ERKLÄRBÄR

Serie Elektronik · Folge 1 · Advanced

ADVANCED

LEHRERINFO ZUM VIDEO · GYMNASIUM / MATURA / ABITUR

Reihen- und Parallelschaltung – Advanced

FACH	STUFE	DAUER	VIDEO
Physik	Gymnasium, Sek II	15:32 min	youtube.com/@Erklaerbaer

01 Lernziele

Nach dem Video können die Schülerinnen und Schüler …

- Knoten- und Maschenregel formulieren, als Erhaltungssätze begründen und mit Vorzeichen konsequent anwenden,
- die Gesetze der Reihen- und Parallelschaltung aus Kirchhoff und Ohm herleiten,
- mit Leitwerten sowie Spannungs- und Stromteilerregel rechnen,
- den Einfluss von Messgeräte-Innenwiderständen abschätzen und eine geeignete Messschaltung wählen,
- reale Spannungsquellen mit Innenwiderstand beschreiben und Zellen in Reihe/parallel beurteilen.

02 Voraussetzungen

Regeln der Reihen- und Parallelschaltung, Ohmsches Gesetz (Grundlagen-Variante von Folge 1: „Reihen- und Parallelschaltung einfach erklärt“). Umstellen von Gleichungen, Bruchrechnen.

03 Ablauf des Videos

ZEIT	KAPITEL	INHALT
0:00	Einstieg	Rätsel: Messgerät zeigt 4 V statt 6 V · Ident · Serien-Fahrplan
0:50	Was du brauchst	Regeln aus der Grundlagen-Folge in 40 s
1:27	Die Kirchhoffschen Regeln	Knotenregel (Ladungserhaltung, Vorzeichen) · Maschenregel (Energieerhaltung, Umlaufsinn) · Beispiel 12 V = 5 V + 7 V
2:57	Herleitung Reihe	Maschenregel + Ohm → $R = R_1 + R_2$ · Spannungsteilerregel
3:54	Herleitung Parallel	Knotenregel + Ohm → $1/R = \Sigma\, 1/R_k$ · Leitwert G in Siemens · Stromteilerregel
5:04	Rechenbeispiel Reihe	9 V, 220 / 330 / 470 Ω: R, I, alle Teilspannungen, Probe
6:15	Rechenbeispiel Parallel	12 V, 4,7 / 10 / 22 kΩ mit Leitwerten, Teilströme, Probe

7:24	Messgeräte verändern die Schaltung	Innenwiderstand von Volt- und Amperemeter · Auflösung des Rätsels · strom- und spannungsrichtiges Messen
9:09	Reale Spannungsquellen	Ersatzschaltbild, Klemmenspannung, R_i aus zwei Messungen, Kennlinie, Kurzschlussstrom
10:40	Zellen in Reihe und parallel	Zellen in Reihe/parallel, Ausgleichsstrom 5 A, E-Bike-Akku · Projekt-Baustein Netzteil
11:50	Prüfungsfallen	Fünf Prüfungsfallen
12:44	Zusammenfassung	Kirchhoff · Reihe/Parallel · reale Bauteile
13:11	Quiz	4 Fragen, 2 zum Rechnen

04 Typische Prüfungsfallen

- **Vorzeichen:** Zählpfeile/Umlaufsinn nicht konsequent; ein negatives Ergebnis wird als Fehler gewertet statt als umgekehrte Richtung.
- **Teilerregeln vertauscht:** beim Stromteiler steht der ***andere*** Widerstand im Zähler.
- **Kehrwert vergessen** (1/R notiert statt R) – Leitwerte vermeiden den Fehler.
- **Ideale Messgeräte angenommen** – an hochohmigen Schaltungen ist der Messwert zu klein.
- **Leerlauf- und Klemmenspannung verwechselt.**

05 Einsatz im Unterricht

Einstieg mit Experiment: Spannungsteiler aus 2 × 1 MΩ aufbauen und mit verschiedenen Multimetern messen; Video bis 0:50, dann Kapitel 7.

Herleitung: Kapitel 2–4 als Vorlage für eine eigene Herleitung an der Tafel.

Übung: In Kapitel 5 und 6 pausieren, selbst rechnen lassen, dann mit dem Video vergleichen.

Praktikum: Innenwiderstand einer Batterie mit zwei Lastwiderständen bestimmen (Kapitel 8, Aufgabe 6).

06 Hinweise und Quellen

- Typische Werte: Digitalmultimeter 10 MΩ Eingangswiderstand im Spannungsbereich; 9-V-Block $R_i \approx 1–2\ \Omega$; Li-Ionen-Zelle 3,0–4,2 V, R_i einige 10 mΩ (Werte im Video gerundet).
- Kirchhoff formulierte die Regeln 1845 (Annalen der Physik und Chemie).

NAME _____ KLASSE _____ DATUM _____

Kirchhoff, Teiler und reale Bauteile

1 Leite her ●●○

Leite die Formel für den Gesamtwiderstand zweier parallel geschalteter Widerstände aus der Knotenregel und dem Ohmschen Gesetz her. Zeige anschliessend, dass gilt: $R = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$.

2 Berechne: Reihenschaltung ●○○

An 12 V liegen R_1 = 1,2 kΩ, R_2 = 2,7 kΩ und R_3 = 3,3 kΩ in Reihe. Berechne R, I und alle Teilspannungen. Überprüfe mit der Maschenregel. Berechne U_3 zusätzlich direkt mit der Spannungsteilerregel.

3 Berechne: Parallelschaltung mit Leitwerten ●●○

An 5,0 V liegen 330 Ω, 470 Ω und 1,0 kΩ parallel. Berechne die Leitwerte, den Gesamtwiderstand, den Gesamtstrom und alle Teilströme. Prüfe mit der Knotenregel.

4 Stromteiler ●●○

2,2 kΩ und 6,8 kΩ sind parallel geschaltet, insgesamt fliessen 20 mA. Berechne beide Teilströme mit der Stromteilerregel und begründe, warum der grössere Strom durch den kleineren Widerstand fliesst.

5 Messfehler abschätzen ●●●

Ein Spannungsteiler aus 2 × 470 kΩ liegt an 10 V. Gemessen wird die Spannung am unteren Widerstand.
a) Berechne den Messwert mit einem Voltmeter mit R_V = 10 MΩ und mit R_V = 1 MΩ sowie jeweils die relative Abweichung. b) Wie gross muss R_V mindestens sein, damit der Fehler unter 1 % bleibt? (Näherung oder numerisch)

6 Innenwiderstand bestimmen ●●○

An einer Batterie misst man bei I = 0,10 A eine Klemmenspannung von 4,42 V, bei I = 0,50 A eine von 4,22 V.
a) Bestimme R_i und U_0. b) Wie gross wäre der Kurzschlussstrom? c) Welche Klemmenspannung erwartest du bei 2,0 A?

7 Zellen kombinieren ●●●

Drei gleiche Zellen (U_0 = 1,5 V, R_i = 0,3 Ω) versorgen einen Verbraucher mit 5,1 Ω. Berechne Strom und Klemmenspannung, wenn die Zellen a) in Reihe, b) parallel geschaltet sind. c) Erläutere, warum man ungleich geladene Zellen nicht parallel schalten darf.

8 Vorzeichen deuten ●○○

In einer Masche mit einer 9-V-Quelle misst man an drei Widerständen 2,5 V, U_2 und 3,0 V. Bestimme U_2. Eine Mitschülerin erhält bei ihrer Rechnung −3,5 V. Erkläre, was das bedeutet.

9 Quiz aus dem Video ●○○

a) 1 kΩ ∥ 3 kΩ, insgesamt 16 mA. Strom durch 1 kΩ?

☐ 4 mA ☐ 8 mA ☐ 12 mA

b) U_0 = 4,5 V, R_i = 0,5 Ω, I = 1 A. Klemmenspannung?

☐ 4,5 V ☐ 4,0 V ☐ 3,5 V

c) 2 mS und 3 mS parallel. Gesamtwiderstand?

☐ 5 kΩ ☐ 200 Ω ☐ 1,2 kΩ

d) Die Maschenregel besagt …

☐ Σ I = 0 am Knoten ☐ Σ U = 0 in der Masche ☐ U überall gleich

Lösungen

1 Herleitung

Knotenregel: $I = I_1 + I_2$. Beide Zweige liegen an U, also $I_k = U/R_k$: $U/R = U/R_1 + U/R_2$; durch U teilen: **$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$**. Gleichnamig machen: $1/R = (R_1 + R_2)/(R_1 R_2) \Rightarrow$ **$R = R_1 R_2/(R_1 + R_2)$**.

2 Reihenschaltung

$R = 1{,}2 + 2{,}7 + 3{,}3 =$ **7,2 kΩ**; $I = 12\ V / 7{,}2\ k\Omega \approx$ **1,67 mA**; $U_1 =$ **2,0 V**, $U_2 =$ **4,5 V**, $U_3 =$ **5,5 V**; Masche: $12 - 2{,}0 - 4{,}5 - 5{,}5 = 0$ ✓. Teilerregel: $U_3 = 12\ V \cdot 3{,}3/7{,}2 = 5{,}5\ V$ ✓.

3 Parallelschaltung

$G_1 \approx 3{,}03$ mS, $G_2 \approx 2{,}13$ mS, $G_3 = 1{,}00$ mS; $G \approx$ **6,16 mS** $\Rightarrow R \approx$ **162 Ω** (< 330 Ω ✓). $I = U \cdot G \approx$ **30,8 mA**; $I_1 \approx 15{,}2$ mA, $I_2 \approx 10{,}6$ mA, $I_3 = 5{,}0$ mA; Summe 30,8 mA ✓.

4 Stromteiler

$I(2{,}2\ k\Omega) = 20\ mA \cdot 6{,}8/9{,}0 \approx$ **15,1 mA**; $I(6{,}8\ k\Omega) = 20\ mA \cdot 2{,}2/9{,}0 \approx$ **4,9 mA**. Beide Zweige haben dieselbe Spannung, $I = U/R$ – der kleinere Widerstand lässt mehr Strom durch.

5 Messfehler

a) $R_V = 10\ M\Omega$: $470\ k\Omega \parallel 10\ M\Omega \approx 449\ k\Omega \Rightarrow U \approx$ **4,89 V (−2,3 %)**. $R_V = 1\ M\Omega$: $\parallel \approx 320\ k\Omega \Rightarrow U \approx$ **4,05 V (−19 %)**.
b) Für $R_V \gg R$ gilt näherungsweise: relativer Fehler $\approx R/(2R_V)$. 1 % $\Rightarrow R_V \geq 50 \cdot R \approx$ **23,5 MΩ** (numerisch 23,3 MΩ) – ein normales Multimeter reicht hier nicht.

6 Innenwiderstand

a) $R_i = \Delta U/\Delta I = 0{,}20\ V / 0{,}40\ A =$ **0,5 Ω**; $U_0 = 4{,}42\ V + 0{,}5\ \Omega \cdot 0{,}10\ A =$ **4,47 V**. b) $I_K = U_0/R_i \approx$ **8,9 A**. c) $U_K = 4{,}47\ V - 0{,}5\ \Omega \cdot 2{,}0\ A =$ **3,47 V**.

7 Zellen

a) Reihe: $U_0 = 4{,}5$ V, $R_i = 0{,}9\ \Omega \Rightarrow I = 4{,}5/6{,}0 =$ **0,75 A**, $U_K =$ **3,83 V**. b) Parallel: $U_0 = 1{,}5$ V, $R_i = 0{,}1\ \Omega \Rightarrow I = 1{,}5/5{,}2 \approx$ **0,29 A**, $U_K \approx$ **1,47 V**. c) Unterschiedliche Leerlaufspannungen treiben über die kleinen Innenwiderstände einen grossen Ausgleichsstrom – Erwärmung, Alterung, Brandgefahr.

8 Vorzeichen

9 V − 2,5 V − U_2 − 3,0 V = 0 ⇒ **U_2 = 3,5 V**. −3,5 V heisst: Der Zählpfeil für U_2 zeigt entgegen der tatsächlichen Polarität – der Betrag stimmt, die Richtung ist andersherum angenommen.

9 Quiz

a) **12 mA** · b) **4,0 V** · c) **200 Ω** · d) **Σ U = 0 in der Masche**