

Das Anschlusskabel

Gedanken und Vorstellungen

Rudolf Cantz

Wir sind es gewohnt, den Stecker am Kabel einer Arbeitslampe, einer Bohrmaschine in die Steckdose einzuführen und uns dabei vorzustellen, dass dann der elektrische Strom durch die Leitung fliesse. Wir kennen auch das grünlichblaue Feuer, welches sich beim Herausziehen des Steckers «unter Strom» manchmal deutlicher, manchmal weniger, bemerkbar macht. Aber was ist nun dieser Strom? Hat man ihn je irgendwo wahrgenommen?

Wer einmal mit den Händen oder einem anderen Teil seines Körpers in einen Stromkreis geraten ist, der kennt die eigenartigen Empfindungen, welche uns die Vorstellung eines Durchströmtwerdens – neben dem, was man gelegentlich auf der Haut wie Nadelstiche empfindet – nahelegen. Deutlich werden dabei die Unterschiede zwischen dem vibrierend prickelnden Wechselstrom, der heimtückisch anwachsenden Wirkung des Gleichstroms, die noch nach dem Abschalten weiter zu spüren sein kann, und dem krampfigen Durchzucktwerden bei der einmaligen Entladung eines Kondensators gefühlt. Der Physiker, der Arzt und der Patient kennen ausserdem das Gefühl des Angewärmtwerdens durch einen Hochfrequenz-generator, bei welchem dann jedes sonst für ein Elektrisiertwerden charakteristische Prickeln, Ziehen oder Stechen fehlt.

Wohl sind wir veranlasst, angesichts solcher Wahrnehmungen von einem Durchströmtwerden unseres Körpers zu sprechen, welches wir durch das Berühren von Anschlüssen oder Leitungsadern erfahren. Deren Vorhandensein bedingt, dass wir die Wirkungen verspüren – aber was in und an diesen Leitungsadern selbst geschieht, ist damit nicht gesagt. Wir wissen zunächst nur, dass wir mit deren Hilfe an einem Ort im Raum bestimmte Wirkungen – z. B. das Brennen einer Glühbirne – hervorrufen können. In die Kupferadern selbst können wir mit der Beobachtung nicht hinein. Wollen wir also im Bereich des Beobachtbaren bleiben, so können wir zunächst mit geeigneten Instrumenten die Umgebung des Kabels erforschen. Auch wenn wir dabei eine der Adern unterbrechen und einen Strommesser dazwischenschalten, erfolgt die Anzeige desselben mittels Kräften, die wiederum nur ausserhalb des Drahtes (auch der Instrumentspule) beobachtbare Wirkungen – den Zeigerausschlag – hervorbringen. Auch diese «Strommessung» gibt also nur eine Aussenansicht; dasselbe gilt von dem Kontaktfeuer beim Herausziehen des Steckers sowie von der Beobachtung, dass ein Zuleitungskabel, z. B. für einen elektrischen Ofen, eine gewisse spürbare Erwärmung zeigt. All dieses sind Effekte, welche wir dem von uns als elektrischen Strom bezeichneten Agens zuschreiben.

Einer gewissen materialistischen Tendenz im Denken des neuzeitlichen Menschen folgend, hat man immer wieder nach Möglichkeiten gesucht, sich die Elektrizität mehr oder weniger stoffähnlich vorzustellen. Auch die heute verbreitete Anschauungsweise, welche von einer Drift weitgehend freibeweglicher Elektronen im Metall wie von gegenständlichen Gebilden spricht, gehört hierher. In einer früheren Arbeit hat der Verfasser (1969) auf die Kompliziertheit der modernen Vorstellungen vom Elektron hingewiesen; auch darauf, dass diese nicht zu einem Verständnis des elektrischen oder magnetischen Verhaltens als solchen führen. Berücksichtigt man, was durch die Quantenmechanik und durch die *Heisenbergschen* Unschärfebetrachtungen herausgekommen ist, wird man die «Elektronen-

theorie der metallischen Leitfähigkeit» konsequenterweise nicht mehr als Bewegung von «Teilchen» im gewöhnlichen räumlich-stofflichen Sinne ausdeuten können. Man wird sich damit vielmehr im Bereich nicht mehr anschaulicher mathematischer Strukturen, d. h. einem Ideellen, zurückhalten müssen. Hierzu sei besonders auf die Ausführungen *Georg Ungers* (1967) über «Teilchen» verwiesen.

Den Teilchenvorstellungen waren historisch gewisse allgemeinere quasistoffliche Vorstellungen von Elektrizitätsmengen aus einer Art «elektrischen Fluidums» vorausgegangen. Sie scheinen durch eine Reihe von Experimenten der Elektrostatik nahegelegt, die sich auf den Transport elektrischer Ladungen beziehen. Man kann von einem isolierten, elektrisch geladenen Konduktor auf einen zweiten, noch ungeladenen, mittels eines an einem Isolierstiel befestigten Metallplättchens durch abwechselndes Berühren das elektrische Verhalten «löffelweise übertragen». Gewöhnlich soll durch dieses Experiment eine als «Elektrizitätsmenge» bezeichnete Messgrösse dem Schüler veranschaulicht werden. Durch Abwandlung der Versuche kann aber leicht gezeigt werden, dass die Verhältnisse nur richtig überschaubar werden, wenn man die gesamten Bedingungen des «elektrischen Feldes» in der betreffenden räumlichen Konfiguration in Betracht zieht. So funktioniert z. B. das Herüberlöffeln von Ladungen keineswegs bis zum Nullwerden der Ladung des ersten Konduktors; sondern nur soweit, bis an den Berührungsstellen beider Konduktoren gleiche Ladungsdichte herrscht. Ein solches Verhalten ist also komplizierter, als es die einfache Analogie zu einer Flüssigkeitsmenge zum Inhalt haben könnte.

Eine exakt mengenhafte Wirkung des elektrischen Stromes kennt man beim Vorgang der Elektrolyse. Die aus einer Silbersalzlösung von einem «hindurchfliessenden», in seiner Stärke genau konstant gehaltenen Gleichstrom an der Kathode abgeschiedene Silbermenge ist genau der Stromstärke und der Zeit proportional. Die zugehörige Versuchseinrichtung – das Silbervoltameter – wurde bis vor kurzem der genauen Definition der Stromstärke-Masseinheit zugrunde gelegt. Bei anderen Metallen ergeben sich unter gleichen Strombedingungen andere Abscheidungsmengen, die sich zueinander wie die Äquivalentgewichte der betreffenden Metalle verhalten. Dieser Zusammenhang weist zweifellos auf eine enge Beziehung der Elektrizität zur Stofflichkeit und ihrem chemischen Verhalten hin. Aber auch die Feststellung eines Transportes ponderabler Substanz bei der Elektrolyse erfasst nicht den «Strom» als solchen, sondern ist wiederum als ein von der Elektrizität hervorgebrachter Effekt zu verstehen.

Auch gegenüber der physikalischen Grösse der «Energie» besteht weithin die Tendenz, diese durch eine Betrachtung von «Energieströmungen» analog einer Stoffmenge zu behandeln. In dem Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus von *Gustav Mie* (1941) findet man eine interessante Darstellung der Energieströmung längs einer elektrischen Leitung mit Hilfe des *Poyntingschen* Vektors der Energieströmungsdichte, der sich gemäss der *Maxwellschen* Theorie als Vektorprodukt aus der elektrischen und magnetischen Feldstärke ergibt. Auf unser Kabel angewandt, ergibt eine solche Betrachtung, dass die Kraftlinien des elektrischen Feldes von der Oberfläche des einen Drahtes zu den jeweiligen Gegenpunkten auf diejenigen des anderen Drahtes verlaufen, und dass die magnetischen Kraftlinien je einen der beiden Drähte umringeln. Ist der elektrische Widerstand der Kabeladern so gering, dass er vernachlässigt werden kann, verlaufen beide Kraftlinienarten in Ebenen, welche auf der Kabel-Längsrichtung senkrecht stehen; sie bilden dort zwei einander gegenseitig orthogonal durchkreuzende Kreisscharen (*Bild 1*). Der *Poynting*-Vektor steht dann senkrecht auf der betreffenden Ebene, d. h. parallel zur Kabel-Längsrich-