

## 0.1 3. Hausaufgabe

### 0.1.1 Wiederholung der Stunde in eigenen Worten

Aus der 10. Klasse kennen wir bereits die zentralen Größen Spannung ( $U$ ), Stromstärke ( $I$ ) und Widerstand ( $R$ ). Nun haben wir zwei neue Regeln kennen gelernt, die Knotenregel und die Maschenregel.

Die Maschenregel besagt, dass die Summe aller Teilspannungen einer Schaltung, wenn man alle Teilwiderstände in einem selbst gewählten Drehsinn abläuft, 0 ergibt. Wichtig ist nicht, ob man alle Verbraucher im oder gegen den Uhrzeigersinn „abklappert“, entscheidend ist, dass man bei seiner Wahl bleibt. (Das erklärt auch die negativen Spannungen, die sich ergeben können.)

Für die Stromstärke gibt es eine ähnliche Regel: Die Knotenregel besagt, dass die Summe aller Eingangs- und Ausgangsströme 0 ergibt, unter der Voraussetzung, dass man entweder die Eingangs- oder die Ausgangsströme negiert, also ihr Vorzeichen umkehrt. Anders formuliert besagt die Knotenregel, dass die Summe aller Eingangsströme der Summe aller Ausgangsströme entspricht.

Schließlich haben wir analysiert, was man mit der durch die Stromquelle abgegebenen Energie passiert. Dabei haben wir festgestellt, dass man, ähnlich wie man den Stromfluss bei einer Schaltung verfolgen kann, auch den Energiefluss betrachten kann. Dabei interessiert man sich für die umgesetzte Energie pro Zeiteinheit, also für die Leistung, dem Produkt aus Spannung und transportierter Ladung pro für den Ladungstransport benötigte Zeit, also  $P = \frac{U \Delta Q}{\Delta t} = UI$  mit der Einheit  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$  bzw., äquivalent, W.

### 0.1.2 Messung von Strömen und Spannungen

Spannung, als Angabe der Potenzialdifferenz zwischen zwei Punkten, kann man nur zwischen zwei Punkten messen. Demzufolge macht der Ausdruck „die Spannung bei Punkt X“ wenig Sinn, ein Vergleichspunkt ist unbedingt erforderlich. Richtig müsste es also z.B. „die Spannung zwischen Punkt X und Y“ heißen.

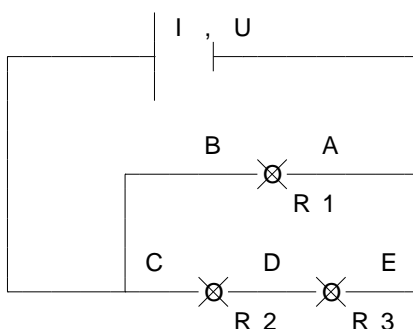
Zur Spannungsmessung schaltet man ein Spannungsmessgerät parallel. Dabei wird das Ergebnis durch den Innenwiderstand des Messgerätes verfälscht; Soll die Anzeige die „Realität“ sehr gut wiedergeben, ist es ratsam, den Innenwiderstand von Spannungsmessgeräten sehr groß zu machen. Damit fließt nach den Regeln für die Stromstärke bei Parallelschaltungen der 10. Klasse durch das Spannungsmessgerät nur sehr wenig Strom, es geht also nur sehr wenig Strom für die eigentliche Schaltung verloren.

Ströme dagegen werden bei einem Punkt gemessen, also macht der Ausdruck „die Stromstärke zwischen  $X$  und  $Y$ “ wenig Sinn, hier muss es richtig „die Stromstärke bei  $X$ “ lauten. Ruft man sich die Definition der Stromstärke (Transportierte Ladung pro dazu benötigter Zeit) ins Gedächtnis, wird dies schnell klar: Vereinfacht vorgestellt möchte man die Zahl der geladenen Teilchen messen, die z.B. einen Draht pro Sekunde passieren.

Trotzdem benötigt ein Strommessgerät natürlich auch zwei Verbindungen mit dem Stromkreis – der einfließenden Strom muss das Messgerät auch wieder verlassen können.

Zur Messoptimierung ist es bei der Strommessung ratsam, den Innenwiderstand möglichst klein zu halten, da Strommessgeräte in Reihe geschaltet werden. Dadurch geht, folgt man den Regeln für die Spannungsaufteilung in Reihenschaltungen der 10. Klasse, nur wenig Spannung für die eigentlichen Verbraucher verloren.

### 0.1.3 Berechnung eines Beispiel-Stromkreises



#### Gegeben

Gesamtspannung:  $U = 9,0 \text{ V}$ ;

Teilwiderstände:  $R_1 = R_2 = R_3 = 150 \Omega$ ;

**Gesucht**

$$I, I_{AB}, I_{CE}, I_{CD}, I_{DE},$$

$$P, P_{AB}, P_{CE}, P_{CD}, P_{DE}$$

**Rechnung**

$$U_{AB} = U_{CE} = U = 9,0 \text{ V}; \text{ (Spannung bei Parallelschaltungen)}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3} = \frac{1}{R_1} \left(1 + \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{\frac{2}{3}R_1}; \Rightarrow R = \frac{2}{3}R_1 = 100 \Omega;$$

(Ersatzwiderstand von Parallel- und Reihenschaltungen)

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9,0 \text{ V}}{100 \Omega} = 90 \text{ mA};$$

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{U}{R_1} = 60 \text{ mA}; \text{ (OHMsches Gesetz)}$$

$$I_{CE} = \frac{U_{CE}}{R_{CE}} = \frac{U}{2R_1} = 30 \text{ mA}; \text{ (OHMsches Gesetz)}$$

$$I_{CD} = I_{DE} = I_{CE}; \text{ (Stromstärke von Reihenschaltungen)}$$

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = \frac{(9,0 \text{ V})^2}{100 \Omega} = 0,81 \text{ W};$$

$$P_{AB} = \frac{U_{AB}^2}{R_{AB}} = \frac{(9,0 \text{ V})^2}{150 \Omega} = 0,54 \text{ W};$$

$$P_{CE} = \frac{U_{CE}^2}{R_{CE}} = \frac{(9,0 \text{ V})^2}{300 \Omega} = 0,27 \text{ W};$$

$$P_{CD} = P_{DE} = \frac{1}{2}P_{CE} = 0,14 \text{ W};$$

**0.1.4 Analyse des Strom- und Energieflusses im Beispiel-Stromkreis**

Der gesamte Strom der Stromquelle fließt bis zum Verzweigungspunkt ungeteilt, also mit seiner vollen Stärke,  $I = 90 \text{ mA}$ .

Dann teilt sich der Strom an der Parallelschaltung auf; Im oberen Ast fließen  $I_{AB} = 60 \text{ mA}$ , im unteren Ast fließen  $I_{CE} = 30 \text{ mA}$ . Die unterschiedlichen Stromstärken sind auf die unterschiedlichen Widerstände des oberen bzw. unteren Astes zurückzuführen. Es fließen  $I_{CD} = I_{DE} = 30 \text{ mA}$  durch beide Lämpchen des unteren Astes, eine zweite Aufteilung findet also nicht statt.

Schließlich vereinigt sich der Strom am Knotenpunkt wieder, er fließt wieder mit  $I = 90 \text{ mA}$ .

Der Energiefluss verhält sich ähnlich wie der Stromfluss: Vor der Verzweigung werden  $P = 0,81 \text{ W}$  umgesetzt.

Danach teilt sich die verfügbare elektrische Energie auf die zwei Äste auf, es werden von nun an im oberen Zweig  $P_{AB} = 0,54 \text{ W}$  und

im unteren Zweig  $P_{CE} = 0,27 \text{ W}$  umgesetzt. Während im Lämpchen des oberen Astes klarerweise die vollen  $P_{AB} = 0,54 \text{ W}$  umgesetzt werden, werden in den beiden unteren Verbrauchern jeweils nur je  $P_{CD} = P_{DE} = \frac{1}{2}P_{CE} = 0,14 \text{ W}$  umgesetzt. Dies deckt sich mit unserem Wissen der 10. Klasse, demzufolge die Spannung in Reihenschaltungen entsprechend der zugehörigen Widerstände aufgeteilt wird.

Fragen: Ist es überhaupt zulässig, von einem Energiefluss zu sprechen? Kann sich Energie „aufteilen“? Kann man einzelne Joules so verfolgen wie man auch (z.B.) Elektronen verfolgen kann (könnte)?

(Benötigte Zeit: 59 min)