

Die konventionelle Stromrichtung

Gegenstand:

Die Richtung des elektrischen Stroms beruht auf einer Konvention. Bevor man etwas von Elektronen wusste, hatte man festgelegt, dass der elektrische Strom vom Pluspol einer Stromquelle durch den Stromkreis zum Minuspol fließt.

Mängel:

Wenn man nach der Richtung des elektrischen Stroms fragt, so fragt man nach der Orientierung eines Vektors. Der Vektor, der die elektrische Stromrichtung charakterisiert, ist der elektrische Stromdichtevektor, – genauso wie der Energiestromdichtevektor die Stromrichtung der Energie und der Massenstromdichtevektor die Richtung des Massenstroms festlegt.

Die Richtung des elektrischen Stromdichtevektors beruht nun aber nicht auf einer Konvention, sondern folgt aus der Kontinuitätsgleichung für die elektrische Ladung, die die elektrische Ladungsdichte ρ mit der elektrischen Stromdichte \mathbf{j} verknüpft:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{j} = 0$$

Die Gleichung besagt, dass die Ladungsdichte ρ an einer Stelle abnimmt, wenn dort die Divergenz der Stromdichte \mathbf{j} positiv ist. In anderen Worten: Die elektrische Ladung in einem Raumgebiet nimmt ab, wenn aus dem Gebiet ein elektrischer Strom herausfließt. Man sieht, dass die Orientierung des Stromdichtevektors \mathbf{j} festliegt, sobald man über das Vorzeichen der elektrischen Ladung (und damit der Ladungsdichte ρ) verfügt hat. Man kann also die Stromrichtung tatsächlich umdefinieren, allerdings nur, indem man das Vorzeichen der elektrischen Ladung umdefiniert. Das ist aber mit den oben zitierten Aussagen nicht gemeint.

Herkunft:

Die “Stromrichtung”, von der behauptet wird, sie beruhe auf einer Konvention, ist nicht die Richtung des Stromdichtevektors \mathbf{j} , sondern die mittlere Bewegungsrichtung der Ladungsträger, d. h. die Richtung des Driftgeschwindigkeitsvektors \mathbf{v} der Ladungsträger. Die beiden Vektorgrößen hängen zusammen über die Beziehung

$$\mathbf{j} = \rho \cdot \mathbf{v}$$

So ist es einerlei, ob sich positive Ladungsträger ($\rho > 0$) nach rechts, oder negative Ladungsträger ($\rho < 0$) nach links bewegen: Die Richtung von \mathbf{j} ist beide Male nach rechts. Die Richtung von \mathbf{v} fällt nun auch zusammen mit der Massenstromdichte und der Stoffmengenstromdichte der Ladungsträger. Man kann den Fehler, der gemacht wird, daher auch so charakterisieren: Der Ladungsstrom wird mit dem Massen- oder Stoffstrom verwechselt.

Entsorgung:

Man unterscheide sorgfältig zwischen Ladung und Ladungsträgern. Man unterscheide also zwischen zwei “Bewegungs”-Richtungen: der der elektrischen Ladung und der der Ladungsträger. Während die elektrische Ladung vom hohen zum niedrigen Potenzial fließt, bewegen sich die Ladungsträger in die eine oder andere Richtung, je nach dem Vorzeichen ihrer Ladung.

Um diese Unterscheidung klarzumachen, mache ich im Unterricht gern das folgende “Experiment”: Ich lasse rote und blaue Spielmarken durch eine Bankreihe hindurchreichen. Wir stellen uns vor, jede rote Marke sei 10 DM wert, jede blaue –10 DM. Jeder Schüler, mit Ausnahme der beiden an den Enden, besitzt immer gerade eine rote und eine blaue Marke, d. h. er hat den Geldwert null. Wir realisieren nun Geldwertströme vom

Schüler am linken Ende der Kette zu dem am rechten Ende. Der erste Geldwerttransport läuft so: Ich lasse ein Metronom schlagen, und auf jeden Schlag gibt jeder der Schüler seine rote Marke an den rechten Nachbarn weiter. Jeder Schüler in der Kette bleibt so bei seinem Geldwert null, nur der am linken Ende wird immer ärmer und der am rechten reicher. Als nächstes realisieren wir einen Geldwerttransport von links nach rechts auf die folgende Art: Auf jeden Metronomschlag gibt jeder Schüler eine blaue Marke weiter an seinen linken Nachbarn. Wieder bleibt bei jedem Schüler – außer bei den an den beiden Enden – der Geldwert null, und wieder wird der linke ärmer und der rechte reicher. Eine dritte Methode besteht darin, dass man auf jeden Metronomschlag sowohl eine rote Marke nach rechts als eine blaue nach links weiterreicht. In jedem der drei Fälle fließt Geldwert von links nach rechts, die Geldwertträger aber können sich nach rechts oder nach links bewegen.

F. H.