, gingen so weit, in Frage zu stellen, ob sie überhaupt für Menschen zu verstehen sei.

Diese Situation ist offensichtlich eine besondere Herausforderung, zum einen für den Lehrer, aber auch für den «verstehen wollenden» Menschen und nicht zuletzt für die Steinersche Erkenntnistheorie. Kann es sein, dass es ein Gebiet gibt, das unverständlich bleiben muss? Was heisst dann hier verstehen? – Im Folgenden soll versucht werden, durch die Untersuchung eines bestimmten Quantenobjekts, des Elektrons, zu erkunden, was heute in diesem Feld auf der Grundlage von Steiners Erkenntnislehre und des «Goetheanismus» gefunden werden kann.

Dafür wird in einem ersten Teil zunächst die Geschichte der «Entdeckung» des Elektrons, oder besser die Entwicklung des Konzepts «Elektron», betrachtet und untersucht, welche Phänomene und Phänomenfelder mit diesem Begriff verknüpft werden. Dann wird ein Weg zu einem prinzipiellen Verständnis der für die Quantenphysik und die Beschreibung des Elektrons zentralen Schrödinger-Gleichung beschrieben. Da es sich dabei um eine mathematische Theorie handelt, braucht man zu ihrem Verständnis auch Mathematik. Diese ist hier bewusst auf einem Niveau gehalten, welches 12. Klässlern oder Abiturienten zugänglich ist, so dass daraus die «Stabilität» des Atoms und seiner stationären Zustände verständlich wird. Es ist offensichtlich, dass dabei Fragen und Themen offen bleiben müssen.

In einem zweiten Teil des Artikels soll in einer Art Rückbesinnung das Ineinanderwirken von Beobachtung und Experiment einerseits, Denken und Theorie andererseits bei diesem Weg angeschaut werden, um zu untersuchen, wie dadurch «Grenzvorstellungen» im Sinne Steiners entstehen (*Steiner* 1917/1918).

Dabei ist hier der Begriff «Theorie» durchaus nicht im abwertenden Sinne gemeint, wie bei dem Ausspruch: «das ist ja nur Theorie», sondern im Sinne der gedanklichen oder ideellen Seite der Erkenntnis. Manchmal wird «Goetheanismus» so verstanden, als ginge es da vor allem um sorgfältige Beobachtung in der Natur. Das scheint aber nur ein Teilaspekt zu sein. Ebenso wichtig ist das Erfassen der Gedanken und Ideen, die mit den Beobachtungen verbunden werden, und insbesondere zu beachten, wie und woran sie gebildet werden. Es kann nicht darum gehen, zunächst so zu tun, als ob man vorher nichts weiss, sondern gerade darum, das, was man bereits weiss, neu zu durchdringen. Goethe selbst schrieb im Vorwort zur Farbenlehre: