Experimente mit elektrischen Ladungen im Unterricht

Rudolf Cantz

In einem früheren Aufsatz des Verfassers (1969) war die Frage nach dem, was in den «Feldern» vorliegt, als Kernfrage für ein Wesensverständnis der elektrischen und magnetischen Kräftewelt aufgewiesen worden. Wir lenken im folgenden den Blick auf denjenigen Teil der Elektrophysik, bei welchem es sich um elektrische Aufladungen und ihre Äusserungen handelt, die sogenannte Elektrostatik. Die Bezeichnung «-statik» ist hierbei nicht so eng zu verstehen, dass jede zeitliche Änderung ausgeschlossen sein sollte; vielmehr gehören die Vorgänge des Entstehens von Ladungen (z. B. durch Reibung) und des Verschwindens von solchen insoweit mit hinein, als es dabei nicht speziell darauf ankommt, wie schnell diese Änderungen erfolgen (sobald die Änderungsgeschwindigkeiten als solche wesentlich bestimmend in die Wirkungen eingehen, spricht man bekanntlich von «Elektrodynamik»).

Bis zu den Entdeckungen *Galvanis,* auf welche dann erst die Entstehung einer eigentlichen Elektrotechnik folgte, stellte die Elektrostatik das gesamte physikalische Wissen von der Elektrizität dar. Dagegen wird sie im heutigen Schul-Unterricht angesichts der Überfülle des mehr elektrotechnisch ausgerichteten Stoffes vielfach ganz in den Hintergrund gedrängt[1]. Damit geht aber nicht nur der Blick für die Herkunft der elektrophysikalischen Vorstellungen verloren. Durch die vorwiegende Beschäftigung des Schülers mit der Schaltungstechnik der Stromkreise und mit den Vorstellungen der Teilchen-Wanderungen (Elektronen und Ionen) wird, worauf *Rudolf Steiner* schon anfangs der Zwanzigerjahre hinwies, einer allzu grobstofflichen Denkweise Vorschub geleistet. Um diesem doppelten didaktischen Mangel abzuhelfen, gilt es, die Phänomene, welche «elektrischen Ladungen» zugeschrieben werden, ihrer grundlegenden Bedeutung entsprechend vorzubringen. Für einen solchen Unterricht mögen hier einige Anregungen zu experimentellen Demonstrationen unter Benützung einfacher, aber auch ganz moderner «elektronischer» Hilfsmittel gegeben werden.

An den für die Elektrizität so charakteristischen, sich über räumliche Abstände hinweg geltend machenden Anziehungs- und Abstossungswirkungen untersuchen wir zunächst ein grundsätzlich unterschiedliches Verhalten der Materialien. Die Probekörperchen für solche Versuche können wir dem in einem Papierlocher angesammelten Abfall entnehmen. Reiben wir nun einen verhältnismässig langen Stab aus Hartgummi oder Kunstharz stückweise mit einem Wollappen, so können wir feststellen, dass ausschliesslich von den geriebenen Stellen Wirkungen ausgeübt werden. Wir können von Wirksamkeits-Inseln sprechen und bezeichnen das Material als «Isolator» — Inselbildner für die Elektrisierung. Will man den Versuch mit verschiedenen Stellen des Stabes wiederholen, so muss er dazwischen unelektrisch gemacht werden. Dies gelingt, indem man seine gesamte Oberfläche mit einer Metallbürste mit Holzgriff (Feilenbürste) überfährt.

Diesem Versuch stellen wir nun den folgenden gegenüber. Auf eine «isolierende Unterlage», etwa eine Dose aus Polystyrol, setzen wir eine oben offene

[1] Ein weiteres Hindernis ist die Sorge des Physiklehrers, dass die von ihm gut vorbereiteten Versuche nach dem Hereinkommen der Schüler in den Versuchsraum misslingen, weil die Luftfeuchtigkeit zu gross wird. Dies kann bei relativ kleinem Raumvolumen auch dann passieren, wenn die Geräte vorgewärmt wurden.

Blechbüchse und hängen eine Anzahl abgeknickter Papierstreifen über deren oberen Rand, so dass die längeren Enden dieser Streifen an der Zylinder-Aussenfläche nach unten hängen. Wir können nun die Blechbüchse elektrisieren, indem wir die Oberfläche eines geriebenen Kunststoffstabes an irgendeiner Stelle der Blechbüchse abstreichen und den ganzen Vorgang ein paarmal wiederholen. Dann beobachten wir eine Spreizung sämtlicher Papierstreifen gegen aussen *(Bild 1)*. Wir haben also von der einen Stelle aus der ganzen Büchse eine elektrische Aktivität vermittelt, indem ihr Material, ein Metall, die Wirkensmöglichkeit auf ihre ganze Oberfläche ausgebreitet hat. Dementsprechend brauchen wir die Büchse auch nur wieder an einer beliebigen Stelle mit einem Finger zu berühren, und schon gehen die Papierstreifen in ihre Ruhelage zurück, was ein Verschwinden der Elektrisierung bedeutet. Im Gegensatz zu einem Isolator würden wir das metallische Material richtigerweise als einen «Dissipator» (von dem lateinischen Wort dissipare — ausbreiten, verteilen) bezeichnen. Statt dessen hat sich der Ausdruck «Elektrizitäts-Leiter» oder «Konduktor» eingebürgert. Eine solche Bezeichnung ist jedoch nicht mehr bloss auf das Material als solches bezogen, sondern sie schliesst, streng begrifflich betrachtet, schon mit ein, dass das Metall von isolierendem Material umgeben ist (isolierende Unterlage und Luft); nur unter diesen Umständen ist die Anordnung geeignet, die elektrische Wirkensmöglichkeit an einen bestimmten Ort zu «leiten». Eine Wasserleitung kann ja auch nicht bloss in einem langgestreckten Loch «ohne etwas herum» bestehen, sondern es muss eine Rohrwand von bestimmter Festigkeit mit inbegriffen sein.

Für die Isolations- oder Dissipations-Eigenschaften der verschiedenen Stoffe gibt es zwischen dem Saphirkristall und dem Silber alle nur denkbaren Abstufungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die zur Sprache stehenden Versuche auch ziemlich trockenes Holz und Papier noch als Dissipatoren wirken und somit geeignet sind, elektrische «Ladungen» abzuleiten, während dieselben Materialien natürlich im sonstigen elektrotechnischen Sinne eher isolierend sind.

Auf die speziellen Verhältnisse bei der Erzeugung von Reibungs-Elektrizität brauchen wir hier nicht einzugehen; wir verweisen dazu insbesondere auf eine Betrachtung dieser Phänomene von *H. Rebmann* (1960). Eine weitere umfassende Darstellung, einschliesslich theoretischer Deutungen, findet man bei *W. R. Harper* (1967). Bei solchen Versuchen wurde bekanntlich schon früh entdeckt, dass zwei polar entgegengesetzte Elektrisierungsarten auftreten: die «positive» oder «Glas»-Elektrizität und die «negative» oder «Harz»-Elektrizität. Ein zuerst mittels eines Hartgummistabes elektrisch gemachtes Elektroskop zeigt nach der Berührung mit einem geriebenen Glasstab nicht eine Vergrösserung, sondern eine Verkleinerung seines Ausschlags, also eine Gegenwirkung. Doch sind die einfachen Elektroskope (die Papierstreifen auf unserer erwähnten Büchse sind entsprechende Indikatoren) nicht zur unmittelbaren Unterscheidung zwischen einer positiven und einer negativen Elektrisierung geeignet; dazu wäre vielmehr ein polarisiertes Elektrometer notwendig.

Um insbesondere die unter dem Namen Influenz bekannten Erscheinungen, aber auch sonstige Verhältnisse in «elektrischen Feldern» in gut überschaubarer Weise studieren zu können, ist ein polaritätsanzeigendes Instrument dann von grossem Vorteil. An Stelle der allerdings sehr unbequem zu handhabenden früheren Quadrantelektrometer mit Hilfs-Gleichspannung nehmen wir einen modernen elektrometrischen Verstärker, welchem ein Drehspul-Messinstrument mit Nullpunkt in der Skalenmitte nachgeschaltet ist. Gegen die Verwendung eines solchen innerlich komplizierten Messgerätes mag geltend gemacht werden, dass dessen