

# 159 Ersatzwiderstände

## ZUSAMMENFASSUNG

Man behandelt im Unterricht gern das Hintereinander- und In-Reihe-Schalten von elektrischen Widerständen. Das Thema ist aber nicht interessanter oder wichtiger als das entsprechende Kombinieren von Kondensatoren, Spulen, elastischen Federn, Wärmeleitern oder Strömungswiderständen.

### Gegenstand

Schaltet man Geräte mit den Widerständen  $R_1, R_2, R_3, \dots$  in Reihe, so hat das Gesamtsystem den „Ersatzwiderstand“

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots;$$

schaltet man sie parallel, so gilt für den Ersatzwiderstand

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

### Mängel

Die Regeln sind Teil des Physikunterrichts, seit es die Elektrizitätslehre gibt, d.h. seit etwa 150 Jahren.

An ihnen ist nichts falsch. Aber wir könnten einige Fragen stellen: Warum gehören sie zum Pflichtkanon des Physikunterrichts? Warum haben sie den Status von Merkgeltern? Warum wird ihnen ein ganzes Kapitel gewidmet? Man würde uns vielleicht antworten: Weil sie so wichtig sind.

Wenn man sie aber für wichtig genug hält, um sie in den Unterricht aufzunehmen, warum dann nicht auch eine ganze Reihe ähnlicher, analoger Regeln: über das Hintereinander- und In-Reihe-Schalten von Kondensatoren und Spulen, von Hooke'schen Federn und Stoßdämpfern, von Wärmewiderständen und von Strömungswiderständen? Die mathematische Struktur der Regeln ist dieselbe wie bei den elektrischen Widerständen. Sind denn Wärmewiderstände weniger wichtig als elektrische? Sind Kondensatoren weniger wichtig als elektrische Widerstände?

Wenn man berücksichtigt, dass die eingangs zitierten Regeln aus der Maschen- und der Knotenregel folgen, so fällt einem noch anderes auf.

Die Maschenregel ist trivial, wenn man die elektrische Spannung vernünftig einführt, nämlich als Differenz von elektrischen Potenzialen. Dann ist sie so selbstverständlich wie die folgende Aussage: Wenn man mit dem Aufzug 2 Stockwerke hoch fährt, und dann noch einmal 3 Stockwerke, so ist man insgesamt 5 Stockwerke hochgefahren. Man kann es auch gelehrter ausdrücken: Die Maschenregel gilt, weil man es, wie im Fall des Aufzugs, mit einem konservativen Feld zu tun hat. Aber es ist besser man drückt es nicht so aus.

Die Knotenregel folgt aus der Erhaltung der strömenden Größe. Sie gilt für die verschiedensten Ströme: elektrische Ströme, Massenströme und Impulsströme. Es wäre schade um sie, wenn sie nur im Zusammenhang mit elektrischen Strömen angesprochen würde.

### Herkunft

Die Regeln wurden in etwas anderer Form als hier wiedergegeben von Kirchhoff 1845 formuliert, d. h. in der Anfangszeit der Elektrizitätslehre. In dieser Zeit, als noch alles neu war, erschienen sie durchaus nicht trivial. Dass sie bis heute als eigene Regeln überlebt haben, liegt wahrscheinlich vor allem daran, dass sie einen eigenen Namen bekommen hatten (im Gegensatz zu den oben erwähnten analogen Regeln).

### Entsorgung

Man kann das verschiedene Verschalten von Widerständen durchaus im Rahmen einer Aufgabe behandeln; man wird den Ergebnissen aber nicht den Status von Merksätzen geben. Und man wird ähnliche Probleme im Zusammenhang mit anderen Bauelementen – etwa Kondensatoren und Spulen– und mit anderen Strömen –etwa Wasser-, Impuls- und Wärmeströmen– behandeln.

Noch eine meiner Lieblingsregeln für das Erstellen von Lehrplänen: Immer wenn jemand den Vorschlag macht, ein bestimmtes Thema in den Lehrplan (oder allgemeiner in den Unterricht oder in ein Lehrbuch) aufzunehmen, suche man zunächst nach Konkurrenz-Themen, d.h. Themen, die auf Grund irgendeiner Analogie denselben Anspruch auf Aufnahme in den Lehrkanon geltend machen könnten. Erst wenn man einen Grund gefunden hat, das vorgeschlagene Thema zu behandeln, die Konkurrenten aber nicht, wird das Thema aufgenommen. Diese Methode hat sich für mich in vielen Zusammenhängen bewährt.