

Hermann HÄRTEL

Der elektrische Stromkreis als System

Die Behandlung der grundlegenden Begriffe des elektrischen Stromkreises: Spannung/Stromstärke/Widerstand/Ohmsche Regel/Kirchhoffsche Regel stellt einen wichtigen Bestandteil im Lehrplan aller Bundesländer und aller Schultypen dar. Jedoch zeigt eine Überprüfung des Lernerfolges bei Schülern der 10. Jahrgangsstufe, daß noch keine zufriedenstellenden Lösungen zur Vermittlung dieses Sachgebietes gefunden worden sind. Dieses negative Resultat wird besonders dann deutlich, wenn nicht nur Testergebnisse ausgewertet, sondern in ausführlichen Interviews die zugrundeliegenden Vorstellungen und verwendeten Modelle erfragt werden. Als Erklärung für dieses Ergebnis wird die Vermutung geäußert, daß im traditionellen Unterricht zu einseitig nur die einzelnen Begriffe innerhalb einer bestimmten, durch die Fachsystematik vorgegebenen Reihenfolge behandelt werden. Es fehlt eine explizite Behandlung des vorliegenden Systems mit seinen spezifischen Eigenschaften, dessen Kenntnis für ein Verstehen des vorliegenden Sachgebietes notwendig erscheint.

Für die Behandlung des Systemaspektes des Stromkreises im Zusammenhang mit der isolierten Behandlung der einzelnen Begriffe spricht die Tatsache, daß bei der theoretischen Formulierung in der Form der Kirchhoffschen Regel diese beiden Aspekte ebenfalls auftreten. Die Knotenregel $\sum I_i = 0$ beschreibt das Verhalten an einem einzelnen Punkt. Die Maschenregel $\sum U_i = 0$ gibt das Verhalten eines gesamten Kreises wieder.

Diese beiden Sichtweisen - die lokale und die ganzheitliche - zusammen ergeben erst eine vollständige Beschreibung des vorliegenden Systems. Auch bei den Größen "Strom", "Spannung" und "Widerstand" können diese beiden Aspekte deutlich gemacht werden.

Der Strom läßt sich zum einen beschreiben als Fließbewegung an einem Ort, zum anderen wird durch die Wechselwirkung zwischen den Ladungen und durch die Tatsache der Ladungserhaltung der Strom an jedem Punkt des Systems durch jeden anderen Punkt beeinflußt.

Die Spannung ist einerseits eine Eigenschaft der Energiequelle, die auch ohne einen Stromkreis vorhanden ist. Zum anderen tritt Spannung zwischen je zwei Punkten des Systems "Stromkreis" auf und addiert sich in einem geschlossenen Kreis zu null.

Der Widerstand ist zunächst eine Materialeigenschaft, abhängig von Beweglichkeit und Zahl der Ladungsträger. Zum anderen wird der Widerstand bestimmt durch die Art der Anordnung des Materials, sei es durch die unterschiedlichen Längen und Querschnitte oder durch die Art der Schaltung (Reihen- oder Parallelschaltung).

Ein zweiter Grund für die Behandlung des Systemaspektes ergibt sich aus der Erkenntnis, daß viele Schüler mit relativ festen Vorstellungen über den Stromkreis und über das damit verbundene System in den Unterricht kommen. Die am häufigsten anzutreffenden Systemvorstellungen können mit dem Stichwort "Stromverbrauch", und zwar als Verbrauch von Energie und Materie, charakterisiert werden. Sie widersprechen offensichtlich den im Physikunterricht zu erlernenden Sachverhalten, werden aber erfahrungsgemäß durch die ausschließliche Behandlung einzelner physikalischer Größen und Gesetze und aufgrund der Durchführung entsprechender Messungen nicht aufgebrochen. Dies sollte eher gelingen, wenn von den Systemvorstellungen der Schüler ausgegangen wird und anhand verschiedener, dem Schüler zugänglicher Modelle der Übergang zum elektrischen Stromkreis ausführlich dargelegt wird. Als geeignete Zwischenmodelle bieten sich an:

- die Fahrradkette oder der Transmissionsriemen
- die Warmwasserheizung mit Pumpe
- die in sich geschlossene, schnell fließende Wasserströmung
- die in sich geschlossene, schleichende Wasserströmung unter relativ hohem Druck.

Am Beispiel der Fahrradkette kann den Schülern in sehr einfacher Weise verdeutlicht werden, daß sie selbst energieübertragende Systeme benutzt, bei denen keine Materie verbraucht wird. Von da her kann die unreflektierte Annahme von einem Strom(-Materie-)Verbrauch problematisiert werden.

Ogleich am Modell der Kette die Verhältnisse einer Reihenschaltung sehr gut demonstriert werden können, liegt ein wesentlicher Nachteil darin, daß keine Stromverzweigungen durchgeführt werden können. Von daher bietet sich ein Übergang zu einem Wassermodell an. Bei den oben angegebenen Modellen liegt jeweils ein in sich geschlossener Wasserkreis vor, jedoch wird die Energie auf verschiedene Weise übertragen, und

zwar

- bei der Warmwasserheizung als statistisch ungeordnete Bewegung der Moleküle
- bei der schnellen Flüssigkeitsströmung als Bewegungsenergie der gesamten Strömung
- bei der schleichenden Flüssigkeitsströmung über den Wasserdruck.

In den beiden ersten Fällen steckt die zu übertragende Energie zu jedem Zeitpunkt zum größten Teil im System selbst, so daß bei Abschaltvorgängen viel Energie abgeführt werden muß. Dagegen kommt das dritte Modell den Verhältnissen, wie sie beim elektrischen Stromkreis vorliegen, relativ nahe. Dabei ist natürlich zu bedenken, daß jedes mechanische Modell grundsätzlich Grenzen aufweist, wenn es zur Erklärung elektrischer Phänomene herangezogen wird. Werden diese Modellgrenzen aber im Unterricht mit vorgestellt und ausführlich besprochen, so kann die Gefahr der Bildung von falschen Vorstellungen bzw. fahrlässigen Verallgemeinerungen vermieden werden. Gleichzeitig kann durch die Behandlung solcher Modelle natürlich auch die grundsätzliche Bedeutung der Verwendung von Modellen im Physikunterricht den Schülern nahegebracht werden.

Werden die hier vorgestellten Betrachtungen relativ früh im Unterricht angesprochen und im Anschluß daran immer wieder an den geeigneten Stellen betont und hervorgehoben, so ist zu vermuten, daß bei Schülern ein Umlernprozeß einsetzt und sie ihre eigenen Vorstellungen aus dem Alltag im Sinne eines fachlich fundierteren Modells verändern.

Im Rahmen des IPN-Curriculum Physik für das 7. und 8. Schuljahr wird im Jahre 1979 eine Unterrichtseinheit erscheinen, in der ein vollständiger Unterrichtsgang auf der Grundlage dieser Überlegungen dargelegt ist.