ON4CRD

Band 07

Widerstände



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Impressum

Band 07 · Widerstände

Website-Herausgeber : Radio Club Durnal ON4CRD

Publikationsmanager : Vorstand des Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Impressum

Geistiges Eigentum

Auf der Website veröffentlichte Texte, Bilder, Dokumente, Logos und Materialien bleiben Eigentum ihrer jeweiligen Autoren oder des Vereins. Bei jeder Vervielfältigung oder Wiederverwendung müssen die Quelle, die geltenden Rechte und etwaige Genehmigungen des Autors respektiert werden.

Haftung

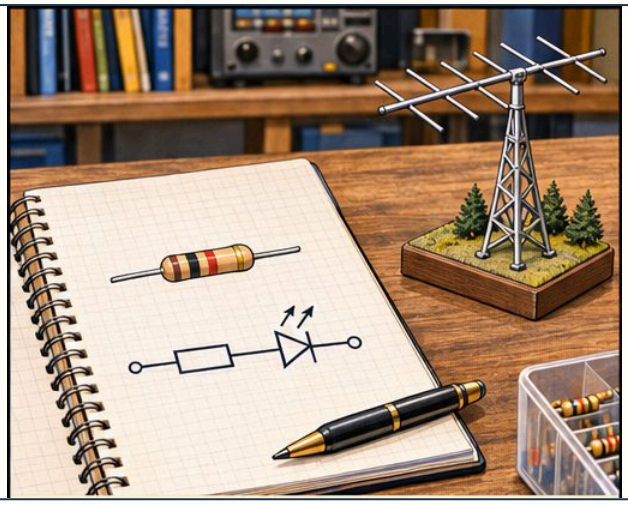
Der Club bemüht sich um die Veröffentlichung nützlicher und überprüfter Informationen, übernimmt jedoch keine Gewähr für die Abwesenheit von Fehlern, Auslassungen oder Unterbrechungen. Technische oder regulatorische Informationen müssen anhand offizieller Quellen überprüft werden, wenn sie eine Entscheidung stützen.

Illustrationen mit Unterstützung künstlicher Intelligenz erstellt.

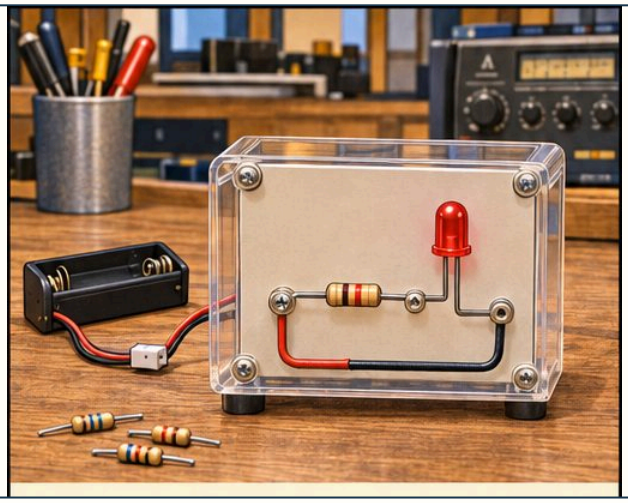
Die Anzeige am Stand



Lucas hilft Henri, den Entdeckungsstand des Clubs vorzubereiten.



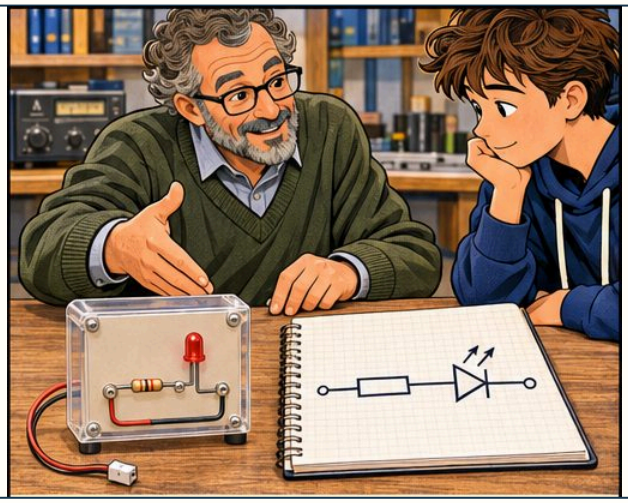
Nach den Antennen bekommt ihr Heft ein viel kleineres Bauteil.



Die LED des kleinen Vorführpanels leuchtet nicht mehr.



«Die LED austauschen?» schlägt Lucas beim Öffnen seiner Teilebox vor.

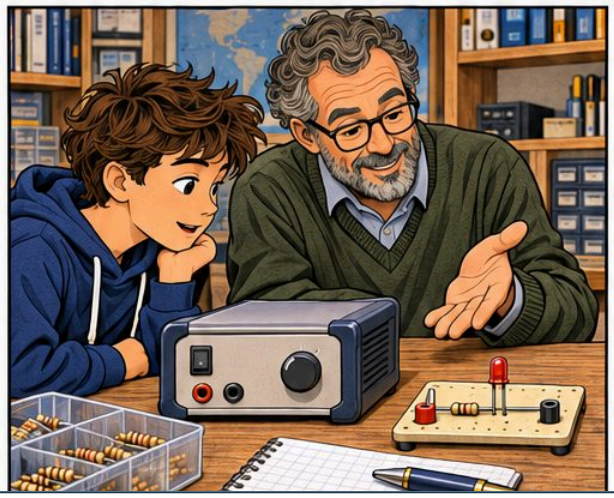


Henri möchte die Schaltung verstehen, bevor er etwas ersetzt.

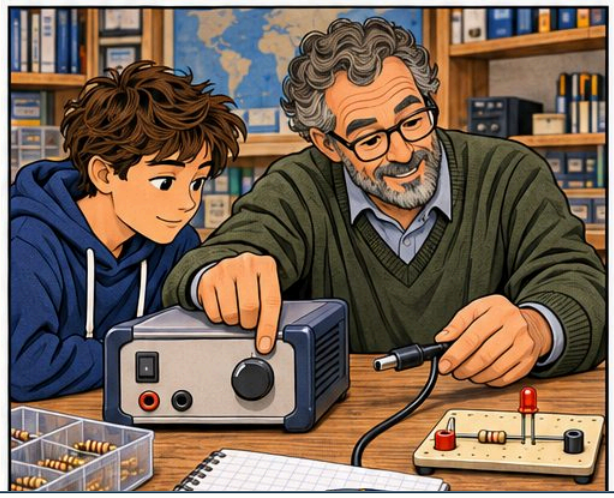


Ihre Aufgabe: eine zuverlässige Anzeige herstellen und jede Wahl erklären.

Vor der Suche trennen



Das Panel nutzt eine strombegrenzte Lehrstromversorgung mit 5 V.



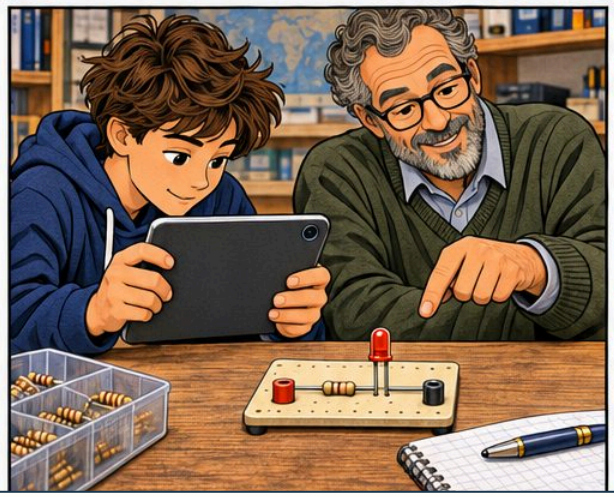
Henri schaltet sie aus und trennt sie vor jedem Eingriff.



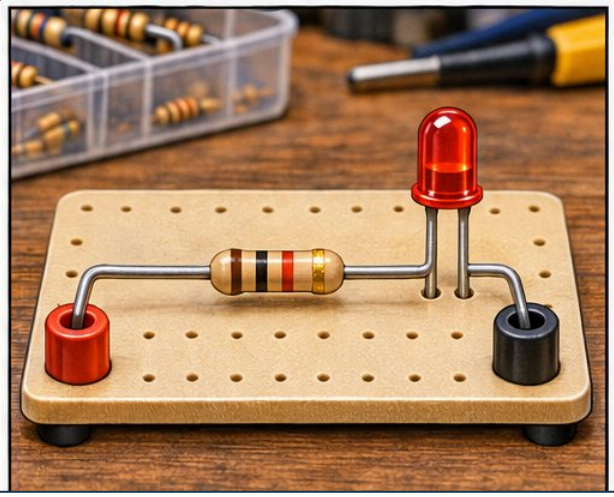
Sie warten die vorgesehene Entladung ab und prüfen die Spannungsfreiheit.



Sie öffnen in diesem Workshop kein netzverbundenes Gerät.



Lucas fotografiert die Anschlüsse und folgt dem Schaltplan.



Ein kleiner Widerstand im LED-Strompfad fällt ihm auf.

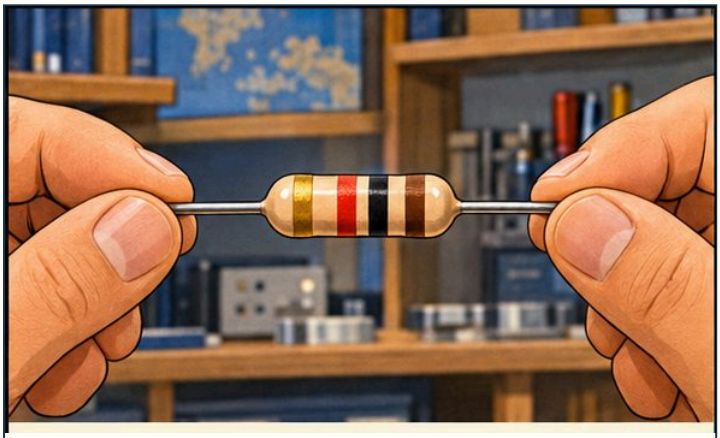
Ein Name, zwei Bedeutungen



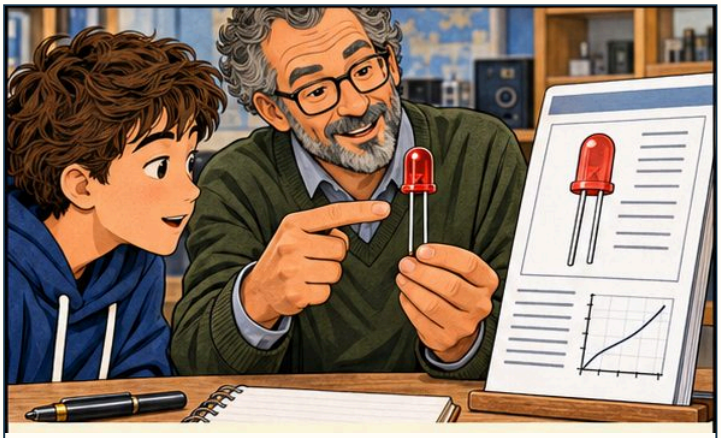
Widerstand bezeichnet das Bauteil und die elektrische Größe R.



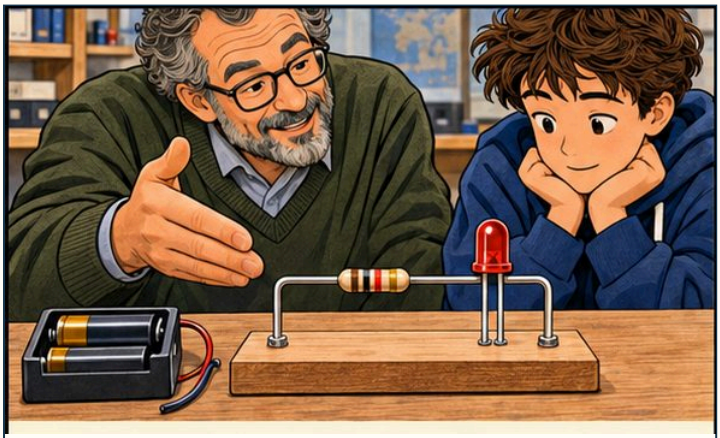
Diese Größe wird in Ohm mit dem Zeichen Ω angegeben.



Ein gewöhnlicher Widerstand hat keine vorgeschriebene Einbaurichtung.



Die LED dagegen besitzt eine zu beachtende Polarität.



Der Serienwiderstand hilft, den LED-Strom zu begrenzen.

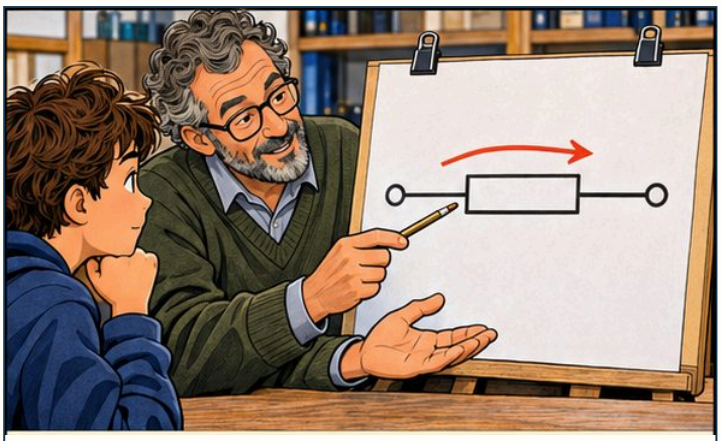


Lucas unterscheidet die Aufgaben der Teile vor der Fehlersuche.

Das Ohmsche Gesetz wiederfinden



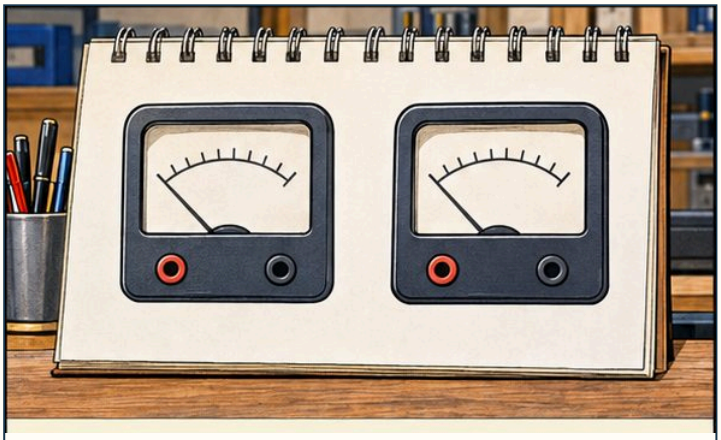
Für einen ohmschen Widerstand gilt bei gegebener Temperatur U = R × I.



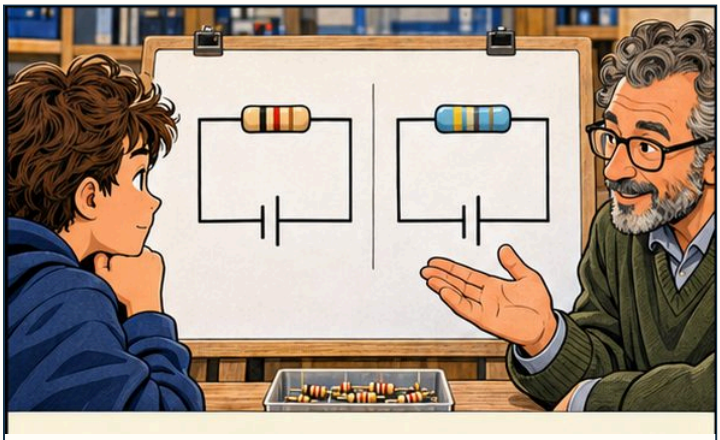
U ist seine Klemmenspannung; I ist der Strom durch ihn.



Auch gilt I = U / R und R = U / I.



Hier steht U in Volt und I in Ampere.



Bei gleicher Spannung verringert ein größeres R den Strom.

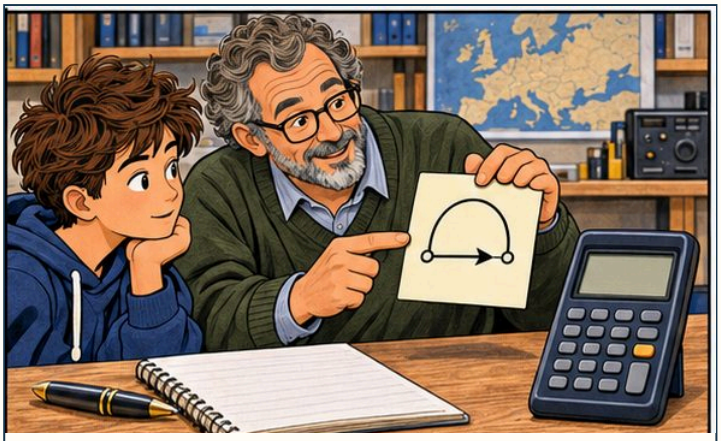


«Die LED ist kein ohmscher Widerstand», erinnert Henri.

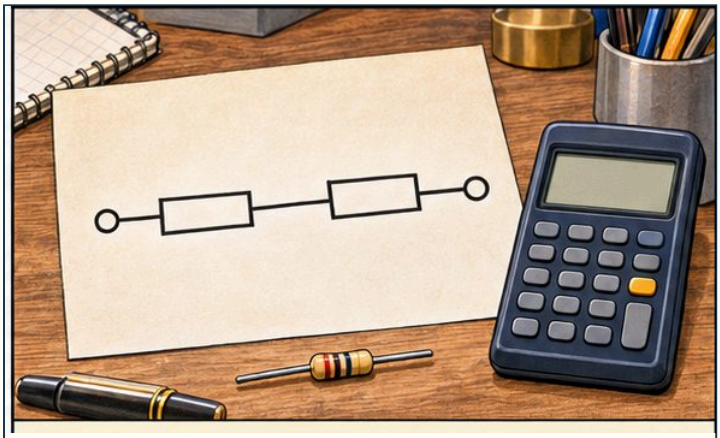
Einheiten vor Zahlen



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



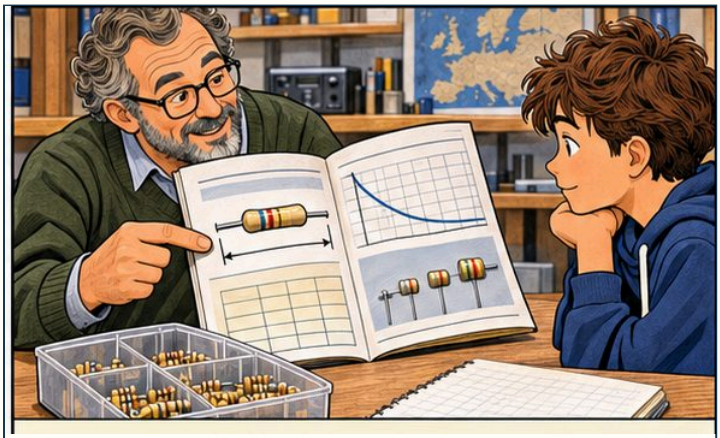
1 mA = 0,001 A: Lucas rechnet vor der Formel um.



Mit 5 V an 1 kΩ ergibt die Rechnung 5 mA.



Bei manchen Teilen bedeutet 4K7 4,7 kΩ und 2R2 2,2 Ω.



Die Kennzeichnung hängt vom Bauteil ab; maßgeblich bleibt seine Dokumentation.



Lucas umkreist Einheiten: ein vergessenes Präfix kann die Wahl verändern.

Vor dem Messen lesen



Der Widerstand des Panels trägt Farbringe.



Henri bringt eine Herstellertabelle und eine Lupe.



Zunächst bestimmen sie Anzahl und Abstand der Ringe.



Der Toleranzring ist häufig von den anderen abgesetzt.



Bei unklarer Richtung prüfen sie Typangabe und Messwert.



Eine schlecht beleuchtete Farbe genügt nicht für die Ersatzwahl.

Vier Ringe, vier Aufgaben



Beim üblichen Vierringcode liefern die ersten beiden zwei Ziffern.



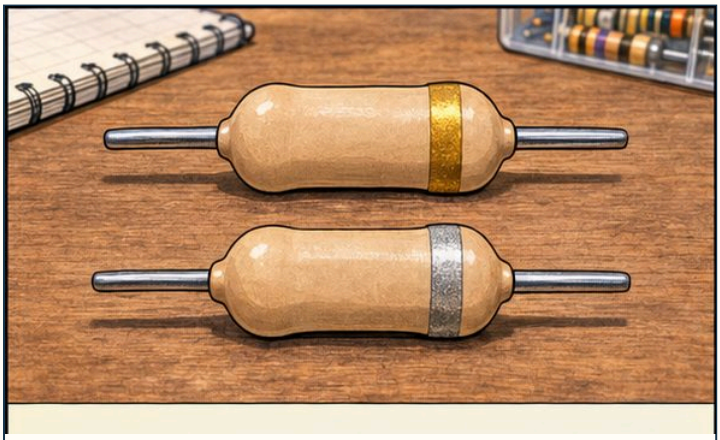
Der dritte Ring ist der Multiplikator.



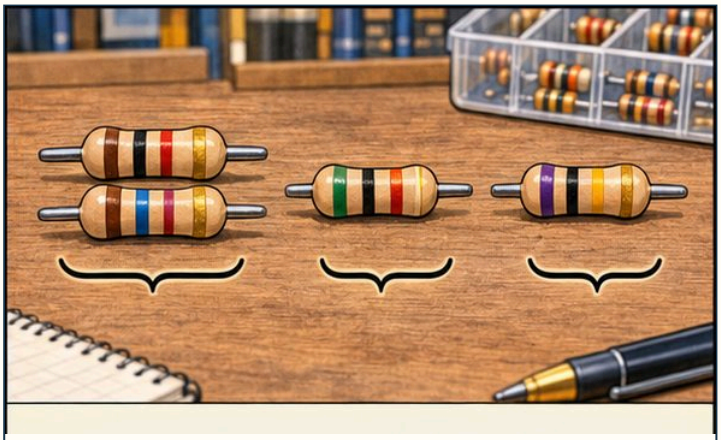
Der vierte nennt die Toleranz des Nennwerts.



Sie lesen vom Ende gegenüber dem Toleranzring.



Gold bedeutet hier ±5%; Silber bedeutet ±10%.



«Zwei Ziffern, ein Faktor, eine Reserve», fasst Lucas zusammen.

Die Ziffernpalette



Schwarz ist 0; Braun 1; Rot 2; Orange 3; Gelb 4.



Grün ist 5; Blau 6; Violett 7; Grau 8; Weiß 9.



Die Position bestimmt die Aufgabe einer Farbe im Code.



Als Multiplikator bedeutet Rot ×100 und Orange ×1 000.



Gold und Silber können auch mit 0,1 und 0,01 multiplizieren.



Lucas behält die Tabelle griffbereit: verstehen ist besser als raten.

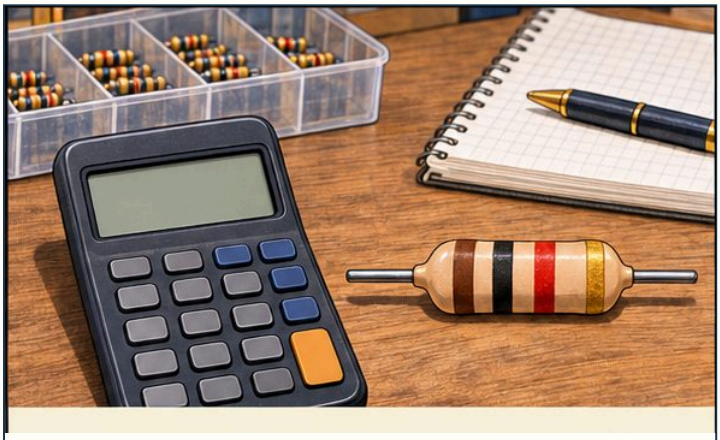
Das erste Entschlüsseln



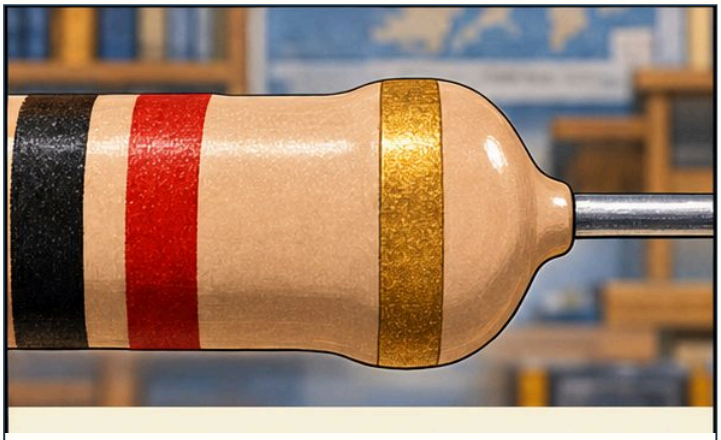
Ein Beispiel trägt Braun, Schwarz, Rot und Gold.



Braun und Schwarz ergeben 10; Rot multipliziert mit 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, also 1 kΩ.



Der Goldring ergänzt eine Toleranz von ±5%.



Der Nennwert verspricht daher keinen exakt gleichen Wert.

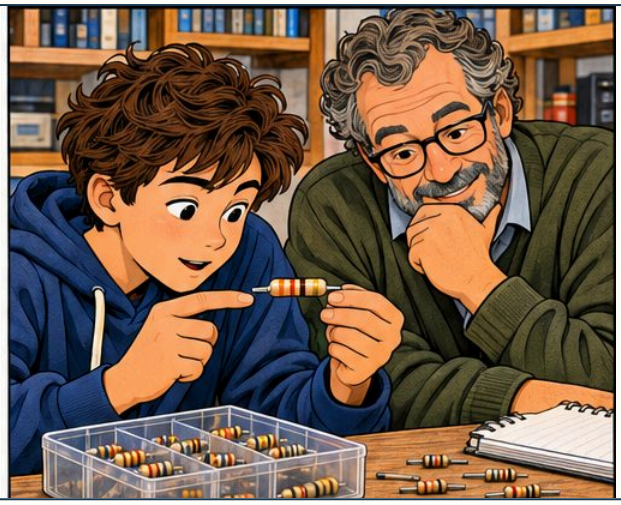


Lucas notiert Wert und Toleranz getrennt.

Das Teil für die Anzeige



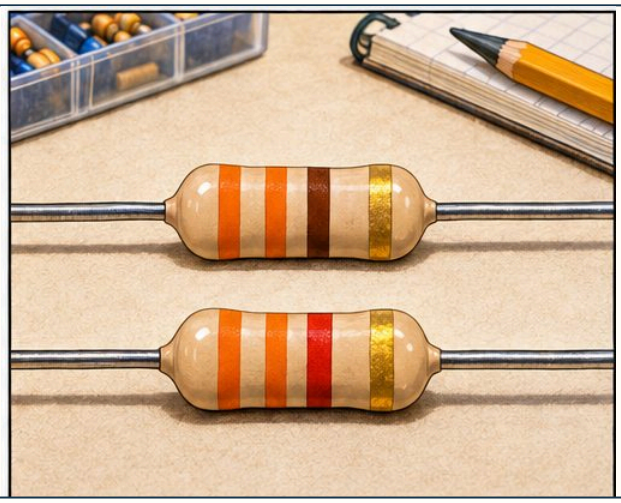
Die Panelunterlagen verlangen Orange, Orange, Braun und Gold.



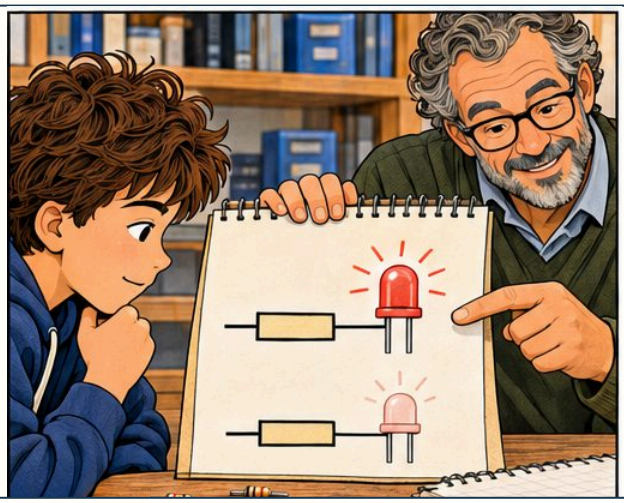
Die ersten beiden Ringe ergeben 33; Braun bedeutet ×10.



Das Ergebnis ist 330 Ω mit ±5% Toleranz.



Ein roter dritter Ring ergäbe 3 300 Ω, also 3,3 kΩ.



Diese Verwechslung würde den Anzeigenstrom deutlich verringern.



Henri bewahrt beide Beispiele für den Besucherworkshop auf.

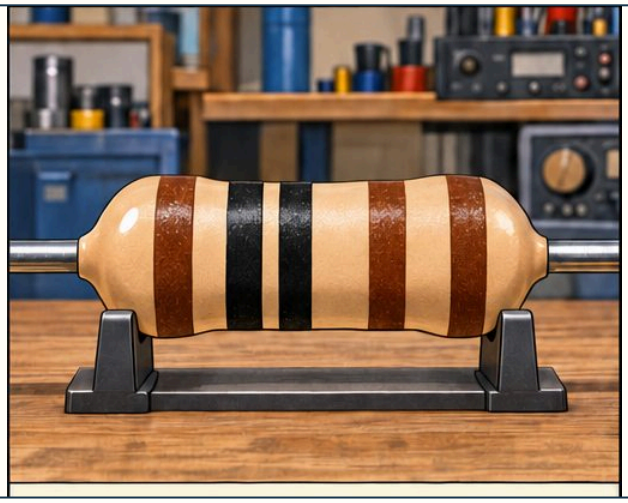
Ein Ring mehr



Der übliche Fünfringcode beginnt mit drei signifikanten Ziffern.



Der vierte multipliziert; der fünfte nennt die Toleranz.



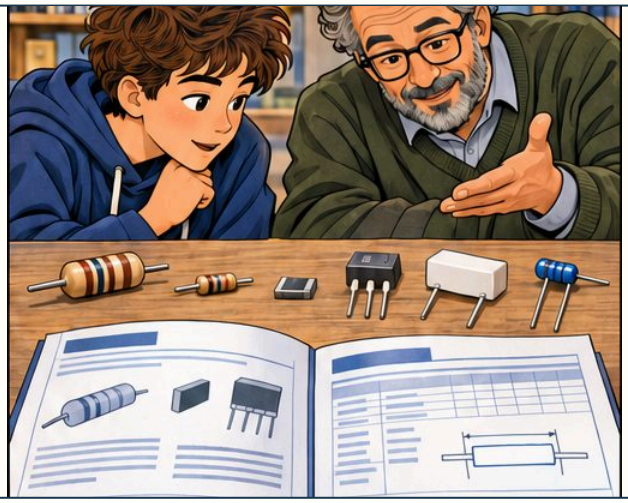
Braun, Schwarz, Schwarz, Braun, Braun ergibt 100 × 10 = 1 000 Ω.



Der letzte braune Ring bedeutet hier ±1%.

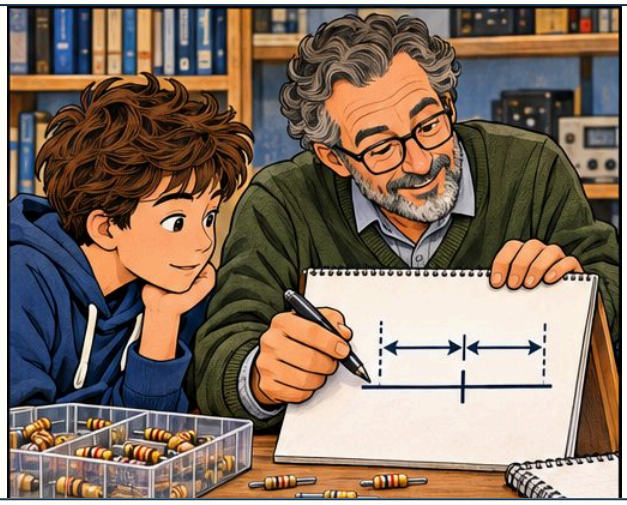


Sie lesen fünf Ringe deshalb nicht wie vier.



Weitere Kennzeichnungen existieren: Henri empfiehlt stets das passende Datenblatt.

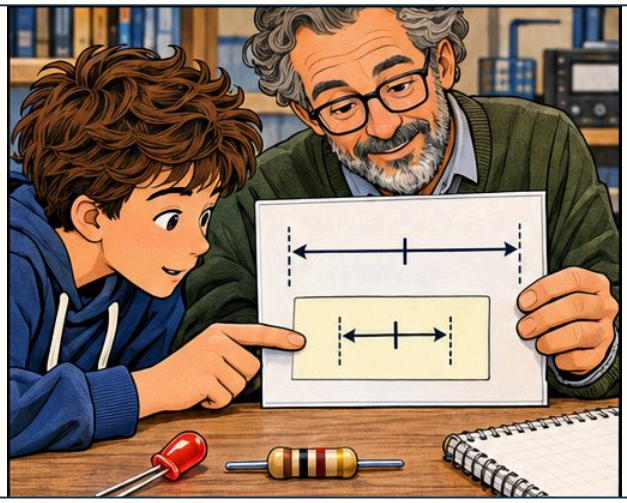
Toleranz verstehen



Bei 1 kΩ und ±5% beträgt die maximale Nennabweichung 50 Ω.



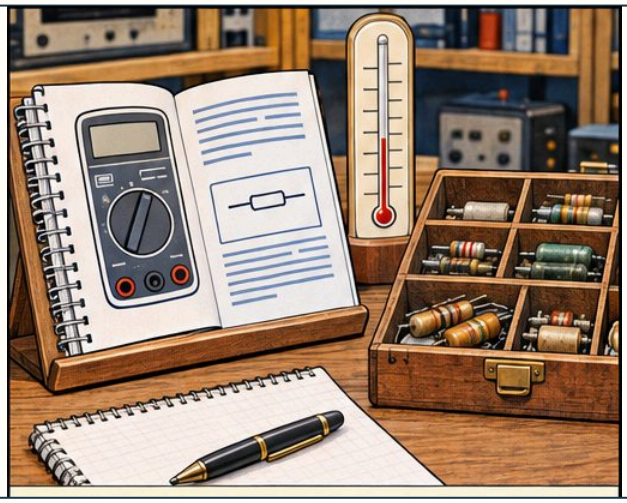
Das entsprechende Intervall reicht von 950 Ω bis 1 050 Ω.



Bei 330 Ω und ±5% reicht es von 313,5 Ω bis 346,5 Ω.



Diese Grenzen gelten unter den Referenzbedingungen des Herstellers.



Temperatur, Alterung und Messunsicherheit zählen ebenfalls.



Lucas versteht, warum zwei gute Teile verschiedene Messwerte liefern können.

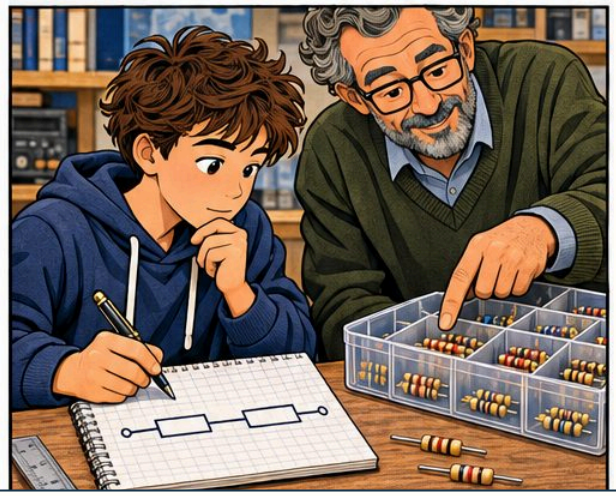
Einen verfügbaren Wert wählen



Hersteller bieten genormte Widerstandsreihen an.



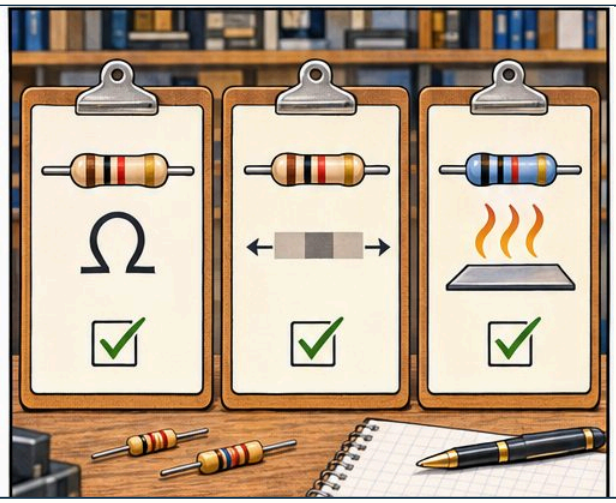
Die E12-Reihe enthält etwa 270 Ω, 330 Ω und 390 Ω.



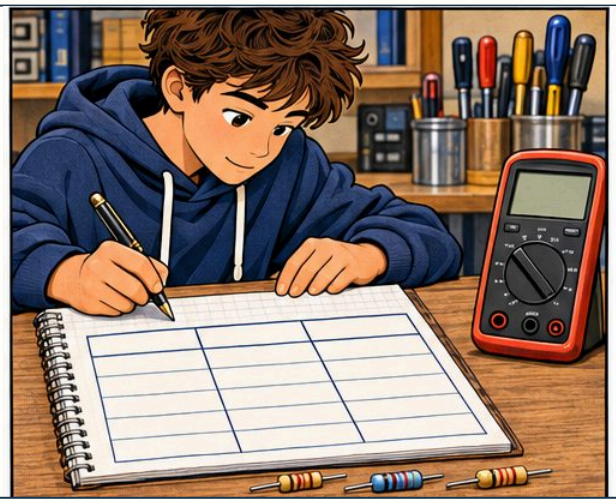
Ein Rechenergebnis entspricht nicht immer einem vorhandenen Teil.



Sie wählen nach gewünschter Funktion und rechnen erneut.



Wert, Toleranz und Leistung sind drei verschiedene Kriterien.

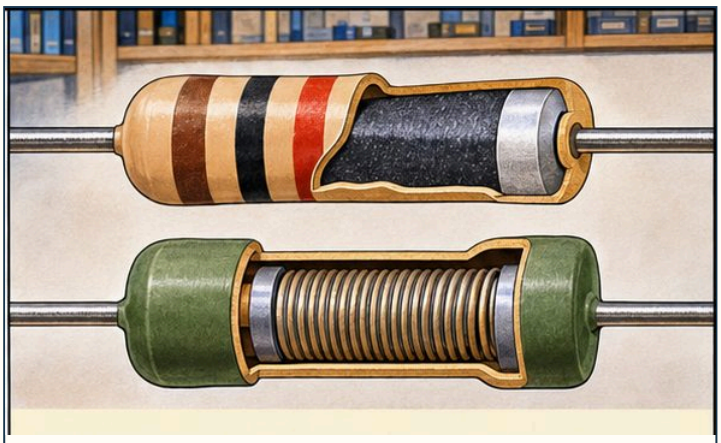


Lucas sieht für jedes einen Platz in der Stückliste vor.

Unter demselben Namen



Gleiche Widerstandswerte können unterschiedliche Bauformen haben.



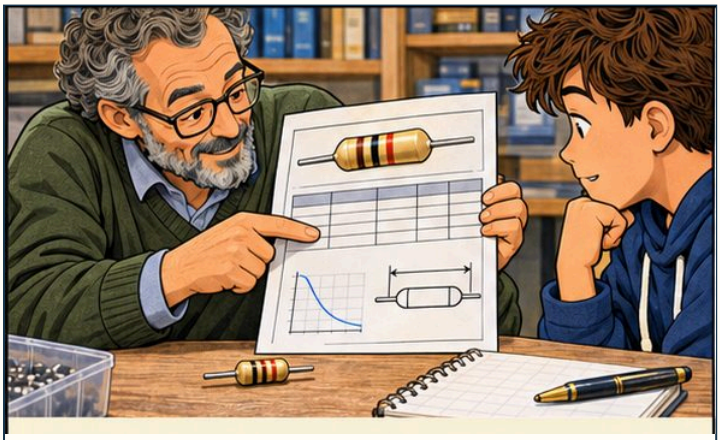
Henri zeigt Schichtwiderstände und einen Drahtwiderstand.



Kleine SMD-Widerstände sitzen unmittelbar auf der Leiterplatte.



Größe allein verrät weder Toleranz noch sämtliche Grenzen.

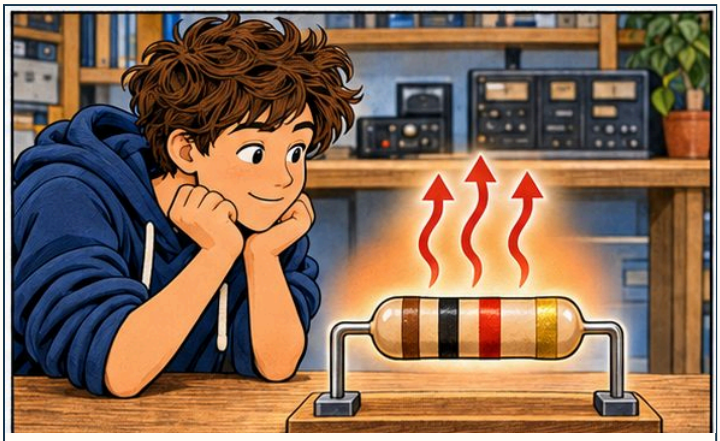


Das Datenblatt nennt Leistung, Höchstspannung und Einsatzbedingungen.

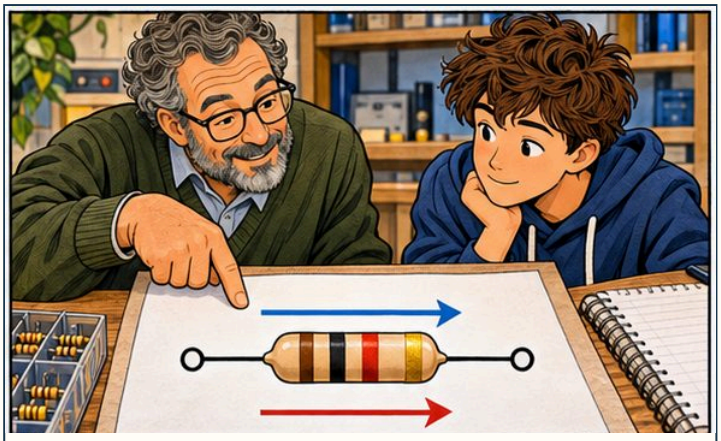


Für ihre Anzeige wählen sie ein identifiziertes, dokumentiertes Teil.

Wohin geht die Energie?



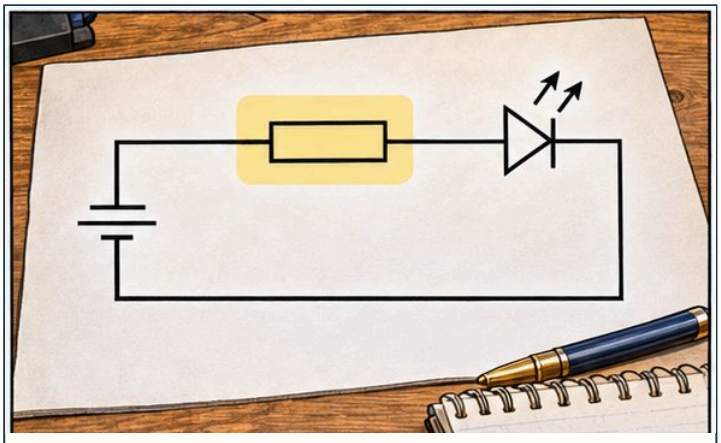
Ein Widerstand wandelt elektrische Energie in Wärme um.



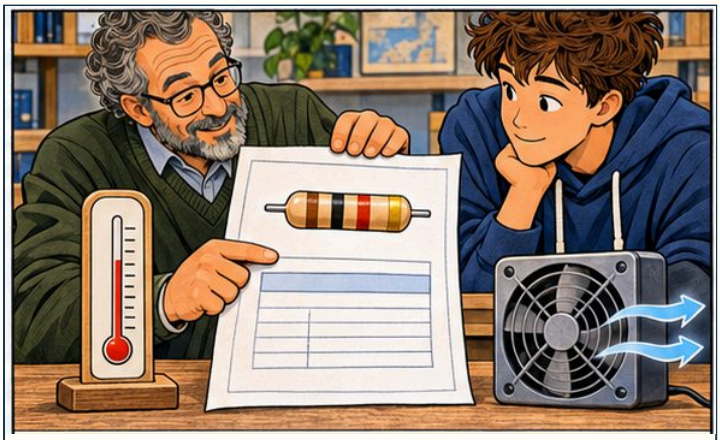
Seine Verlustleistung ist $P = U \times I$.



Mit dem Ohmschen Gesetz: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



Diese U und I gehören zum betrachteten Widerstand.

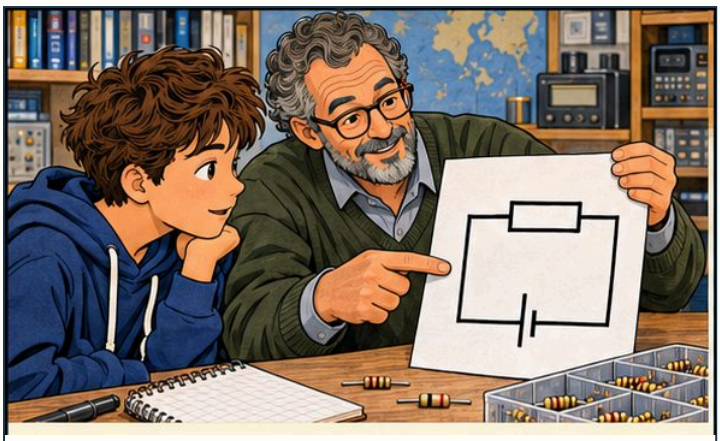


Die Nennleistung ist eine Grenze unter festgelegten Bedingungen.



«Mehr Watt bedeutet nicht mehr Ohm», folgert Lucas.

Ein wärmendes Beispiel



Auf Papier ergeben 12 V an 1 kΩ einen Strom von 12 mA.



Die Leistung ist 12² / 1 000 = 0,144 W.



Ein 0,25-W-Teil kann passen, wenn die Einsatzbedingungen es erlauben.



Sie behalten Reserve und prüfen auch die Umgebungstemperatur.

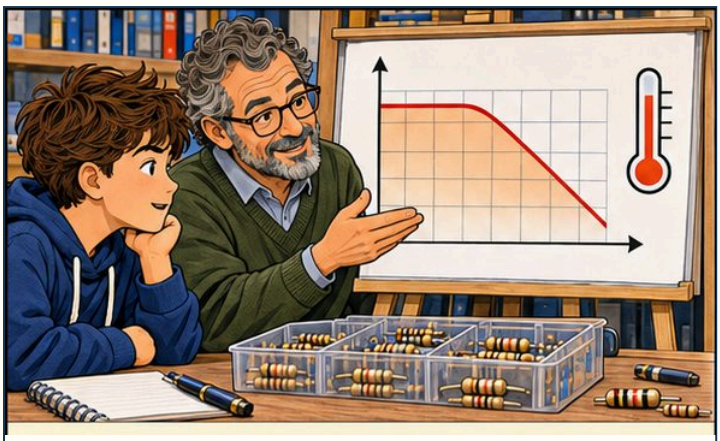


Ein geschlossenes Gehäuse oder benachbarte Wärme kann die Wahl ändern.



Zum Verstehen der Rechnung ist kein Erwärmungsversuch nötig.

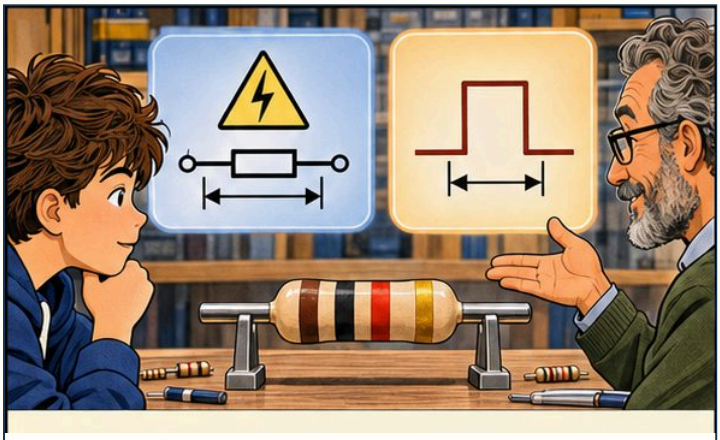
Eine Grenze ist kein Ziel



Die Deratingkurve kann die zulässige Leistung bei Wärme verringern.



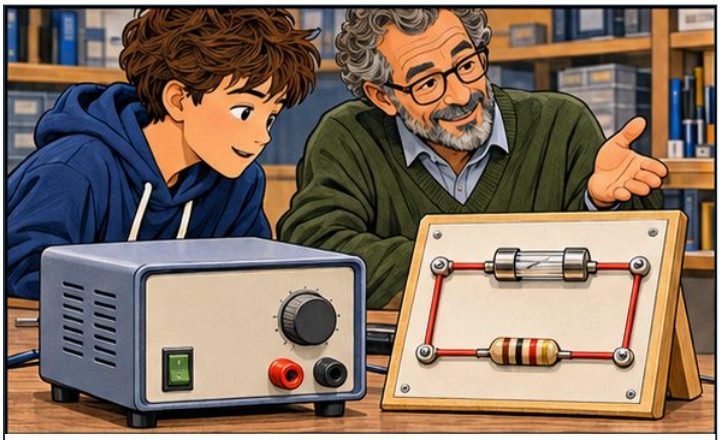
Henri zeigt die Kurve im Datenblatt ihres Modells.



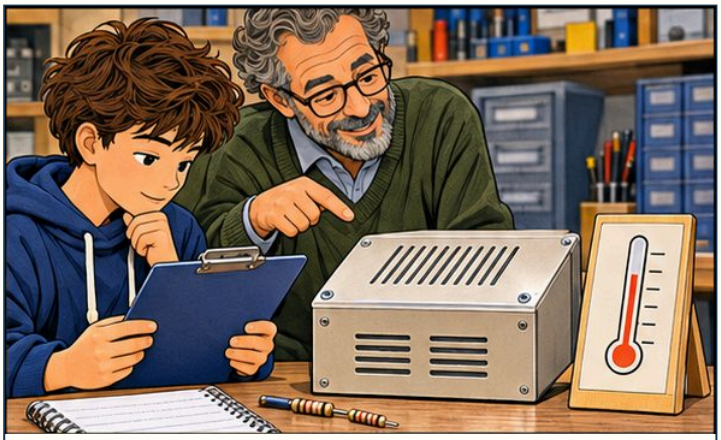
Sie prüfen außerdem Betriebsspannung und mögliche Impulse.



Ein leistungsabgebender Widerstand ersetzt keine Sicherung.

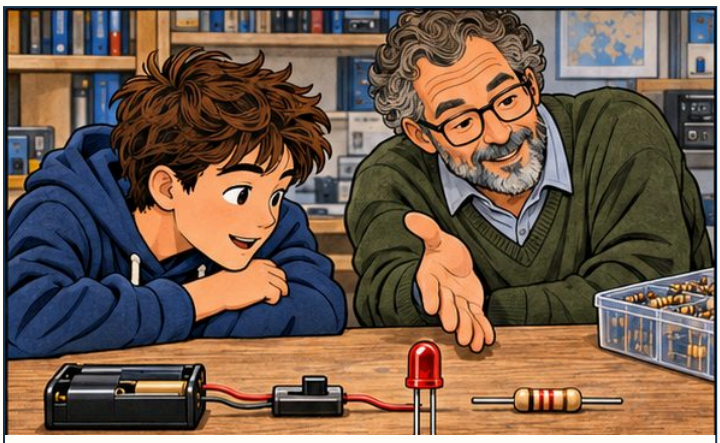


Ihr Panel behält den vom Entwickler vorgesehenen Schutz.

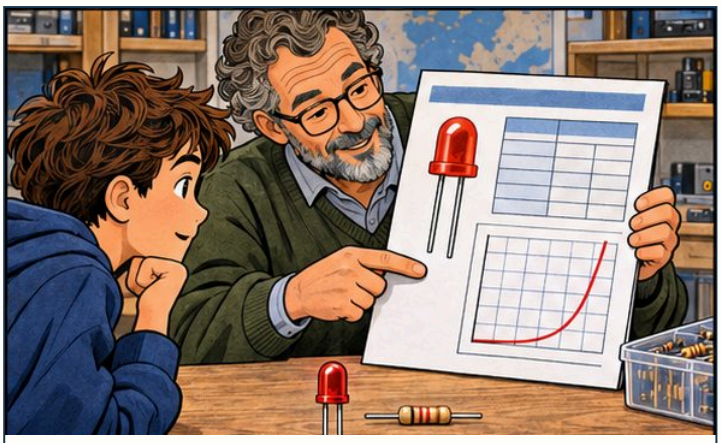


Lucas wählt mit Reserve und kontrolliert danach die wirklichen Bedingungen.

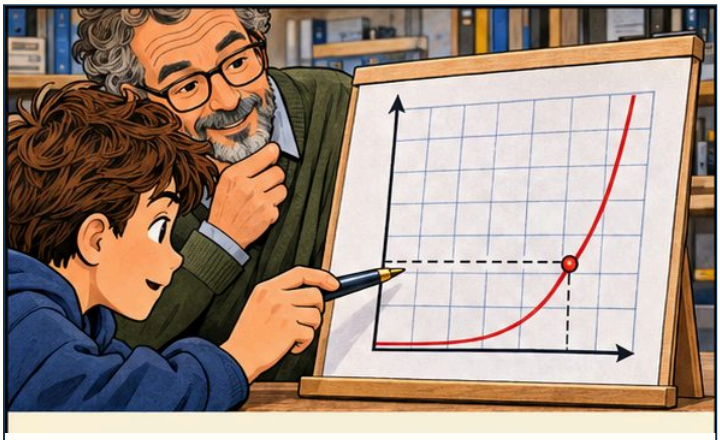
Die Anzeigenrechnung vorbereiten



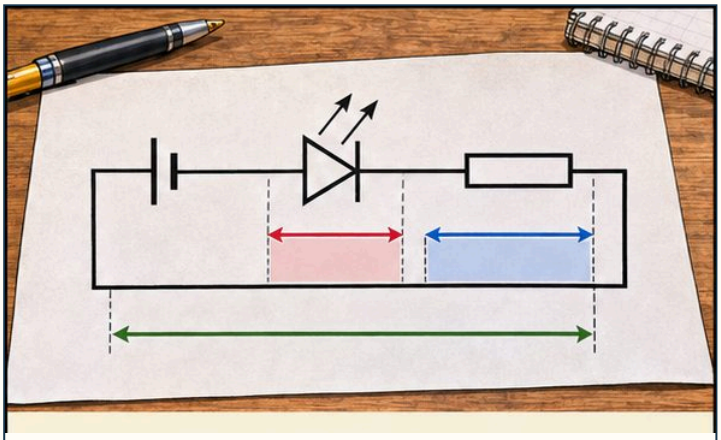
Ihr Beispiel nutzt eine Versorgung mit 5 V und eine rote LED.



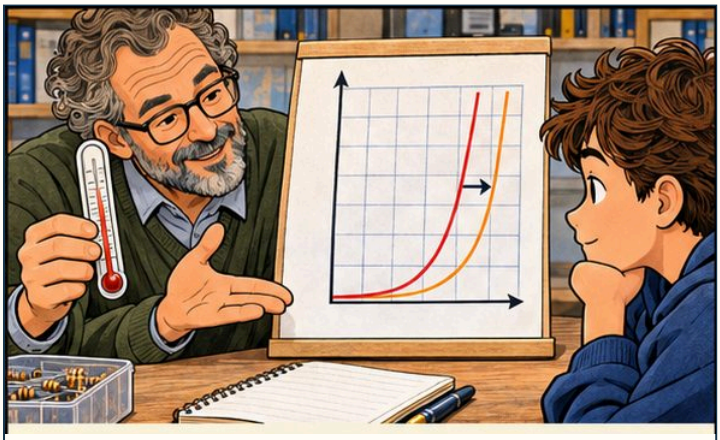
Das LED-Datenblatt erlaubt etwa 2 V beim betrachteten Strom.



Sie zielen auf 10 mA innerhalb der Modellgrenzen.



Am Serienwiderstand liegen dann ungefähr 5 − 2 = 3 V.

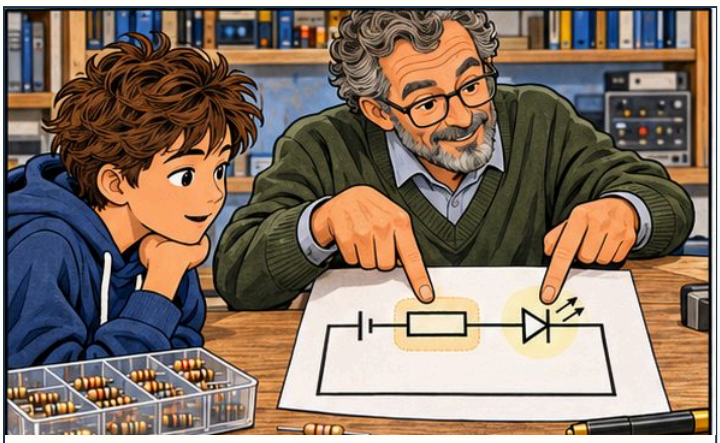


Die LED-Durchlassspannung hängt von Strom und Temperatur ab.

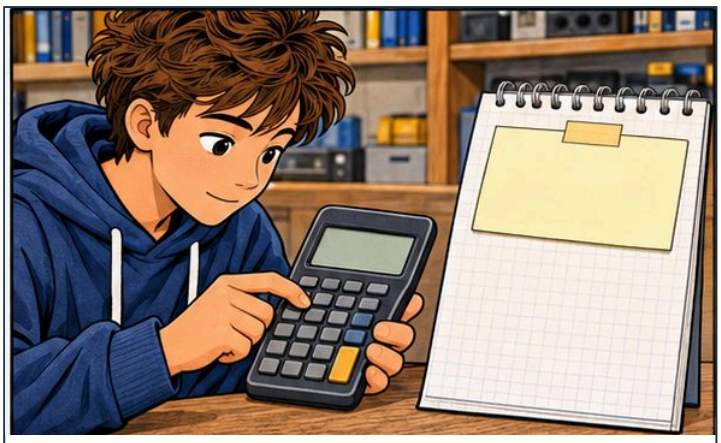


Diese Rechenannahmen gelten nicht für jede LED.

Der theoretische Wert



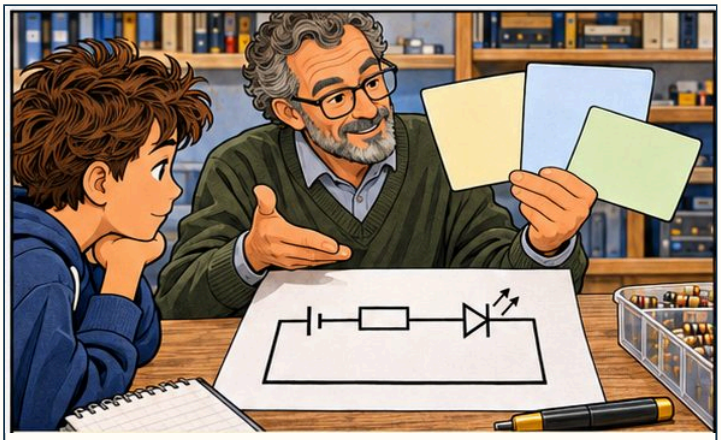
Für den Serienwiderstand gilt R = (UVersorgung – ULED) / I.



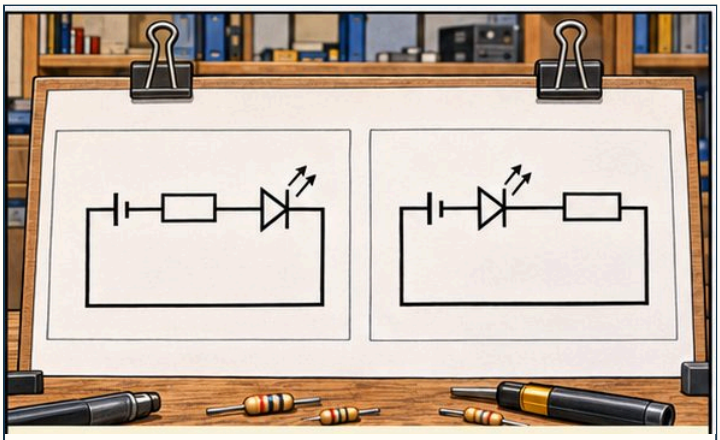
Lucas rechnet um: 10 mA = 0,010 A.



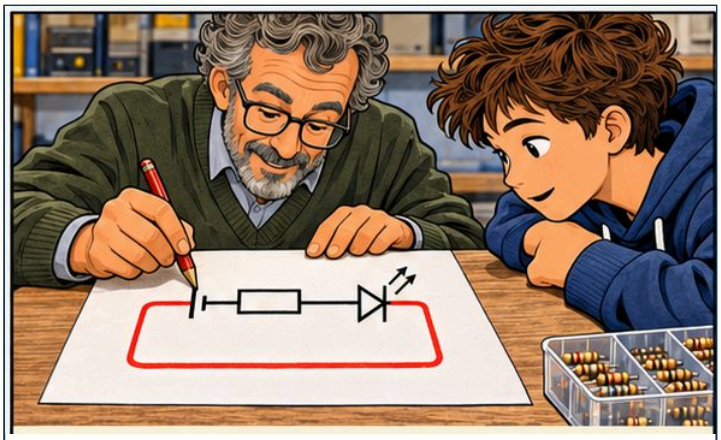
Er berechnet R = (5 – 2) / 0,010 = 300 Ω.



Das setzt die Beispielspannungen und den Zielstrom voraus.



Der Widerstand darf in derselben Serienschleife vor oder hinter der LED liegen.

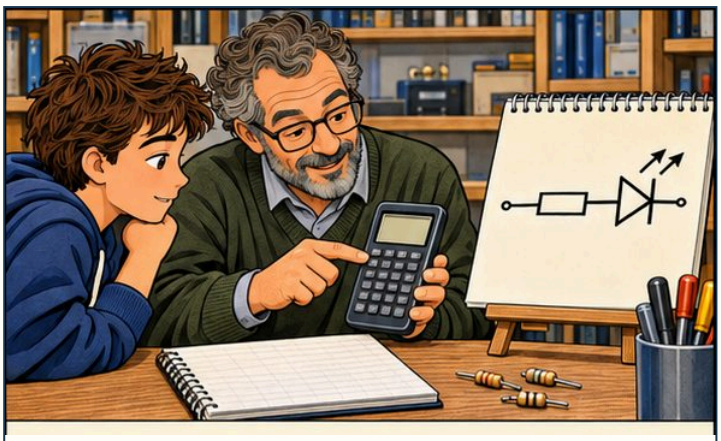


Henri prüft besonders, ob kein Pfad den Widerstand umgeht.

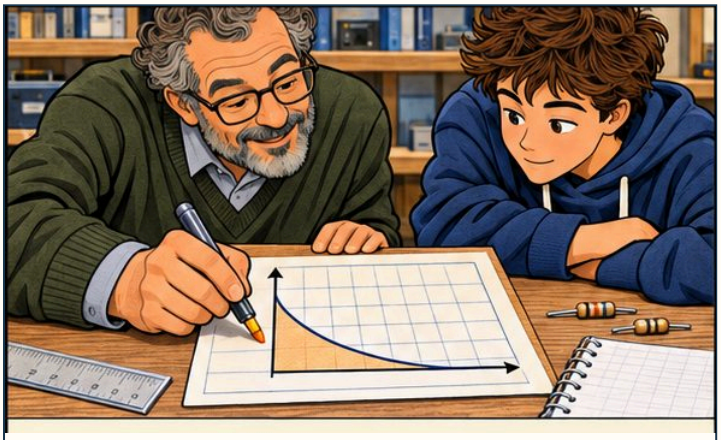
Von der Rechnung zur Schublade



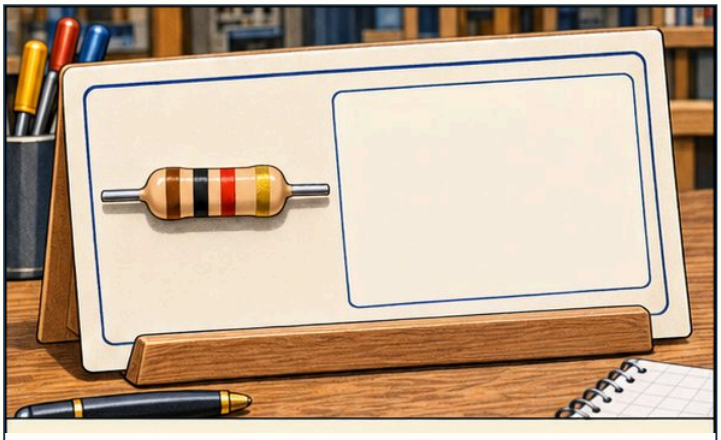
Aus ihrem Vorrat wählen sie 330 Ω statt 270 Ω.



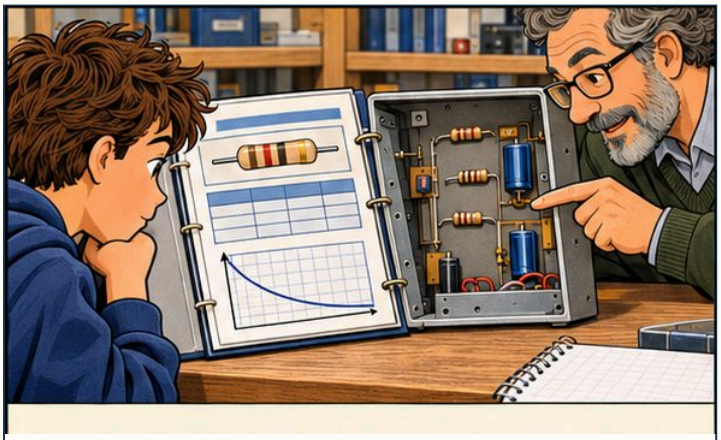
Bei gleichen Annahmen gilt I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



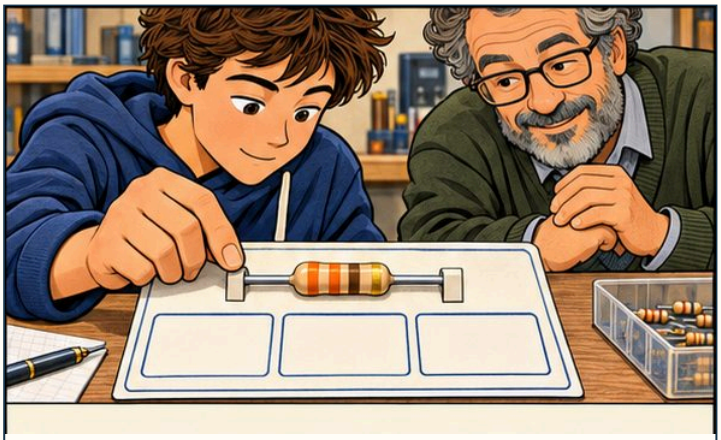
Die Widerstandsleistung ist ungefähr 3² / 330 ≈ 0,027 W.



Ein bekanntes 0,25-W-Teil bietet hier eine komfortable Wärmereserve.

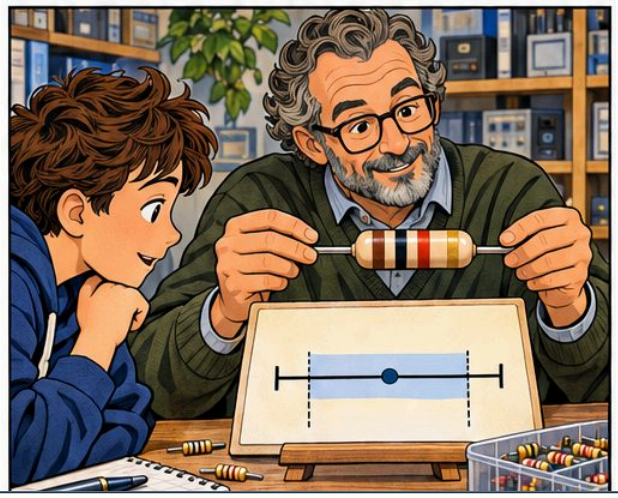


Trotzdem prüfen sie Datenblatt und vorgesehene Panelbedingungen.

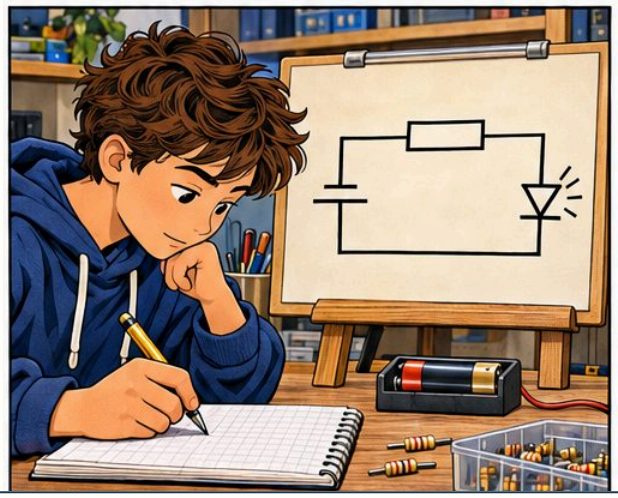


Lucas notiert: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; alle drei Kriterien stehen fest.

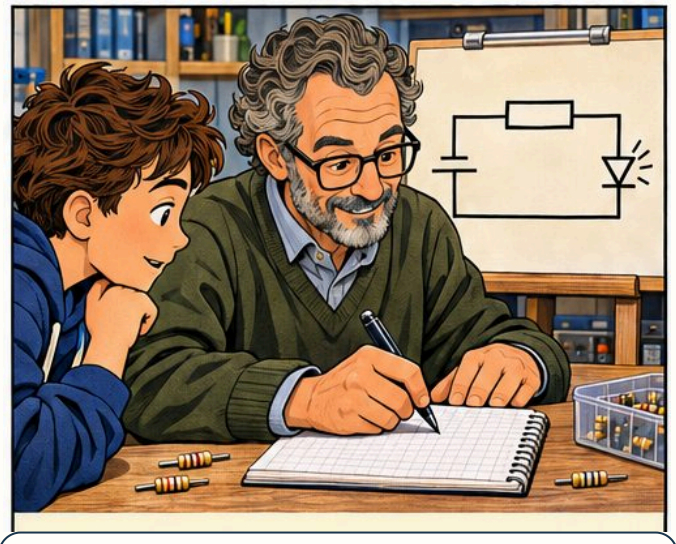
Abweichungen berücksichtigen



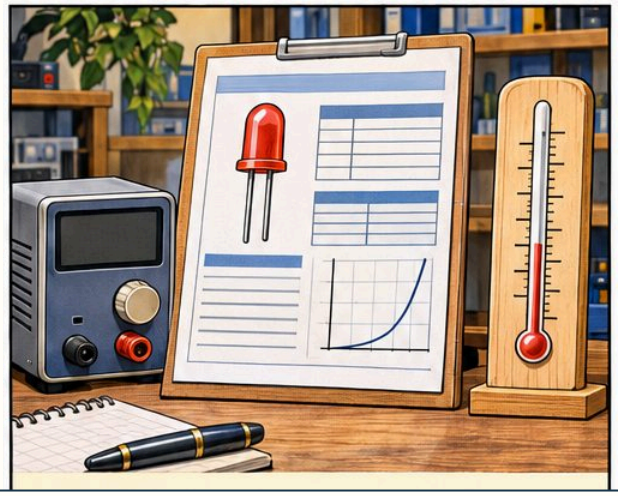
Schon die Toleranz von R verändert den berechneten Strom.



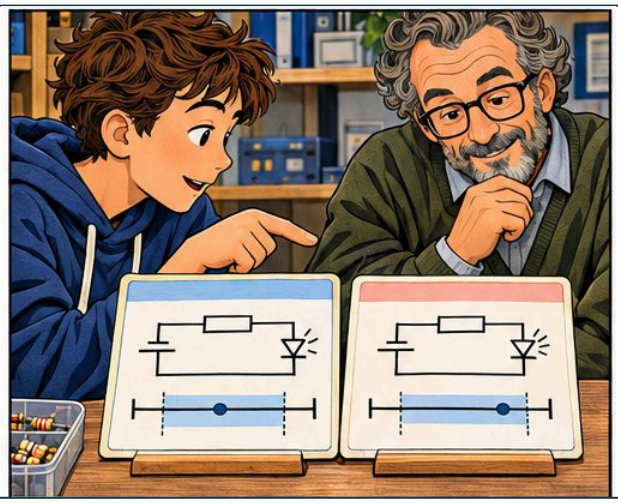
Bei 3 V am Widerstand ergeben 313,5 Ω etwa 9,57 mA.



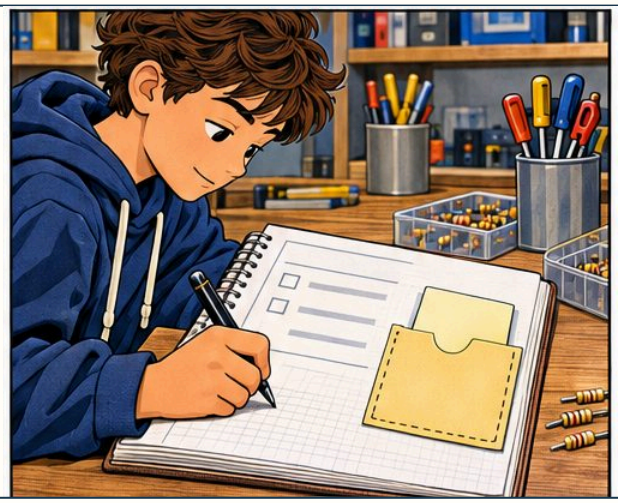
Mit 346,5 Ω erhält man etwa 8,66 mA.



Versorgung und LED-Spannung schwanken ebenfalls.



Bei echter Hardware prüfen sie ungünstigste Fälle anhand der Datenblätter.



«Eine nützliche Näherung behält ihre Annahmen», merkt sich Lucas.

Der richtige Moment fürs Ohmmeter



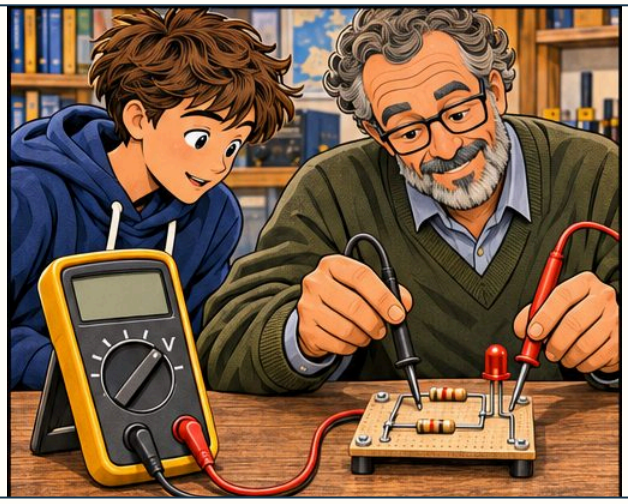
Ein Ohmmeter speist ein kleines Signal zur Widerstandsbestimmung ein.



Es darf nicht an einer versorgten Schaltung benutzt werden.



Henri schaltet aus, trennt und befolgt die Entladeanweisung.



Dann prüft er Spannungsfreiheit mit passender Einstellung.



Erst danach wechseln sie zur Widerstandsmessung.



Lucas übernimmt diese genaue Reihenfolge in sein Diagnoseblatt.

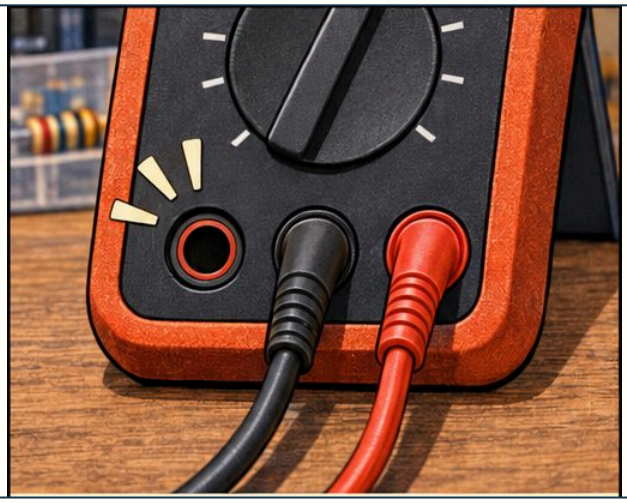
Die Messspitzen vorbereiten



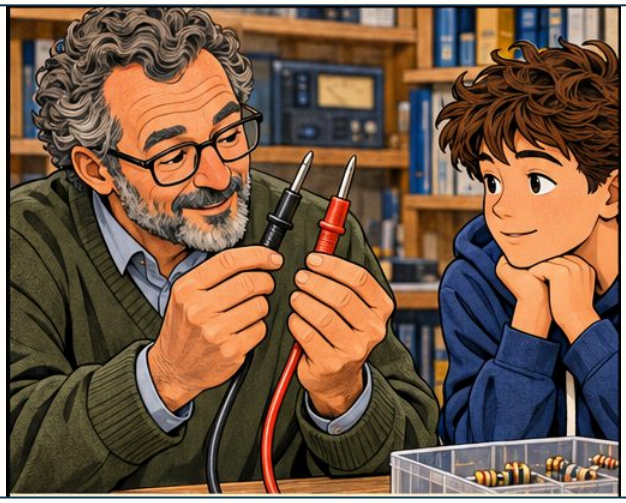
Für Buchsen und Bereich folgen sie der Multimeteranleitung.



Schwarz kommt an COM, Rot an den vorgesehenen Ohmeingang.



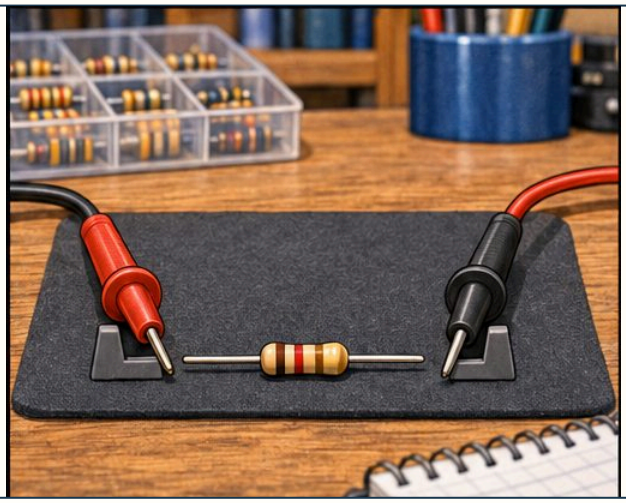
Der Stromeingang wird für diese Messung nicht benutzt.



Sie kontrollieren Leitungen und Kontakt der Messspitzen.

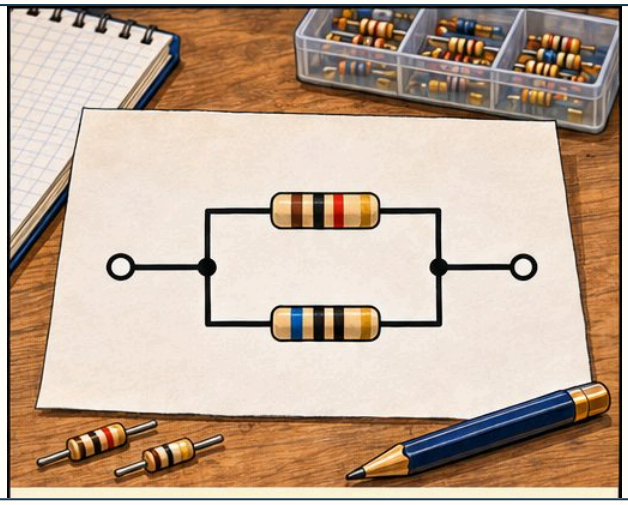


Finger und schlechte Kontakte verfälschen besonders hohe Widerstandsmessungen.

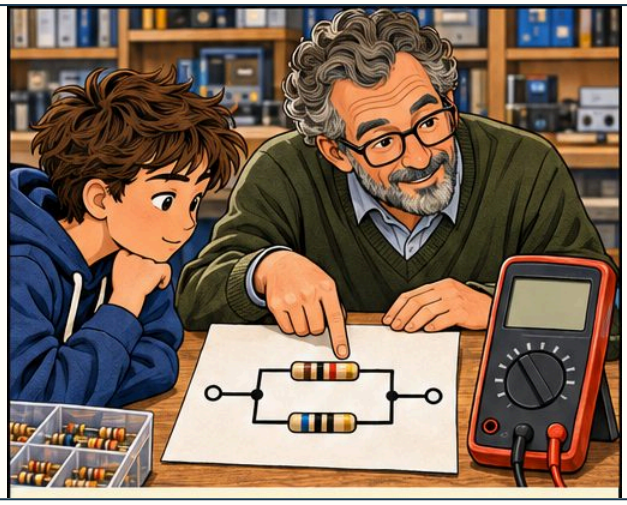


Lucas legt das Teil isoliert ab und hält die Hände fern.

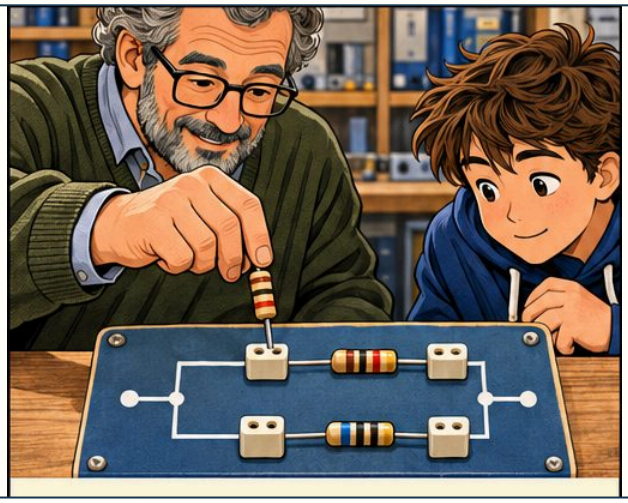
Verborgene Pfade vermeiden



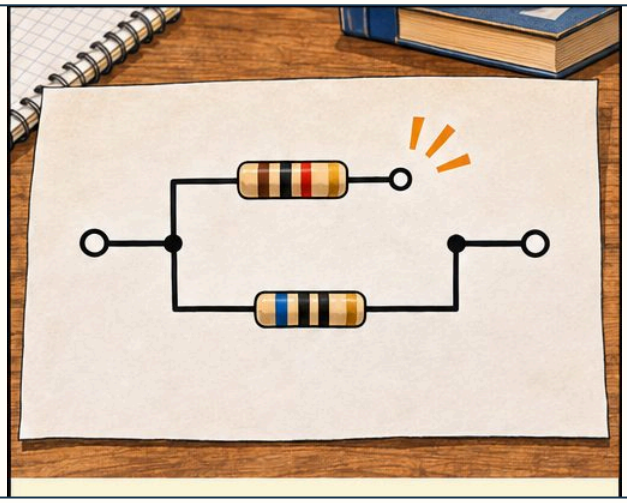
Andere Bauteile können parallele Strompfade bilden.



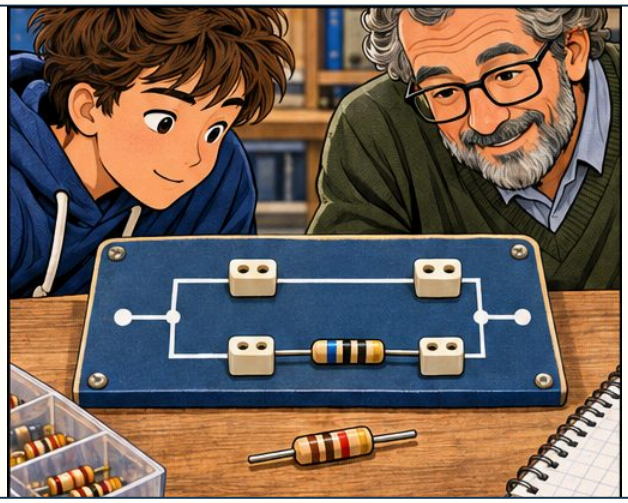
Der Messwert entspricht dann nicht unbedingt dem einzelnen Widerstand.



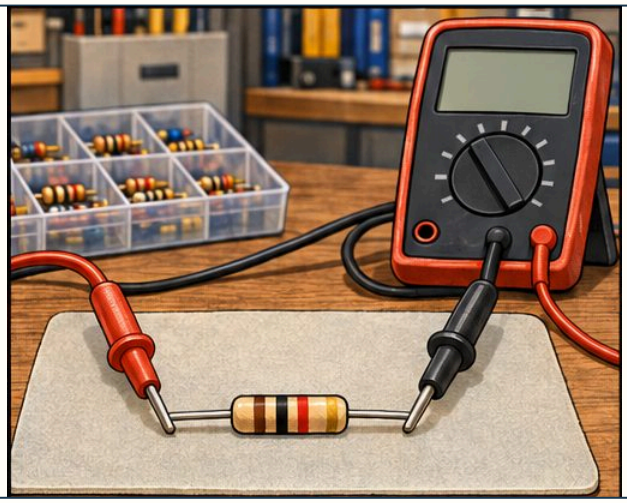
Auf ihrem spannungsfreien Steckpanel nehmen sie das Teil aus der Fassung.



Bei anderen Schaltungen muss eventuell ein Anschluss isoliert werden.



Hier löten sie nichts aus: die Fassung ermöglicht die Trennung.

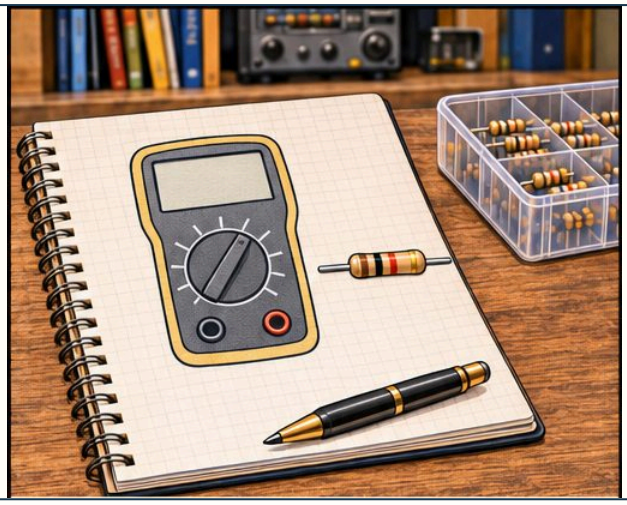


Der entnommene Widerstand lässt sich jetzt allein messen.

Ablesen ohne Überinterpretation



Sie üben zuerst mit einem bekannten Widerstand von 1 kΩ bei ±5%.



Das Heft zeigt einen möglichen Messwert: 0,998 kΩ, also 998 Ω.



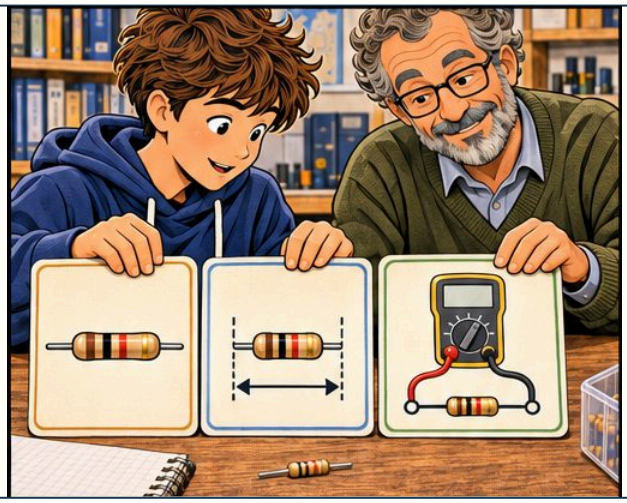
Er liegt im Nennintervall von 950 Ω bis 1 050 Ω.



Messgenauigkeit und Kontaktqualität begrenzen die Aussage.



Der Durchgangspiepser ersetzt keinen Zahlenwert der Widerstandsmessung.

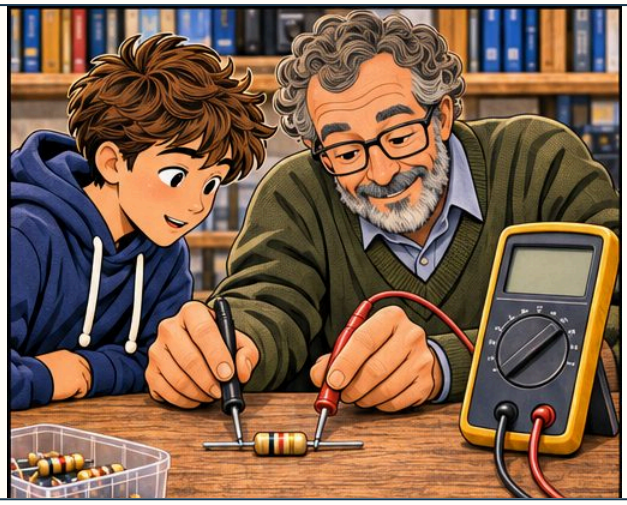


Lucas vergleicht Einheit, erwarteten Bereich und Messbedingungen.

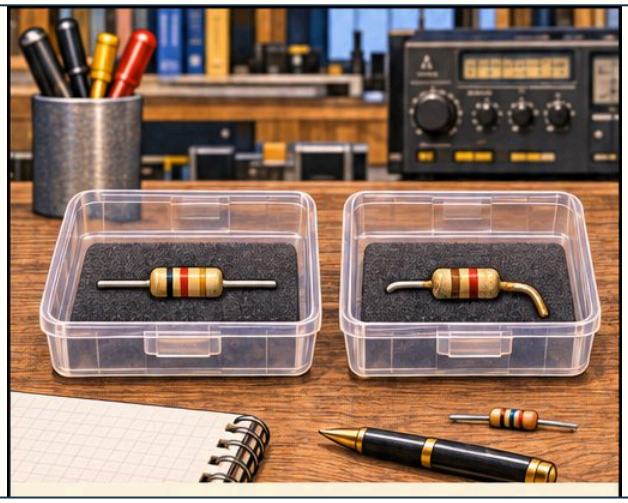
Ein Hinweis, noch kein Urteil



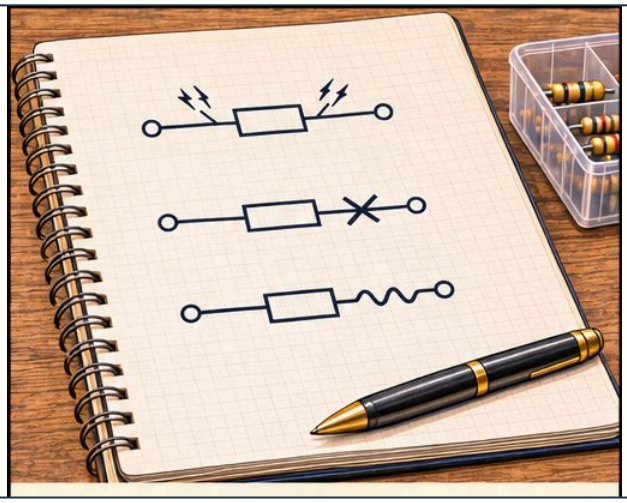
Das entnommene Anzeigenteil hat einen beschädigten Anschlusskontakt.



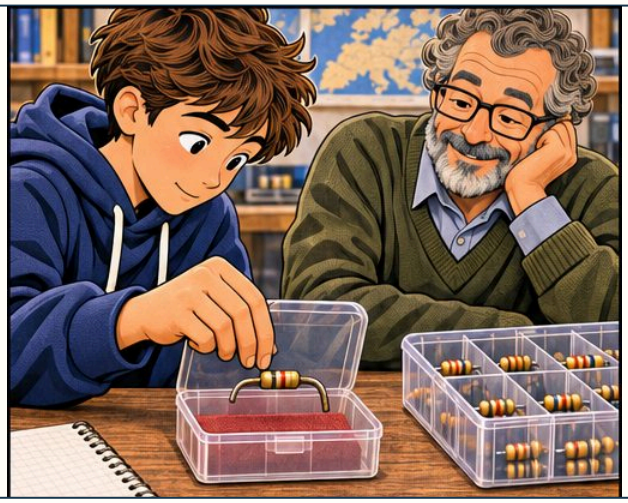
Der Wert bleibt instabil; Henri erneuert die Messkontakte.



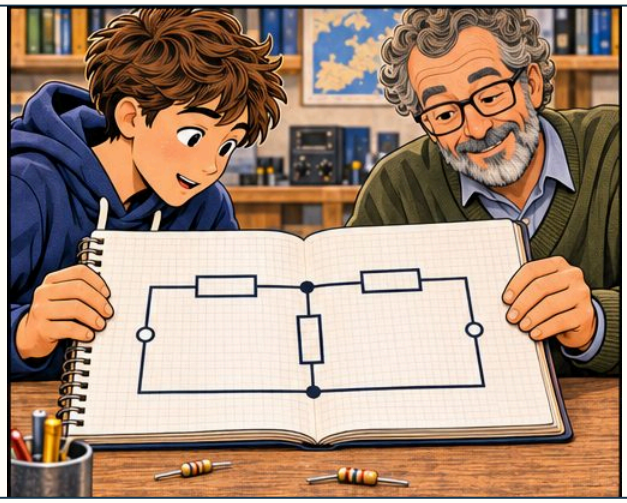
Sie vergleichen das Verhalten mit dem bekannten Teil.



Ein Wert außerhalb des Bereichs kann an Teil, Leitungen oder Kontakt liegen.



Sie legen das verdächtige Teil weg, ohne den ganzen Fehler für erklärt zu halten.



Der Plan muss noch das Zusammenwirken der Widerstände erklären.

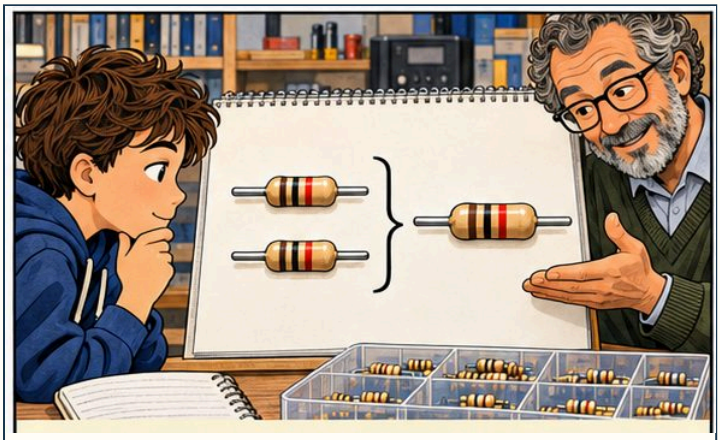
Auf einem einzigen Weg



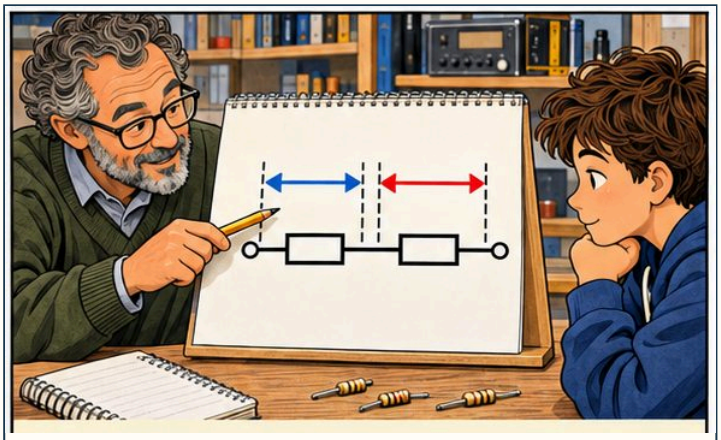
Zwei Widerstände liegen in Reihe, wenn derselbe Strom ohne Abzweig beide durchfließt.



Ihr Ersatzwiderstand ist R = R1 + R2.



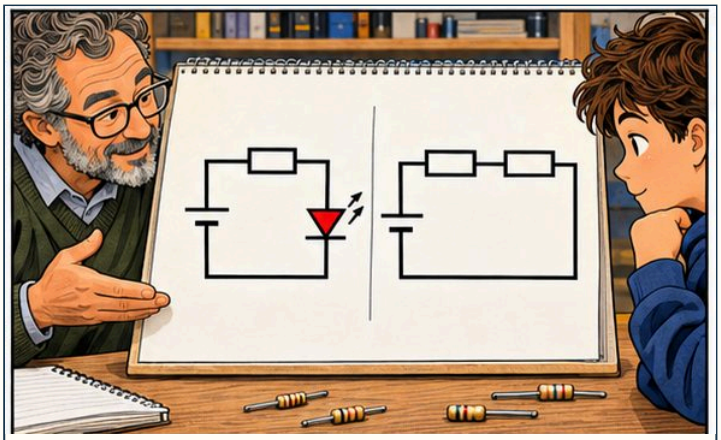
Zwei Widerstände mit 1 kΩ in Reihe ergeben 2 kΩ.



Die Gesamtspannung verteilt sich entsprechend ihren Werten.

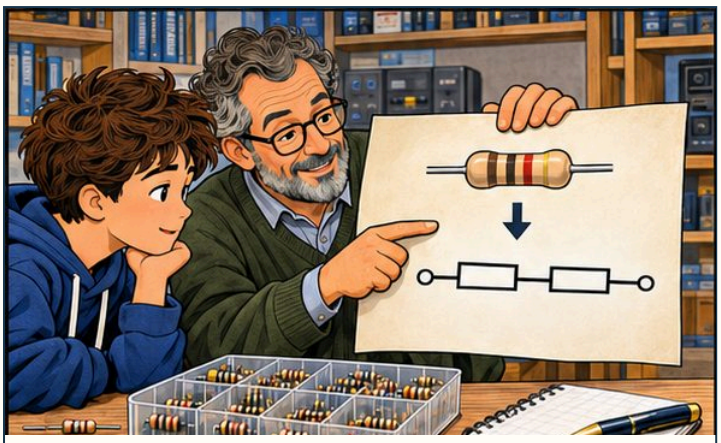


Jedes Teil muss seine eigene Spannung und Leistung vertragen.

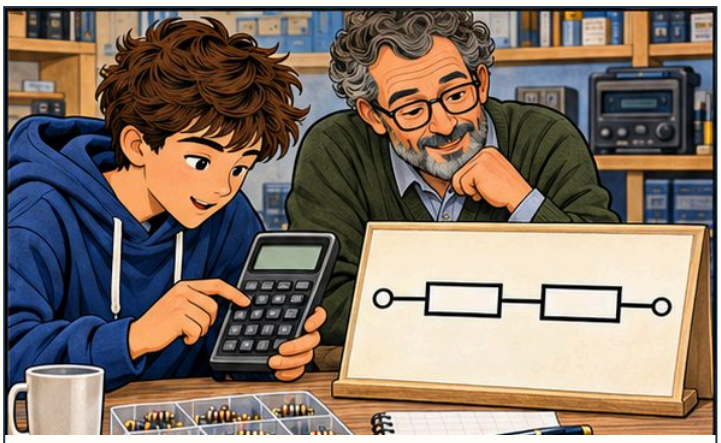


Lucas zeichnet einen Pfad und erkennt den LED-Serienwiderstand wieder.

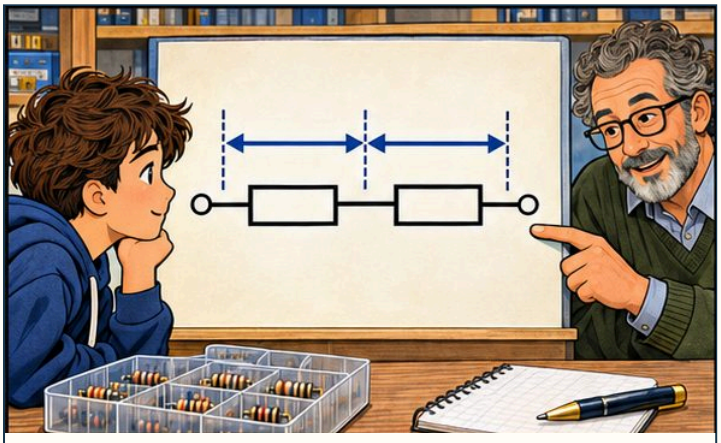
In Reihe teilen



Auf Papier versorgen 5 V zwei gleiche Widerstände mit 1 kΩ in Reihe.



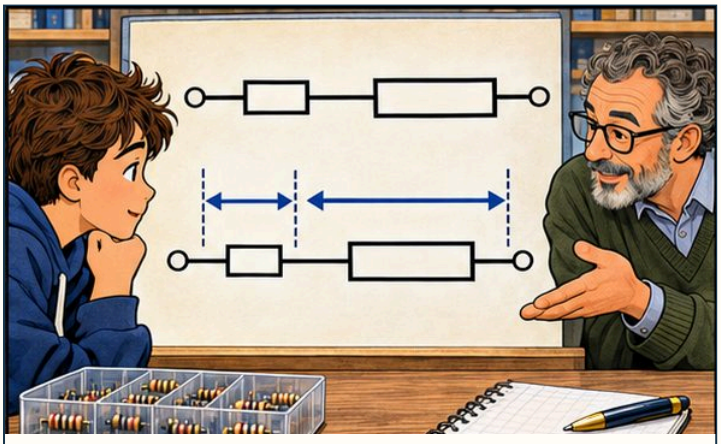
Der Strom ist 5 / 2 000 = 0,0025 A, also 2,5 mA.



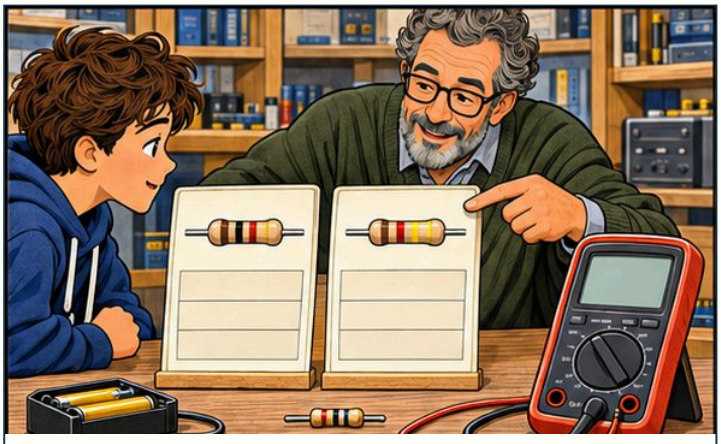
Jeder Widerstand erhält im idealen Modell 2,5 V.



Jeder setzt 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W um.

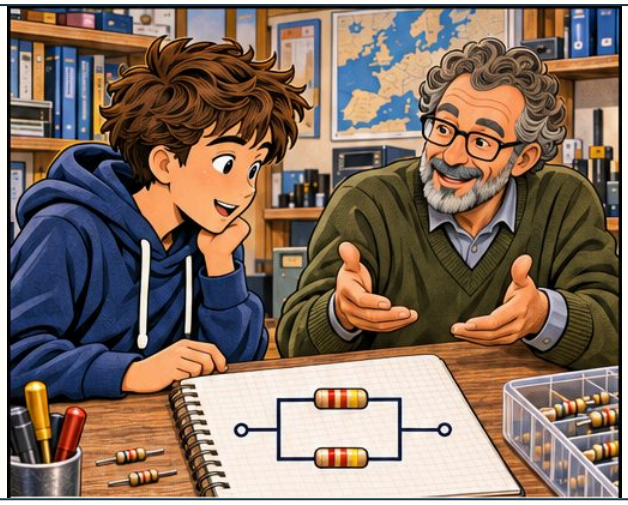


Andere Werte würden Spannung und Leistung anders verteilen.

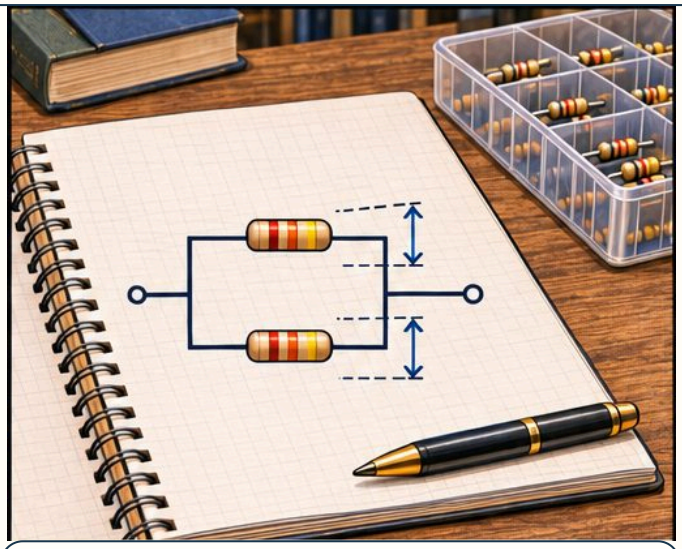


Henri betont: die Wattangaben der Gehäuse zusammenzuzählen genügt nicht.

Zwei Wege zwischen zwei Knoten



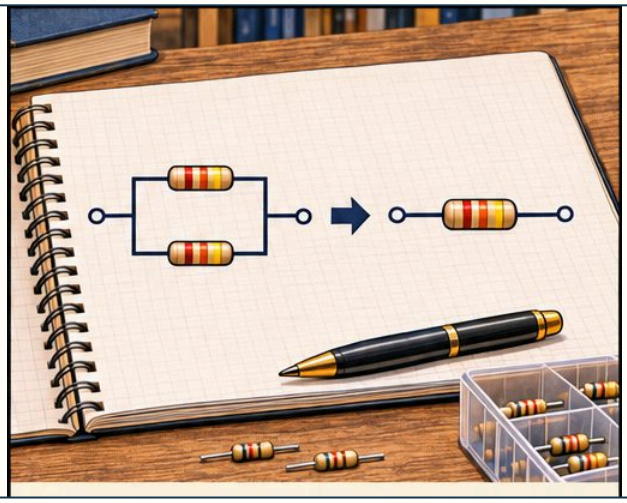
Parallele Widerstände sind an dieselben zwei Knoten angeschlossen.



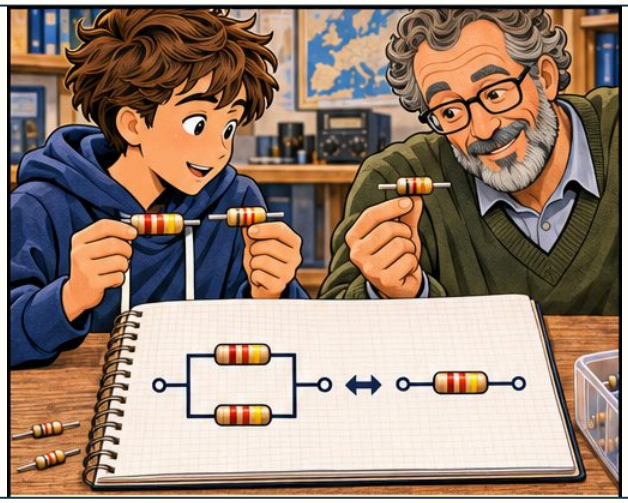
Deshalb liegt an ihnen dieselbe Spannung.



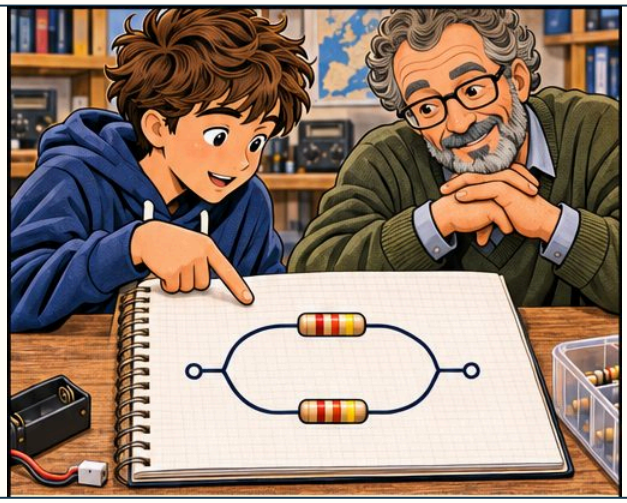
Für zwei Zweige: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Zwei Widerstände mit 1 kΩ parallel ergeben 500 Ω.

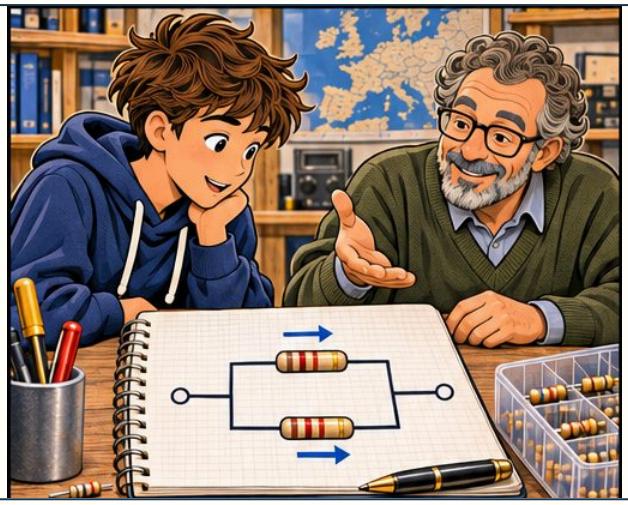


Der Ersatzwert liegt unter dem kleinsten positiven Zweigwiderstand.

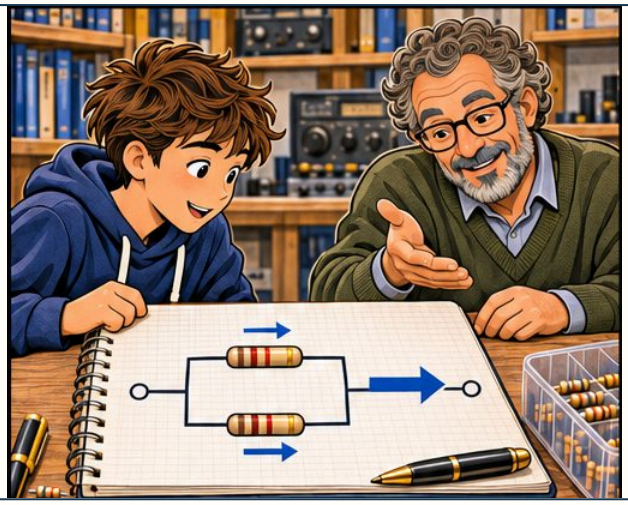


Lucas prüft Knoten; die Position im Bild genügt nicht.

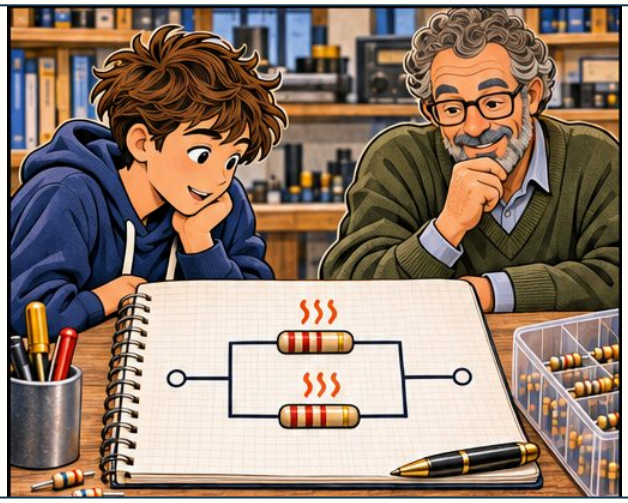
Der Strom in den Zweigen



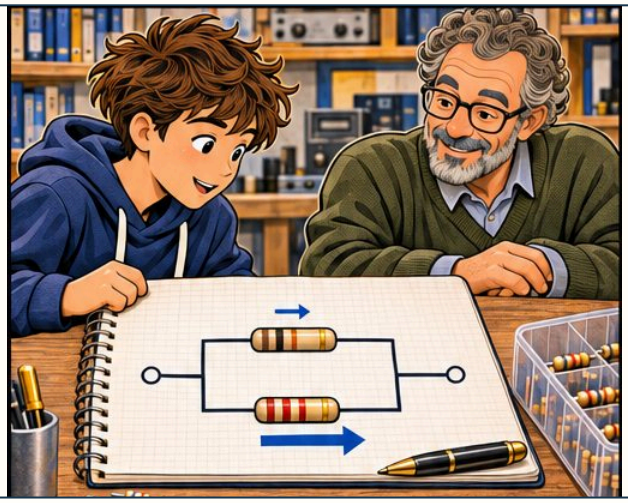
Bei 5 V an jedem Widerstand von 1 kΩ zieht jeder Zweig 5 mA.



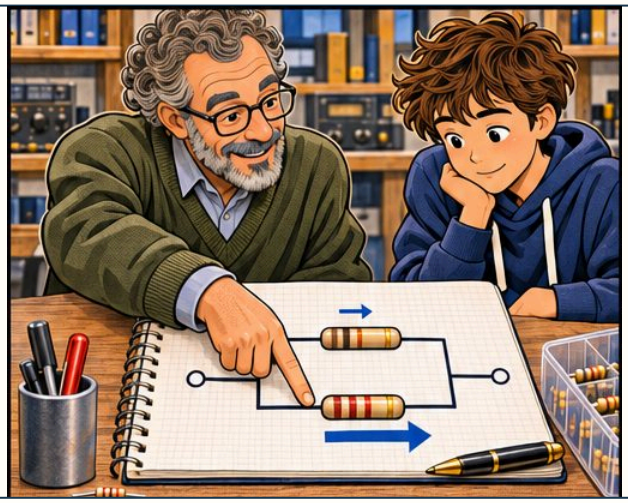
Die Quelle liefert die Summe: 10 mA im idealen Beispiel.



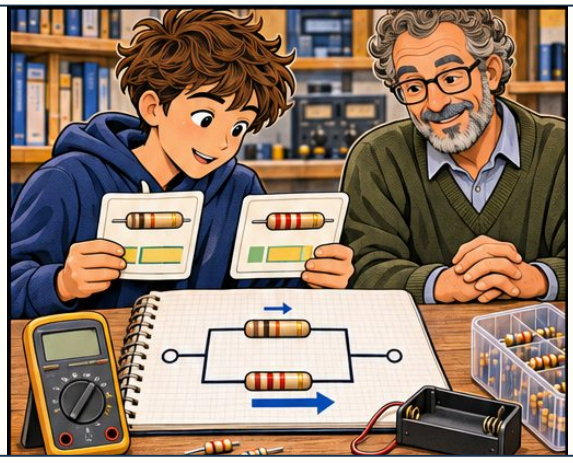
Jeder Widerstand setzt 5^2 / 1 000 = 0,025 W um.



Bei verschiedenen Werten sind die Ströme ungleich.

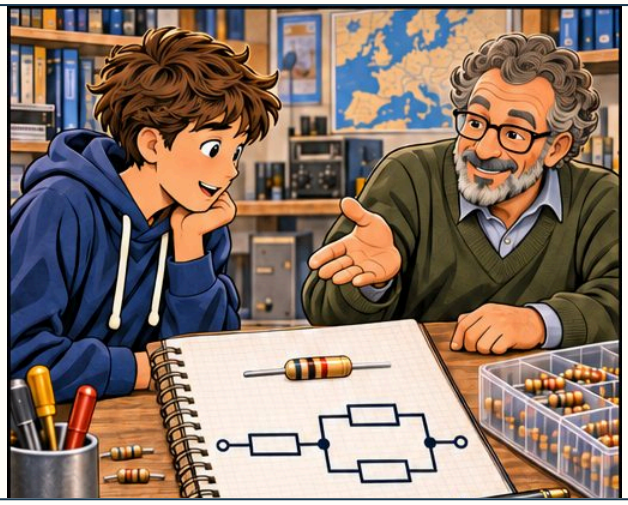


Der niederohmigere Zweig zieht bei gleicher Spannung mehr Strom.



Lucas versteht, warum zwei Parallelwiderstände zwei Prüfungen brauchen.

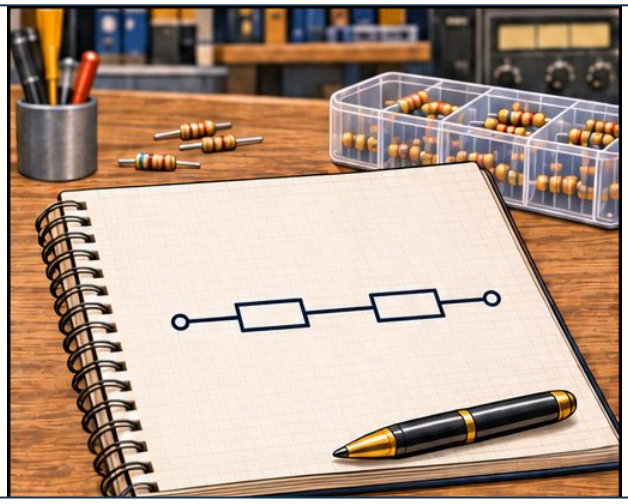
Vereinfachen ohne Verirren



Henri zeichnet 1 kΩ in Reihe mit zwei parallelen Widerständen von 1 kΩ.



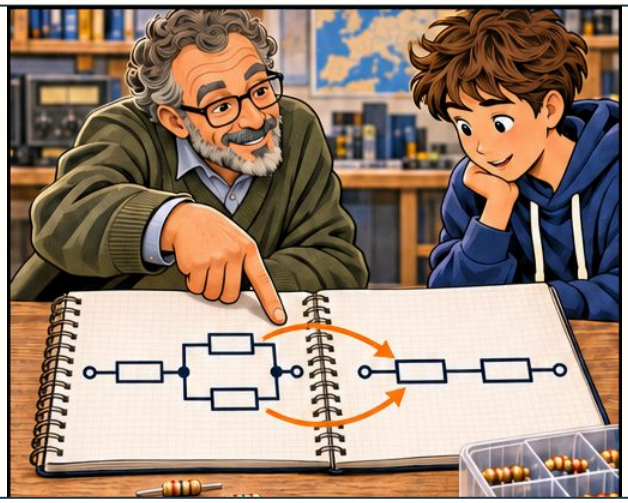
Lucas ersetzt zuerst das Parallelpaar durch 500 Ω.



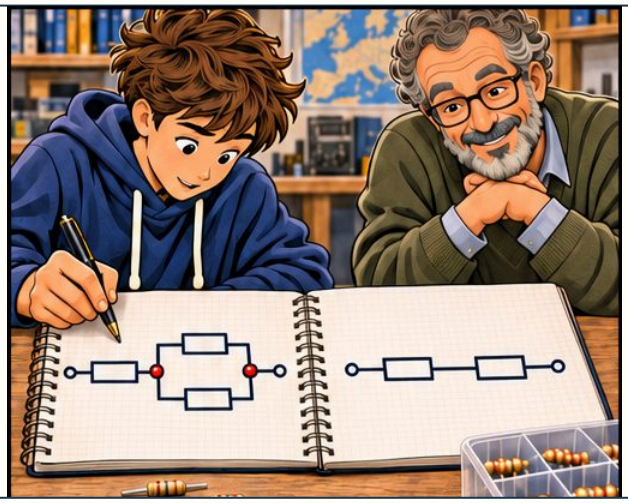
Dann addiert er den Serienwiderstand: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Er behält den Originalplan, um jeden Teilstrom wiederzufinden.



Ein Ersatz beschreibt die Klemmen, ohne interne Grenzen aufzuheben.



So wählt er Formeln nicht allein nach dem Aussehen eines Plans.

Eine Zwischenspannung erzeugen



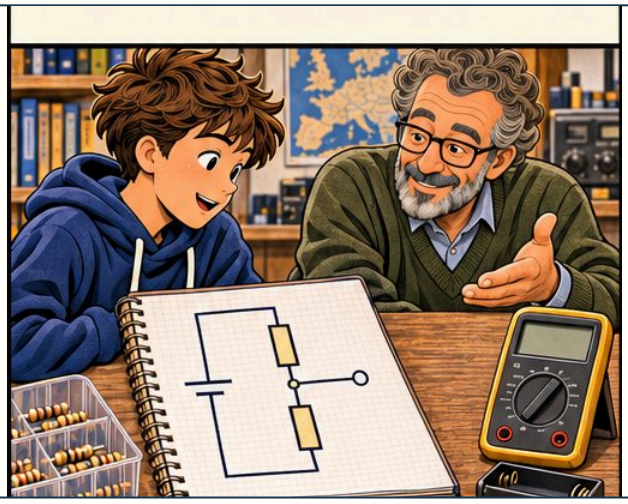
Zwei Reihenwiderstände können einen Spannungsteiler bilden.



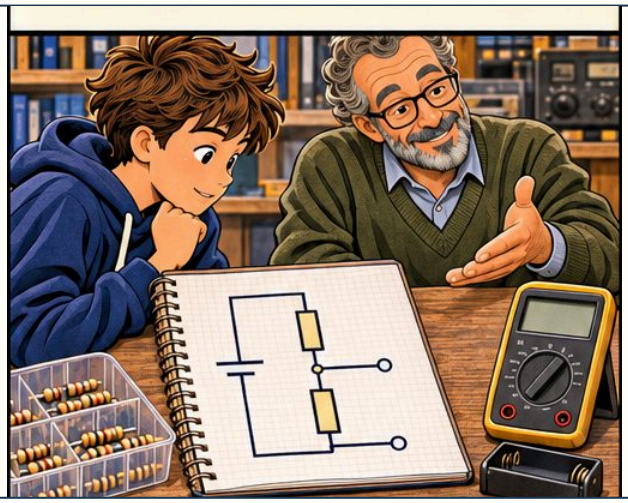
Unbelastet gilt UAusgang = UEingang × R2 / (R1 + R2).



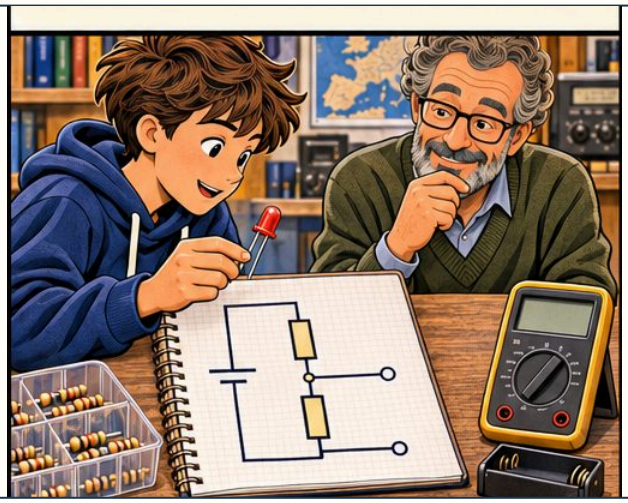
Der Ausgang liegt über R2 zwischen Mittelpunkt und Bezugspunkt.



Mit 5 V und zwei Widerständen von 1 kΩ sind es ideal 2,5 V.

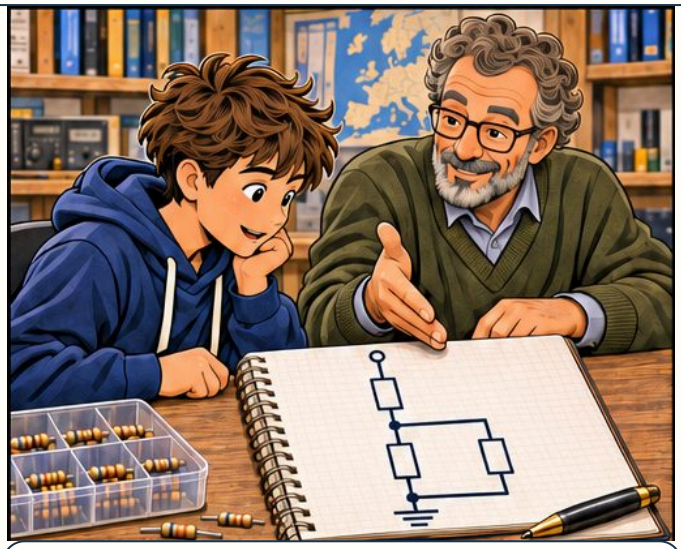


Das setzt praktisch keinen entnommenen Ausgangsstrom voraus.

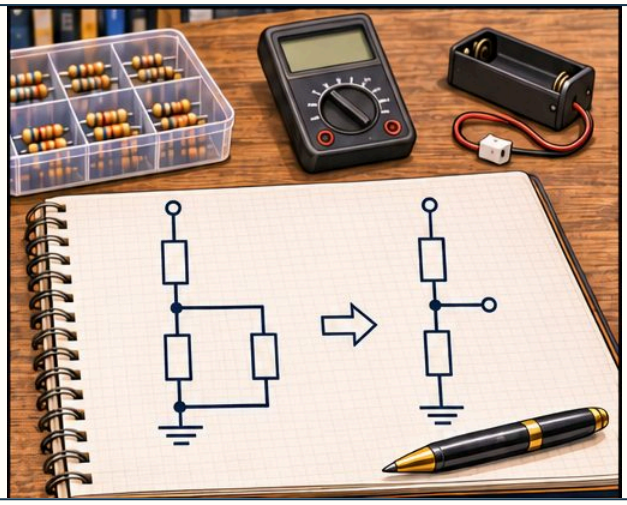


Lucas möchte die LED anschließen; Henri zeigt die Veränderung.

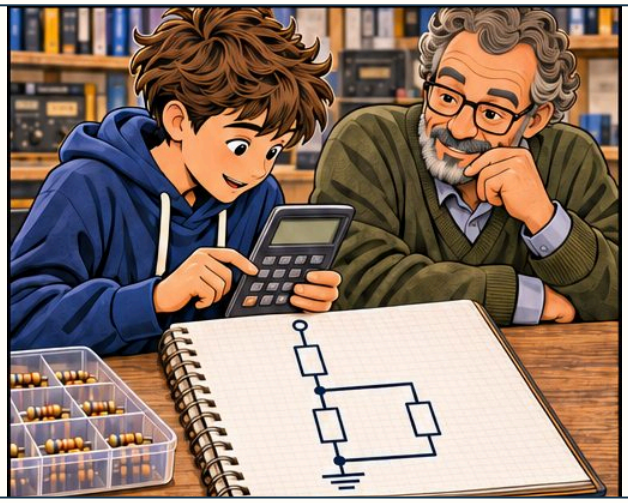
Wenn der Ausgang belastet wird



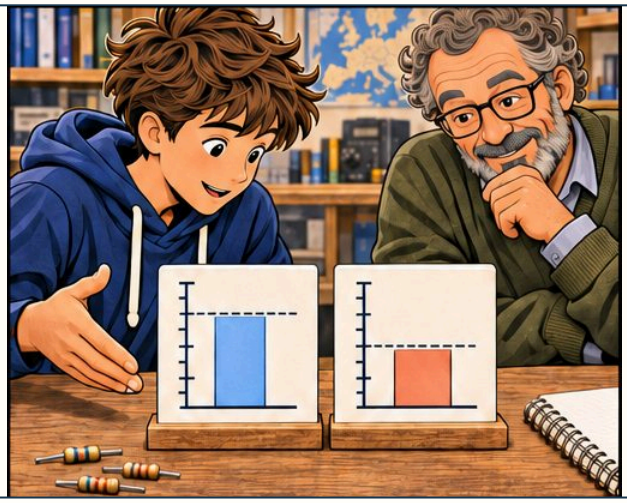
Eine Ausgangslast liegt parallel zu R2.



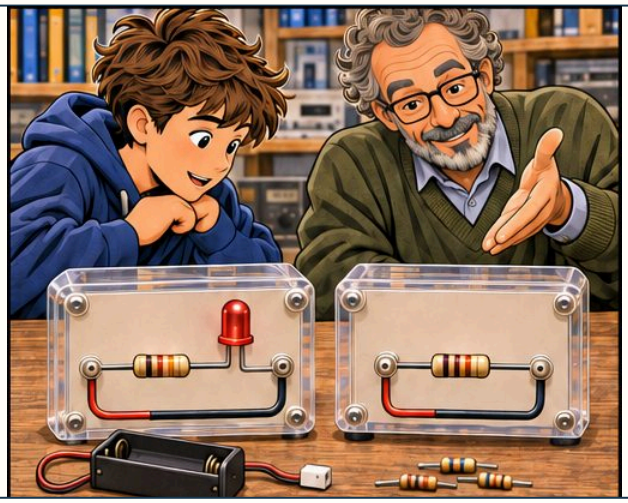
Mit einer Last von 1 kΩ wird R2 mit 1 kΩ zum Ersatzwert 500 Ω.



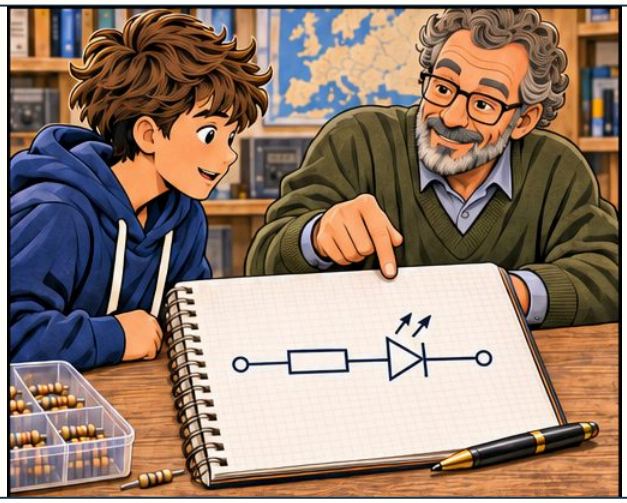
Der Ausgang wird 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Es sind keine 2,5 V mehr: die Last verändert den Teiler.



Eine LED ist keine ohmsche Last; die Rechnung beschreibt ihren Fall nicht exakt.

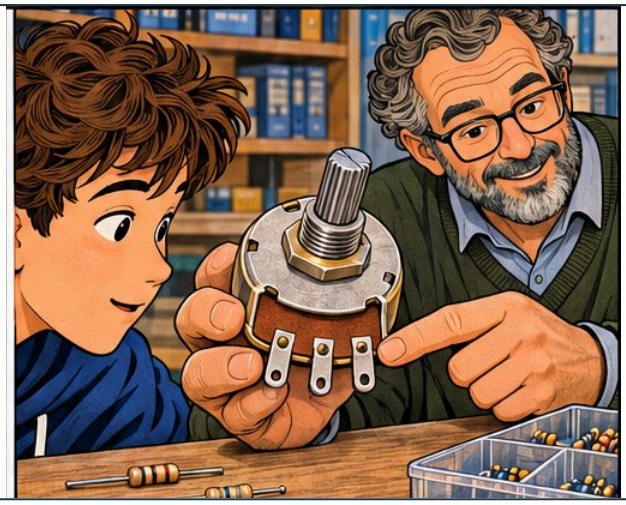


Sie behalten die vorgesehene Reihenschaltung ohne improvisierten Teiler.

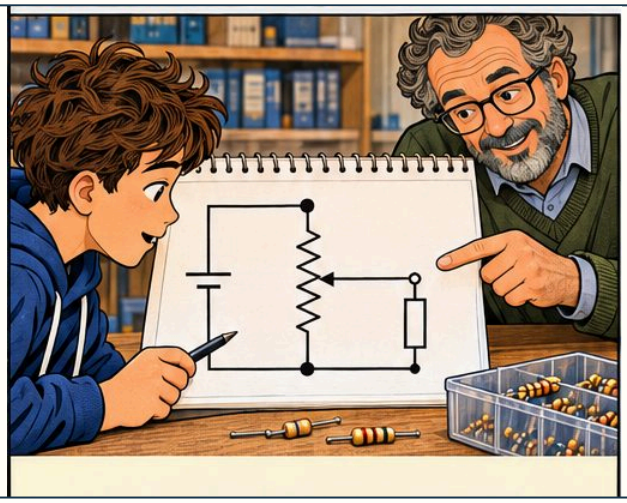
Der Schleifer des Potentiometers



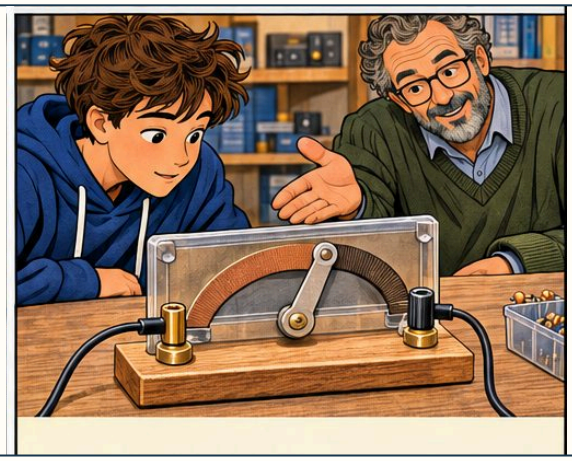
Ein Potentiometer hat eine Widerstandsbahn und einen beweglichen Schleifer.



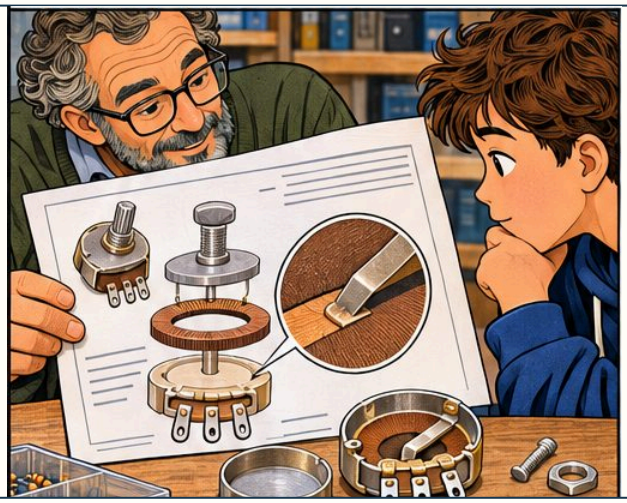
Seine drei Anschlüsse ermöglichen einen einstellbaren Spannungsteiler.



Die Last beeinflusst ebenfalls die Schleiferspannung.



Mit zwei Anschlüssen kann es je nach Schaltung ein veränderlicher Widerstand sein.

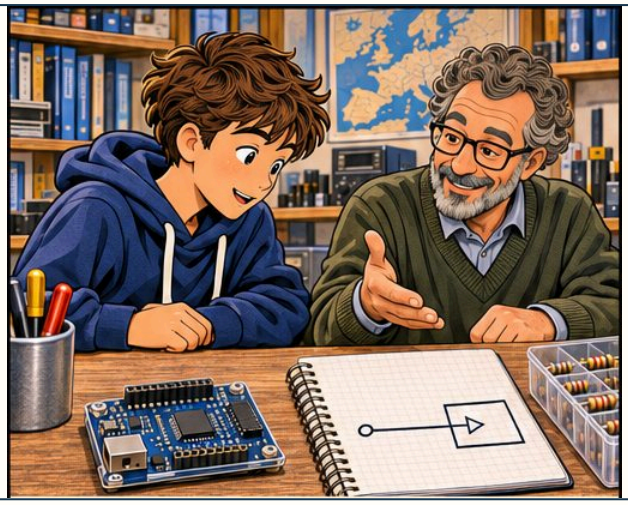


Leistung, Schleiferstrom und Verdrahtung müssen geprüft werden.

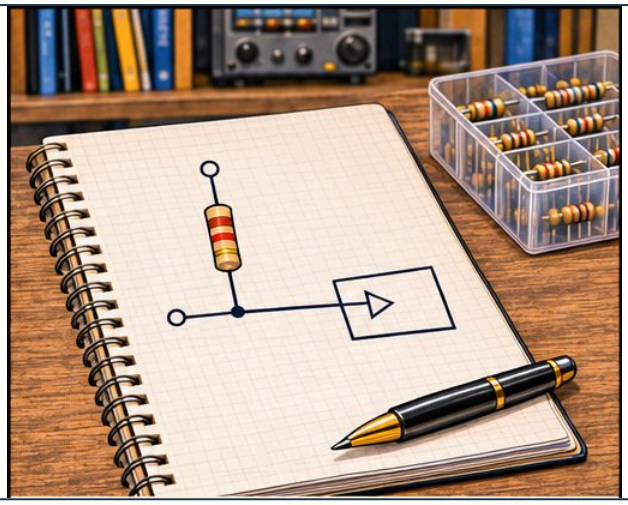


Lucas will den festen Schutzwiderstand ihrer LED nicht weglassen.

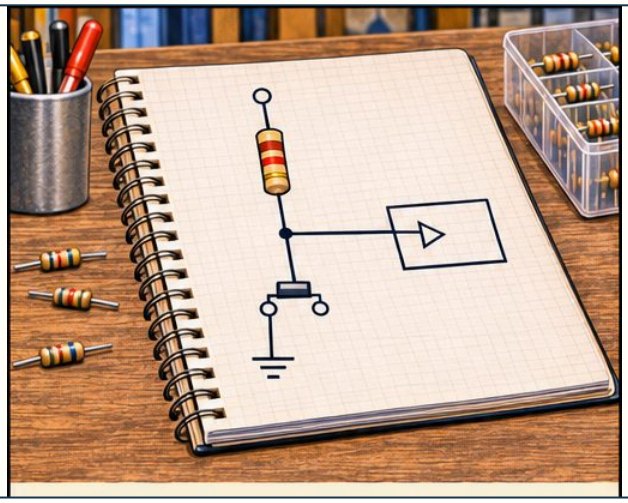
Einem Eingang einen Zustand geben



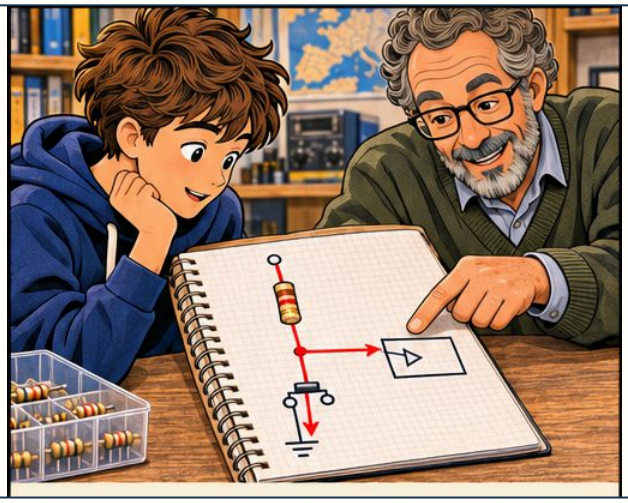
Ein schwebender Eingang einer Lehrplatine kann einen unbestimmten Zustand lesen.



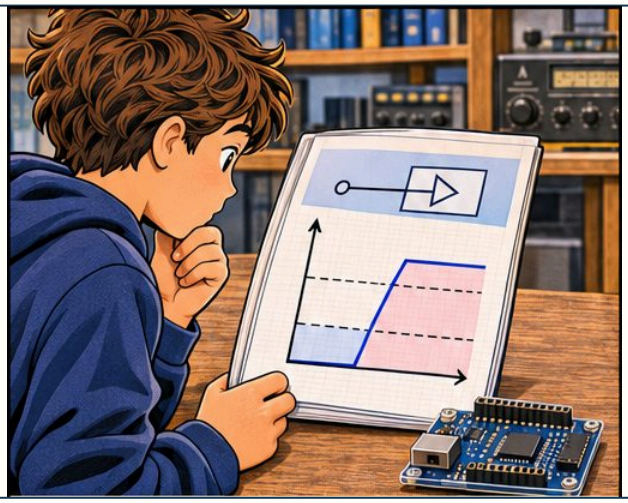
Ein Pull-up-Widerstand zur Versorgung schafft einen hohen Ruhezustand.



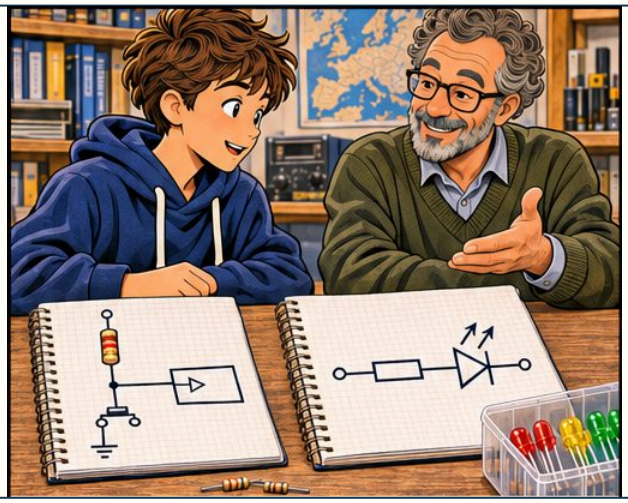
Ein geschlossener Taster zum Bezugspunkt erzwingt einen niedrigen Zustand.



Der Widerstand begrenzt dabei den Strom zwischen Versorgung und Taster.



Der Wert hängt von Eingang, Schwellen und Dokumentation ab.

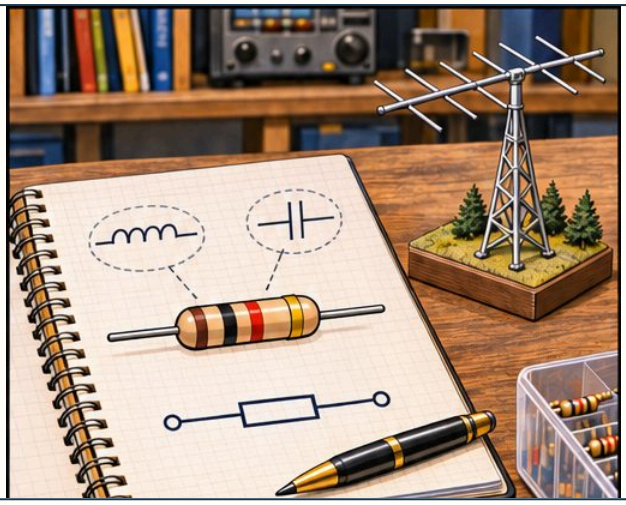


Henri erklärt mit einer Zeichnung; die Anzeige bleibt einfach.

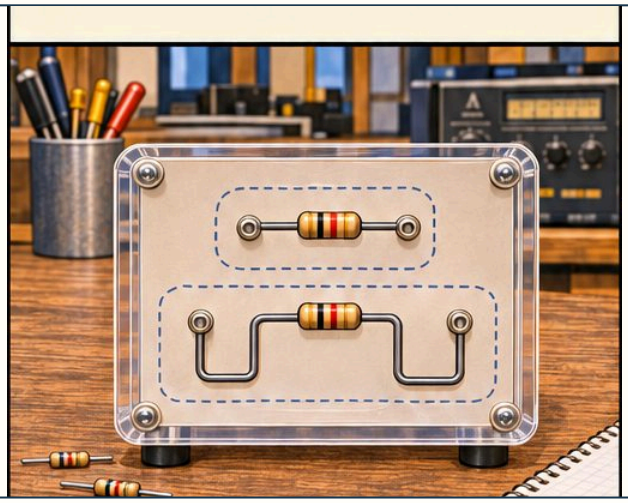
Beim Funk hat das Modell Grenzen



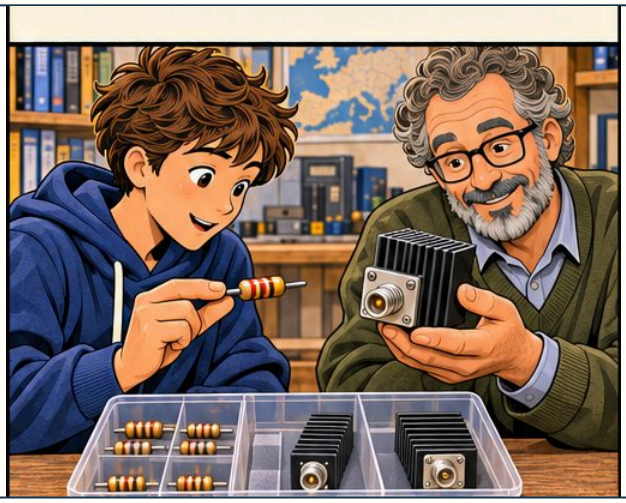
Widerstände dienen im Funk auch für Vorspannung, Dämpfung oder Abschluss.



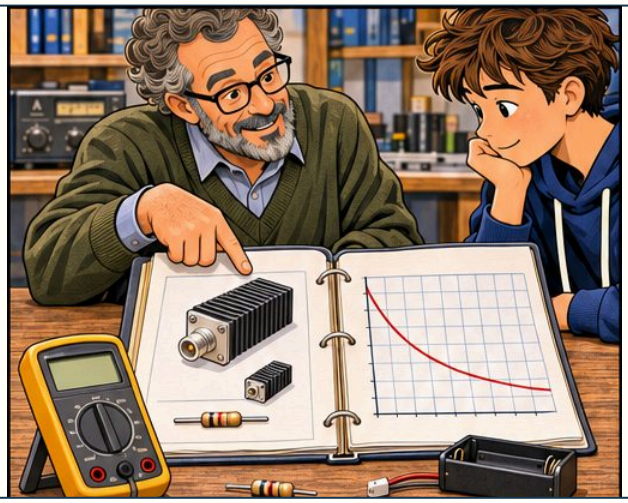
Bei hohen Frequenzen zählen parasitäre Induktivität und Kapazität mit.



Verbindungen und Anordnung fügen weitere Effekte hinzu.



Ein beliebiger Widerstand mit 50 Ω ist nicht automatisch eine gute HF-Last.



Frequenzbereich, Leistung und Aufbau müssen zur Anwendung passen.



Lucas räumt die HF-Beispiele weg: im Workshop wird nicht gesendet.

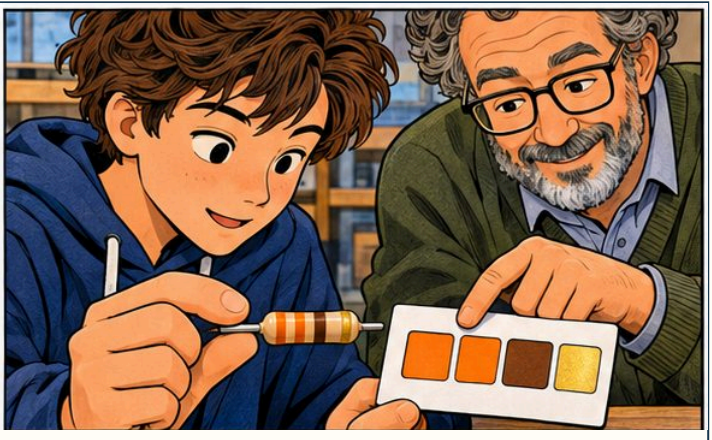
Das Ersatzteilblatt



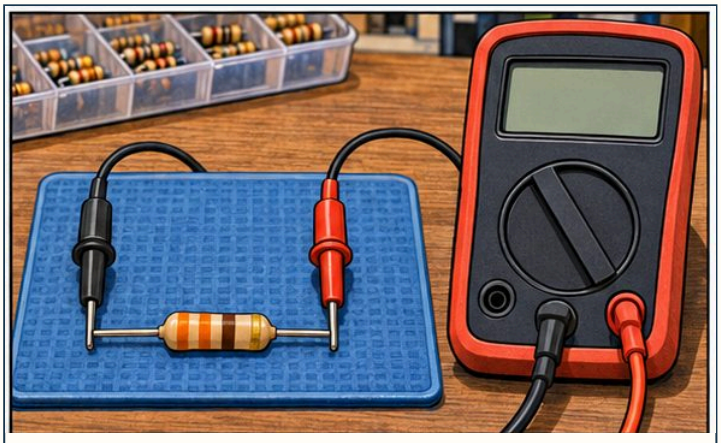
Lucas sammelt Schaltplan sowie LED- und Widerstandsreferenzen.



Die Wahl bleibt 330 Ω, ±5%, 0,25 W für dieses dokumentierte Beispiel.



Er bestätigt Orange, Orange, Braun und Gold mit der Tabelle.



Der neue Widerstand wird allein außerhalb jeder versorgten Schaltung gemessen.



Der Wert muss zu Toleranz und Messunsicherheit passen.

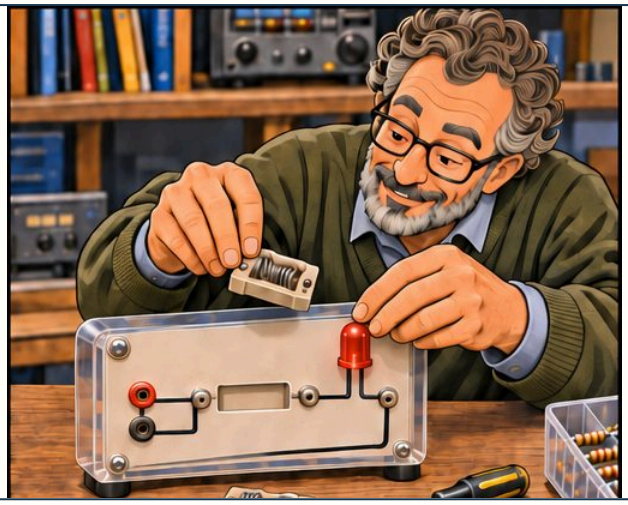


Henri prüft die Unterlagen: Rechnen und Messen ergänzen sich.

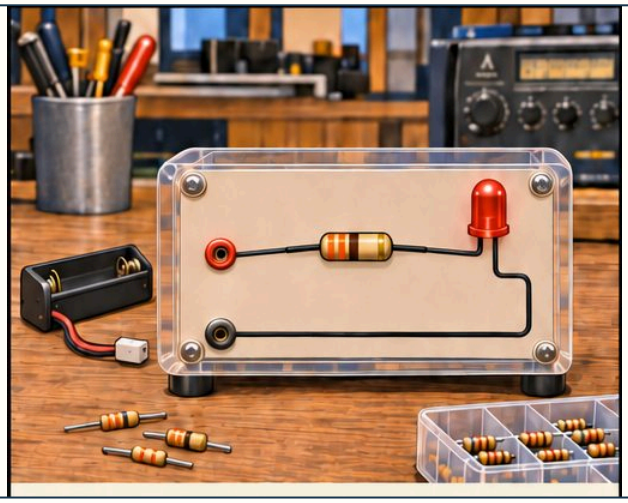
Methodisch wiederaufbauen



Das Panel bleibt während des Austauschs getrennt.



Henri prüft die beschädigte Fassung und ersetzt das vorgesehene Verbindungsteil.



Sie stecken den neuen Widerstand ohne Gewalt oder lose Drähte ein.



Lucas folgt der Schleife: Versorgung, Widerstand, LED, Rückleitung.

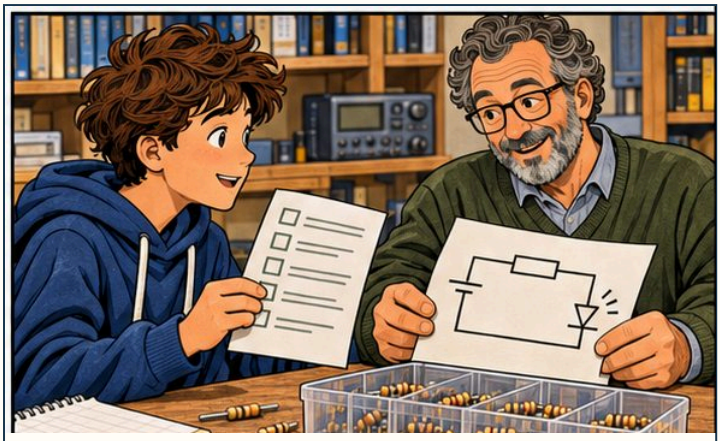


Die LED-Polarität passt zu Plan und Datenblatt.

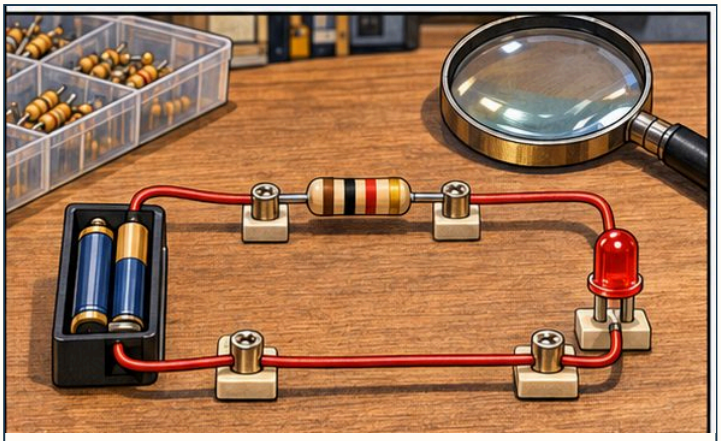


Das verdächtige Teil bleibt mit den Beobachtungen getrennt, ohne Wiederverwendung.

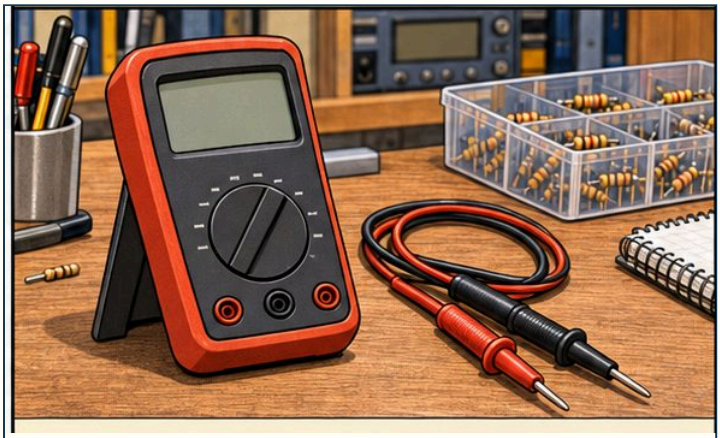
Die gegenseitige Prüfung



Vor dem Einschalten prüft jeder die Arbeit des anderen.



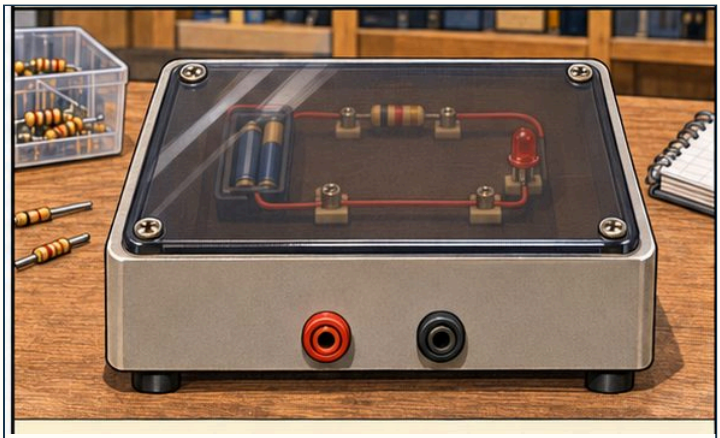
Sie suchen Kurzschlüsse, Auslassungen oder Widerstandsüberbrückungen.



Die Ohmmeterleitungen werden vom Panel entfernt.



Henri bereitet die Versorgung auf 5 V mit passender Strombegrenzung vor.

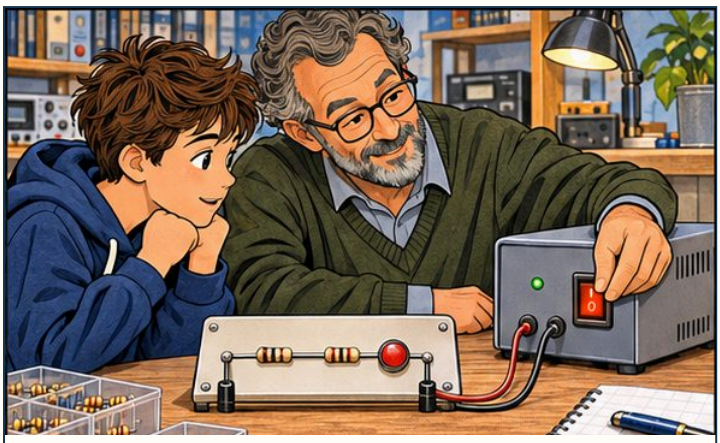


Das Panel wird nach Anleitung geschlossen; Anschlüsse bleiben geschützt.



Lucas erwartet eine sichtbare Anzeige bei mäßigem Strom.

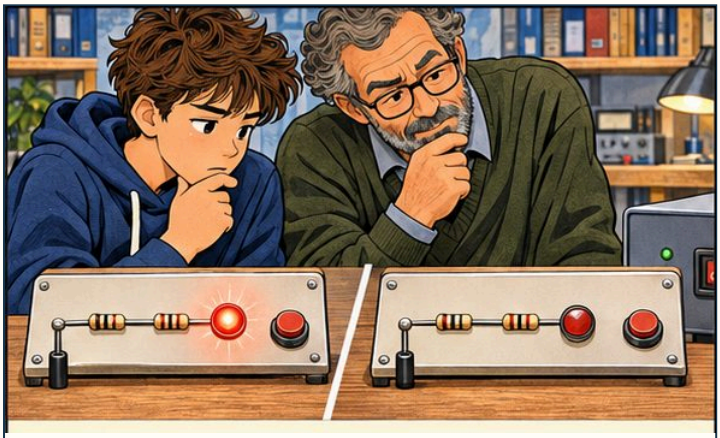
Ein vorsichtiger erster Versuch



Henri versorgt das geschlossene Panel; niemand bewegt Anschlüsse.



Die Anzeige leuchtet und erlischt beim Loslassen des Tasters.



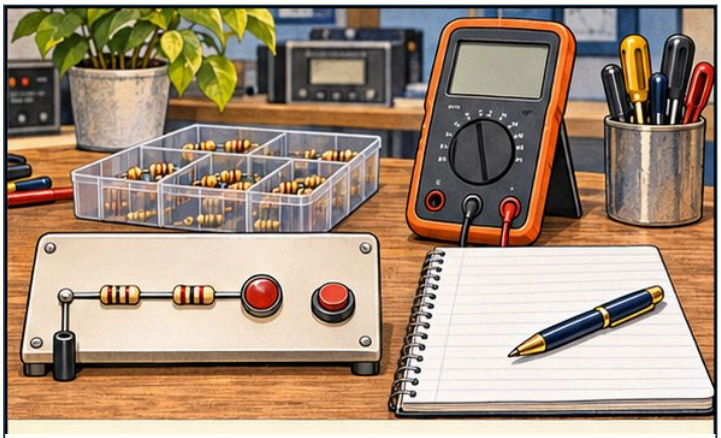
Beim nächsten Versuch zeigt sich ein Zögern.



Lucas denkt an mehr Spannung und erinnert sich dann an ihre Methode.



Sie schalten aus und trennen vor weiterer Diagnose.

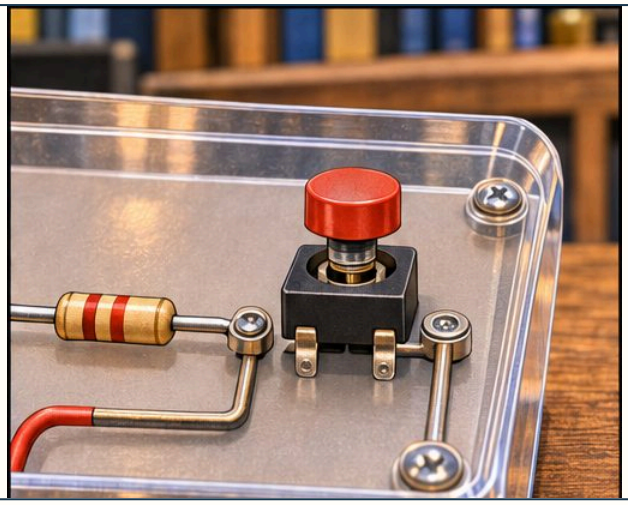


Einmal Licht zu sehen beweist noch keine Betriebsbereitschaft.

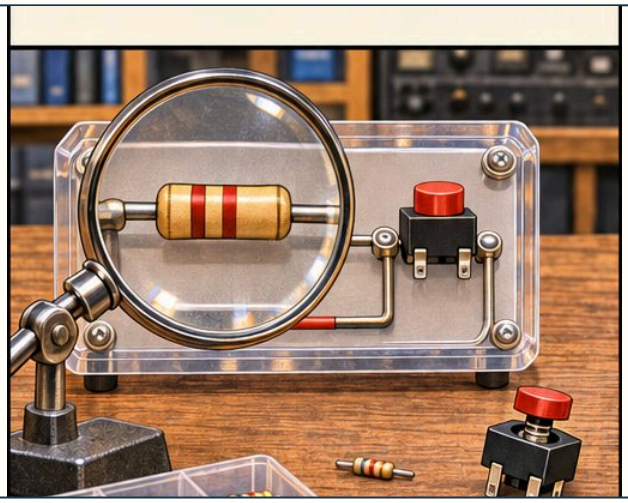
Eine zweite Ursache



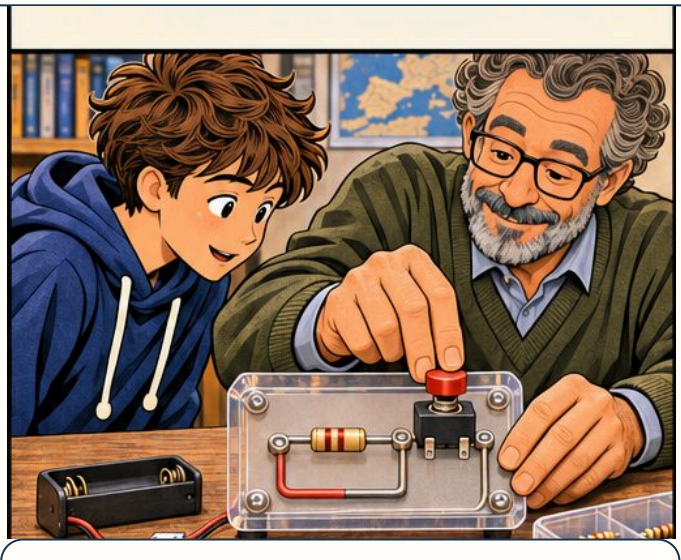
Nach Sicherheitsprüfungen untersuchen sie den Strompfad spannungsfrei.



Ein abnehmbarer Tasterstecker sitzt nicht vollständig.



Der richtige Widerstand allein behebt keine schlechte Verbindung.



Henri steckt richtig nach und prüft den Halt.



Lucas notiert verdächtiges Teil und Anschlussfehler als getrennte Hinweise.

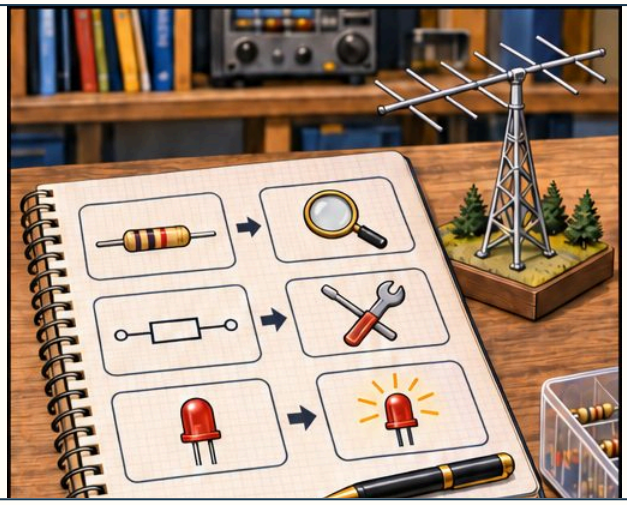


Sie wiederholen die vollständige Prüfung vor dem nächsten Versuch.

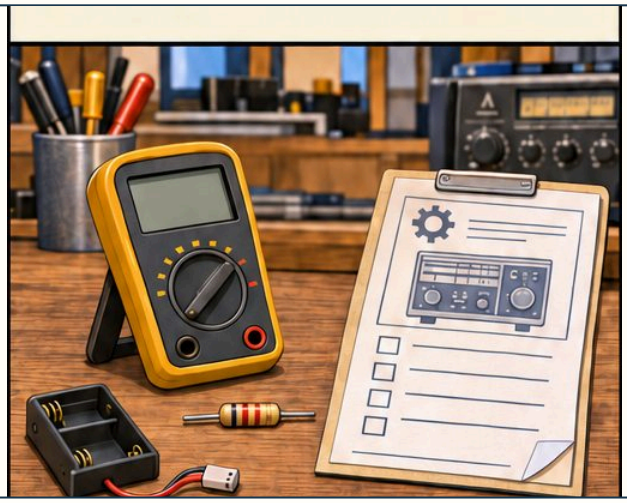
Eine Sache nach der anderen



Sie tauschen nicht mehr mehrere Teile gleichzeitig.



Das Heft bewahrt bei jedem Schritt Symptom und Prüfung.



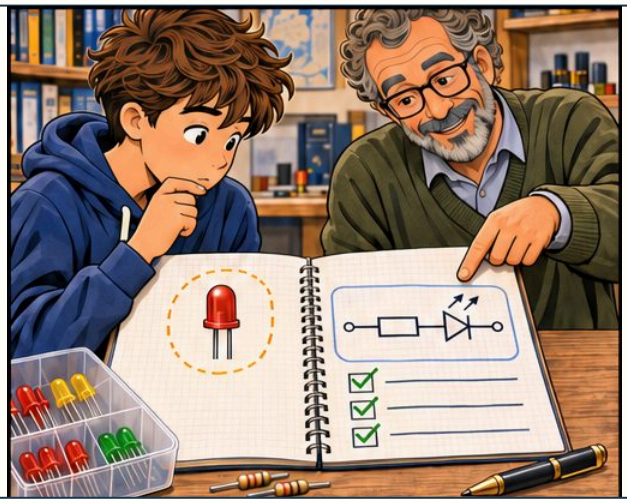
Ein korrekter Ohmmeterwert garantiert nicht jedes Verhalten im Betrieb.



Sichtprüfung, Bauteilgrenzen und geplanter Versuch ergänzen die Messung.

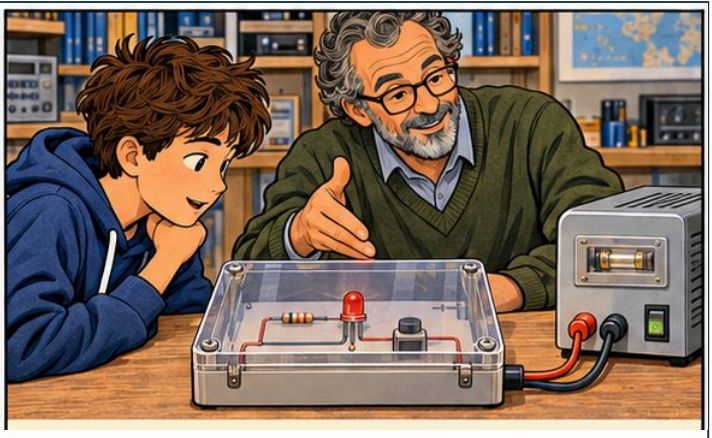


Bei Auffälligkeiten stoppen sie und suchen spannungsfrei weiter.



Lucas kann jetzt erklären, warum seine erste Idee vorschnell war.

Die Anzeige hält ihr Versprechen



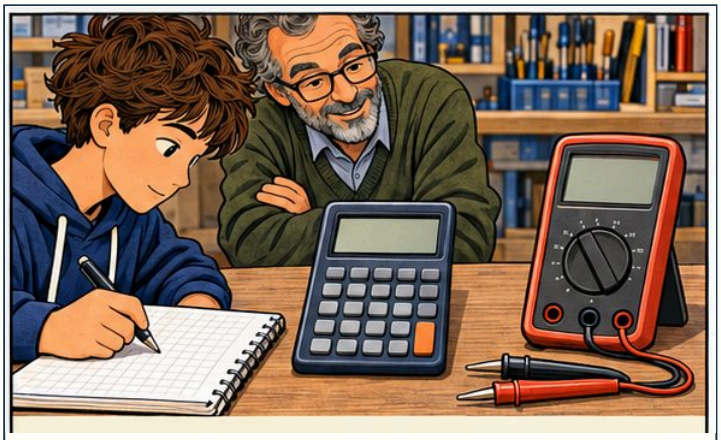
Das wieder geschlossene Panel wird erneut nach Verfahren versorgt.



In ihrer Vorführung reagiert die Anzeige nun regelmäßig auf den Taster.



Henri überwacht; Lucas vergleicht mit dem erwarteten Ergebnis.



Sie stellen den berechneten Strom nicht als Messung dar.



Das Heft trennt Berechnungen, Prüfungen und Versuchsbeobachtungen.

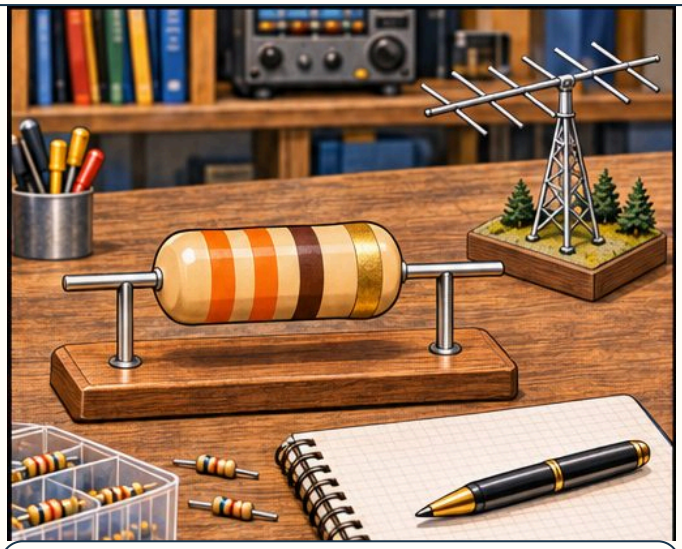


Vor dem Transport zum Stand schalten sie aus.

Die Wahl erklären



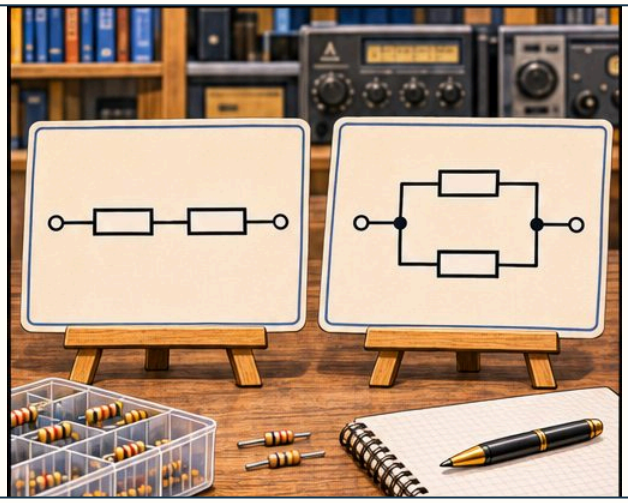
Am Stand zeigt Lucas Besuchern einen vergrößerten Widerstand.



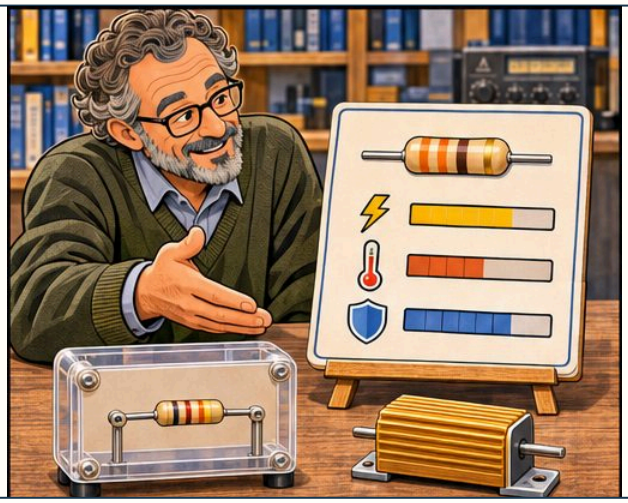
Er erklärt Ringe, Nennwert und Toleranz.



Seine Zeichnung zeigt die Strombegrenzung durch den LED-Serienwiderstand.



Eine zweite Zeichnung vergleicht Reihen- und Parallelschaltung.



Henri fragt nach der Prüfung von Leistung und Einsatzbedingungen.

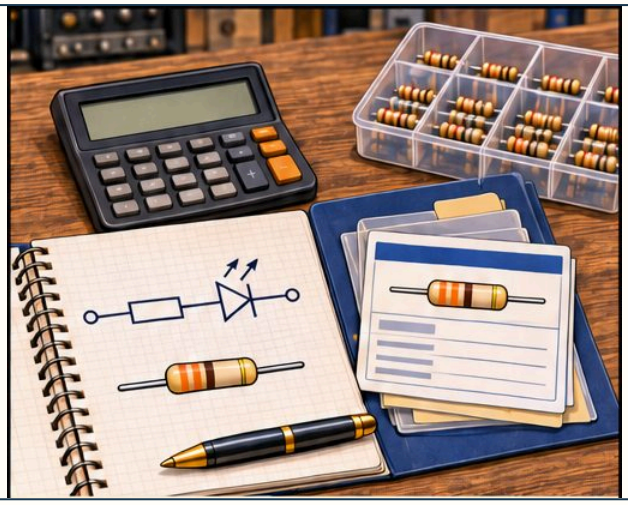


«Damit das Teil wirklich zur Schaltung passt», antwortet Lucas.

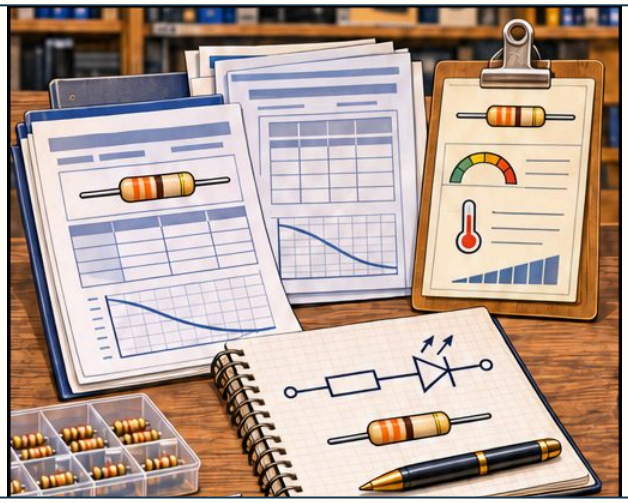
Ein Heft für den Nächsten



Das Blatt beginnt beim Bedarf: eine Anzeige für das Entdeckungspanel.



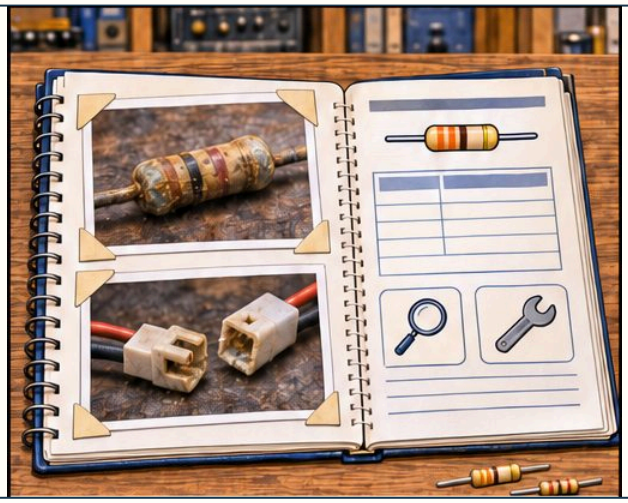
Es bewahrt Annahmen, Formel und die Wahl von 330 Ω.



Toleranz, Leistung und Bauteilreferenzen bleiben beim Schaltplan.



Die Anleitung erinnert ans spannungsfreie und nötigenfalls isolierte Widerstandsmessen.



Fehlerbeobachtungen helfen dem nächsten Workshop bei methodischer Suche.

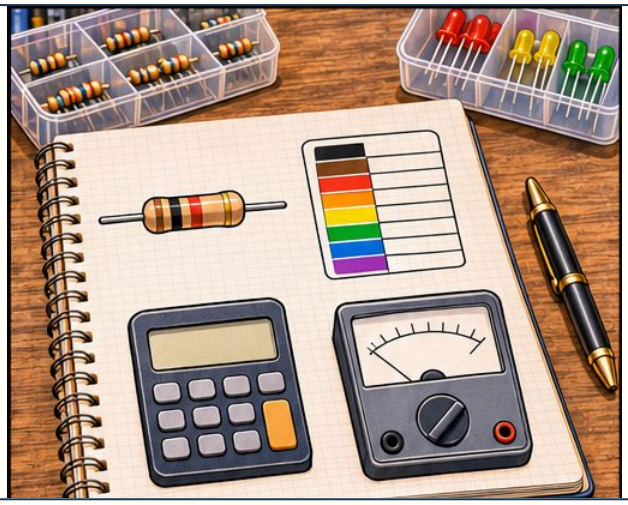


Henri lässt Lucas die Unterlagen einordnen: Lernen wird Teilen.

Ein kleines Teil, eine große Methode



Der Stand ist fertig; Lucas sieht den kleinen Widerstand anders.



Lesen, rechnen, wählen, messen: jeder Schritt beantwortet eine Frage.



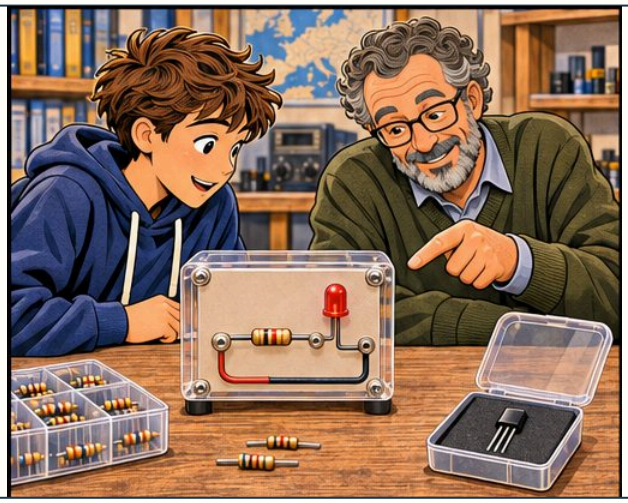
Die Anzeige ist eine Erklärung geworden, die er weitergeben kann.



In einer anderen Box zeigt Henri ein dreibeiniges Bauteil.



«Kann es einen größeren Strom steuern?» fragt Lucas.



Die nächste Untersuchung wartet in Band 08: die Transistoren.