

# PUMA : SPANNUNGLABOR

## Physik-Unterricht mit Augmentierung



### Einteilung Unterrichtsreihe + Vorkommen Apps:

|           |                               | PUMA-AR      | PUMA-SIM     |
|-----------|-------------------------------|--------------|--------------|
| Stunde 1  | Spannung + Stromkreis         | SuS          | HA           |
| Stunde 2  | Höhenmodell                   |              | SuS          |
| Stunde 3  | Stromstärke + Widerstand      | Demo mit BLE | HA           |
| Stunde 4  | Zusammenhänge                 |              |              |
| Stunde 5  | Stromstärkemessung            | SuS          | HA           |
| Stunde 6  | Spannungsmessung              | SuS          | HA           |
| Stunde 7  | U-I-Kennlinie                 |              |              |
| Stunde 8  | U-I-Kennlinie (2)             | Demo mit BLE | HA           |
| Stunde 9  | Parallelschaltung             | SuS          | HA           |
| Stunde 10 | Parallelschaltung quantitativ | Demo         | Aufgabe + HA |
| Stunde 11 | Reihenschaltung               | SuS          | HA           |
| Stunde 12 | Reihenschaltung quantitativ   | Demo         | Aufgabe      |
| Stunde 13 | Komplexe Schaltungen          |              | Aufgabe      |
| Stunde 14 | Schaltkreise im Haushalt      |              | Aufgabe      |

#### Gut zu wissen:

Die Unterrichtsreihe wurde (wie im Lehrplan vorgesehen) für 14 Unterrichtsstunden konzipiert. Je nach Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bzw. der eigenen Zeiteinteilung kann es jedoch sinnvoll sein, den Inhalt auf einen längeren Zeitraum zu strecken. Am Ende der Unterrichtsreihe wird im Nachtest erfragt, wie viele Stunden Sie schlussendlich für den Inhalt der Unterrichtsreihe verwendet haben.

### Vor Beginn der Unterrichtsreihe zu erledigen:

- Schülercodes verteilen
- Vortest ausfüllen lassen
  - Zu verwendende Stifte: möglichst Kugelschreiber verwenden
  - Zum Fachtest: Da die Elektrizitätslehre zu dem Zeitpunkt ja noch nicht unterrichtet wurde, können die Schülerinnen und Schüler im Fachtest auch nicht gut abschneiden. Trotzdem ist es wichtig, das Vorwissen zu erfassen. Die Schülerinnen und Schüler sollen bei völliger Unkenntnis bei den Fach-Fragen daher **nicht raten, sondern besser nichts ankreuzen**.
- PUMA-Applikation auf den iPads installieren (lassen). Der QR-Code hierfür befindet sich auf der ersten Seite im Skript.
- Bei **eigenen** Experimentierkästen diese mit QR-Codes zur Erkennung der Bauteile bekleben. Eine Ausschneidevorlage hierfür findet man auf der Website <https://www.physik.uni-wuerzburg.de/pid/physik-didaktik/augmented-reality/puma-spannungslabor> unter „Nutzung der App im Augmented Reality-Modus“
- Für die Kennzeichnung der „elektrischen Höhe“ (des Potentials) benötigen die Schülerinnen und Schüler im Laufe der Unterrichtseinheit 2 Stifte in verschiedenen Blautönen (für den dritten Blautönen der selten vorkommt, kann man etwas dünner zeichnen bzw. weniger fest aufdrücken)

### Hefteinträge:

Das Unterrichtsskript steht separat als pdf-Datei in jeweils einer Version für die Lehrkräfte und die Schülerinnen und Schüler (SuS) zur Verfügung. Die Version für die SuS kann ausgedruckt oder als pdf-Datei (Tablet-Klassen) den SuS ausgeteilt werden. **Grün markierte Stellen** sind in der SuS-Datei nicht vorhanden und sollen entsprechend von diesen selbst (im Unterricht oder als Hausaufgabe) ausgefüllt werden.

### Symbole im Skript:



Experiment

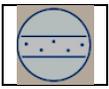


PUMA-AR-App verwenden



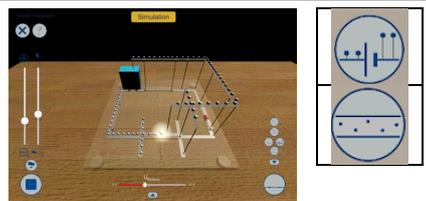
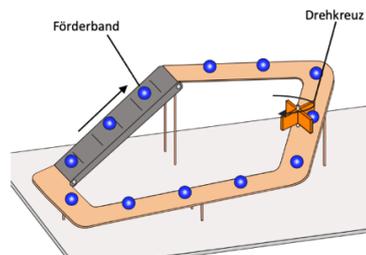
PUMA-Simulation verwenden

# SPANNUNG + STROMKREISE

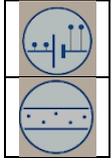
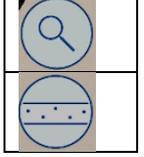
|  |               |
|--|---------------|
|  <p><b>Demonstrations-Experiment zum einfachen Stromkreis</b></p> <p>Materialien: Glühlampe, 1 Batterie, 2 Kabel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batterie anschauen: 2 Pole; Lämpchen: auch 2 Kontaktstellen</li> <li>- Falls beide Pole der Batterie mit beiden Kontaktstellen im Berührung kommen fließt ein elektrischer Strom</li> <li>- Verlängerung der Kontakte durch Kabel -&gt; geschlossener Stromkreis -&gt; Lämpchen leuchtet</li> <li>- Die Pole der Batterie bezeichnet man mit + und -</li> <li>- Volt (siehe Aufschrift Batterie) steht für die Spannung</li> <li>- <b>Spannung ist ein Maß für den „Antrieb“</b></li> <li>- Batterien mit unterschiedliche Voltzahl verwenden</li> </ul>  | <p>5 min</p>  |
| <p>Hefteintrag ausfüllen (Seite 2)</p>   | <p>5 min</p>  |
|  <p><b>Schülerexperiment</b></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 300px;"> <p>Experiment + PUMA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennenlernen der App anhand eines einfachen Stromkreises</li> <li>- Warum geschlossener Stromkreis nötig?</li> <li>- Darstellung der Elektronenbewegung: Elektronen bewegen sich sobald der Leiter geschlossen ist. Lämpchen leuchtet nur, wenn ein Strom fließt.</li> <li>- Nicht alle Elektronen bewegen sich</li> </ul> </div> <div style="margin-left: 20px;">  </div> </div> <div style="margin-top: 20px; text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbauen eines einfachen Stromkreises</li> <li>- „Bringt das Lämpchen zum Leuchten!“ &amp; Verwendung der App zur Beantwortung der Fragen aus dem Hefteintrag</li> </ul> | <p>20 min</p> |
| <p>Hefteintrag ausfüllen (S. 3)</p>  | <p>10 min</p> |
|  <p>Hausaufgabe: Heim-Experiment mit Simulation (S.4)</p> <p>+ SI-Vorsätze zur Spannung (S.4)</p>   |               |

# HÖHENMODELL

|  |               |
|--|---------------|
| <p>Wiederholung: geschlossener Stromkreis<br/>                 Besprechung Hausaufgabe (Position des Schalters unwichtig)</p>  | <p>5 min</p>  |
| <p>Analogie: Anhand der Murmelbahnanalogie folgende Größen ableiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ursache der Murmelbewegung ist der Höhenunterschied</li> <li>○ „Förderband“ um die Murmeln auf eine gewisse Höhe zu bekommen</li> </ul>  | <p>5 min</p>  |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>Anwenden der Murmelbahn-Elemente auf den elektrischen Stromkreis (S. 5 unten)</p> </div> </div><br><br><p>Schüler-„Experiment“ mit der PUMA-Simulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfacher Stromkreis (Batterie + Lämpchen)</li> <li>- Verifizieren:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hohe Spannung wird als großer Höhenunterschied visualisiert</li> <li>○ Höhenunterschied bewirkt Elektronenbewegung</li> <li>○ Elektronen bewegen sich schneller, wenn Höhenunterschied größer</li> </ul> </li> </ul> | <p>15 min</p> |
| <p>Hefteintrag ausfüllen (S.5+6)+ Darstellung der „Höhe“ mit einer Farbe (S.7)</p>   | <p>15 min</p> |
| <p>Hausaufgabe: Potentiale einzeichnen (S.8, kann auch etwas gekürzt werden)</p>   |               |



# STROMSTÄRKE + WIDERSTAND

|  |   |
|--|---|
| Wiederholung Murmelbahn-Analogie und Besprechung der Hausaufgabe   | 10 min  |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p><b>Realexperiment (Demo-Experiment) Teil 1:</b></p> <p>Stromkreis mit <b>variabler Spannung</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Lehrkraft:<br/>                     Visualisierung: Für jedes Elektron, welches durch das Lämpchen geht, schiebt die Batterie ein Elektron vom Pluspol zum Minuspol<br/> <b>Aufbau mit variabler Spannungsquelle und BLE-Messung (vgl. TechnikHilfe.pdf):</b><br/>                     Eine größere Spannung führt zu einer größeren Stromstärke</p> </div>   </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wenn die Elektronen nur von „oben“ nach „unten“ durch das Lämpchen strömen, wären irgendwann alle „unten“</li> <li>- Aufgabe der Batterie: sie hält (wie das Förderband bei der Murmelbahn) diesen Unterschied aufrecht (durch chemische Prozesse)</li> <li>- Daraus folgt eine konstante Stromstärke</li> <li>- Definition der Stromstärke: Anzahl der Murmeln bzw. Elektronen, welche an bestimmter Position pro Zeiteinheit vorbeikommen</li> </ul> <p><u>Erkenntnis:</u> Ein großer Antrieb (hohe Spannung) führt auch zu einer größeren Stromstärke</p> | 10 min  |
| Hefteintrag ausfüllen: Stromstärke S.9   | 5 min   |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p><b>Realexperiment (Demo-Experiment) Teil 2:</b></p> <p>Stromkreise mit <b>konstanter Spannung</b> und <b>verschiedenen Widerständen</b></p> <p>Drude-Modell für die verschiedenen Bauteile diskutieren:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Lehrkraft: AR-Modus<br/>                     Stromkreis mit Widerstand, Glühlampe und Leiter: Dort die Innenansichten aktivieren und Grundprinzip erklären (viele Stöße -&gt; Widerstand hoch)</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  </div> <div> <p>Schüler-„Experiment“:<br/>                     SuS können das in der Simulation an verschiedenen Bauteilen noch einmal nachvollziehen</p> </div> </div>  </div> </div> <p><u>Erkenntnis:</u> Elektrische Bauteile (z.B. Glühlampen, Leiter, „Widerstände“) besitzen einen elektrischen Widerstand</p>   | 10 min  |
| Hefteintrag ausfüllen: Widerstand S.11 + 12 oben   | 5 min   |
| Hausaufgabe zur Stromstärke: SI-Vorsätze (S.10)<br><br>Hausaufgabe: Heim-Experiment mit Simulation (S.12 unten)  |  |

## Stunde 4

# ZUSAMMENHÄNGE

---

|  |        |
|--|--------|
| Wiederholung: Einfluss von U und R auf I und Besprechung der Hausaufgabe   | 10 min |
| Hefteintrag (S.13)   | 5 min  |
| Übungsaufgaben zu den Themen (S.14):<br><ul style="list-style-type: none"><li>- Formel <math>R=U/I</math></li><li>- Rechnen mit den Einheiten Volt, Ampere und Ohm</li><li>- Rechnen mit milli, kilo...</li><li>- Auf gültige Ziffern achten</li></ul><br>(Aufgaben aus dem jeweiligen Buch oder Skript-Übungsblatt verwenden) | 25 min |
| Hausaufgabe: weitere Aufgabe   |        |

# MESSUNG DER STROMSTÄRKE

|   |        |
|---|--------|
| Wiederholung: $R = \frac{U}{I}$ und Besprechung der Hausaufgabe   | 10 min |
| Kennenlernen von Multimetern: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennt man die Spannung und die Stromstärke kann man mit <math>R=U/I</math> den Widerstandswert eines Bauteils berechnen</li> <li>- Wie aber bekommt man die Werte für U und I?</li> <li>- Diese kann man messen... dafür verwendet man in der Regel ein Multimeter</li> <li>- Betrachten des Multimeters (Display, Skala (bei analogen Multimetern), Anschlüsse)</li> </ul> z.B. Video verwenden: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZRJX8Rs-mJI">https://www.youtube.com/watch?v=ZRJX8Rs-mJI</a>  | 10 min |
|  <b>Schülerexperiment:</b><br>Lehrkraft gleichzeitig mit SuS: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stromkreis mit Batterie und Glühlampe aufbauen</li> <li>2) Multimeter als Amperemeter seriell in den Stromkreis einbauen</li> <li>3) Korrekte Anschlüsse im Multimeter wählen</li> <li>4) Korrekten Messbereich wählen (von groß nach klein)</li> <li>5) Stromstärke im Stromkreis ablesen</li> </ol> SuS messen selbstständig die Stromstärke an den <b>anderen</b> Positionen (S.15+16)<br>(kann bei Zeitmangel auch als Hausaufgabe mit der Simulation aufgegeben werden) | 15 min |
|  Sicherung: Demo-Experiment: App verwenden um zu „sehen“, dass Stromstärke überall gleich ist!   | 5 min  |
|  Hausaufgabe: Heim-Experiment mit Simulation (S.16)  |        |

# MESSUNG DER SPANNUNG

|   |        |
|---|--------|
| Wiederholung: Messung der Stromstärke, Amperemeter in Reihe schalten +<br>Besprechung der Hausaufgabe   | 5 min  |
|  <b>Schülerexperiment:</b><br>Lehrkraft gleichzeitig mit SuS:<br><br>1) Stromkreis mit Batterie und Glühlampe aufbauen<br>2) Multimeter als Voltmeter parallel zur Glühlampe in den Stromkreis einbauen (Messung des „elektrischen Höhenunterschieds“)<br>3) Korrekte Anschlüsse im Multimeter wählen<br>4) Korrekten Messbereich wählen (von groß nach klein)<br>5) Spannung an der Glühlampe ablesen | 20 min |
| SuS messen selbstständig an den anderen Messpunkten (S.17)<br><br>(kann bei Zeitmangel auch als Hausaufgabe mit der Simulation aufgegeben werden, vgl. Hausaufgabe)   | 10 min |
|  Sicherung: Demonstrations-Experiment: PUMA-App verwenden, um zu „sehen“, dass nur dort eine Spannung abgelesen werden kann, wo auch ein Höhenunterschied zwischen den Messstellen herrscht.   | 5 min  |
|  Hausaufgabe: Heim-Experiment mit Simulation (S.18)  |        |

# U-I-KENNLINIE

|  |               |
|--|---------------|
| <p>Wiederholung: Messung von Stromstärke und Spannung + Besprechung der Hausaufgabe</p>  | <p>5 min</p>  |
| <p>Diskussion:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Der elektrische Widerstand eines Bauteils behindert die Bewegung der Elektronen</li> <li>2. Aber ist der elektrische Widerstandswert von z.B. Glühlampen immer der Gleiche?</li> <li>3. Falls ja, müsste bei doppelter Spannung auch die doppelte Stromstärke fließen</li> <li>4. Stimmt das? Trägt man die Stromstärke (y-Achse) über der Spannung (x-Achse) auf, erhält man die sogenannte „Kennlinie“ des Bauteils (diese verrät, ob sich der Widerstandswert ändert)</li> <li>5. Arbeitsauftrag: Überlegt euch ein Experiment zur Messung der Kennlinie eines Bauteils<br/>(Messvorgang von <math>U</math> und <math>I</math> ist bereits bekannt)</li> </ol> <p><b>SuS sollen VOR Beginn des Experimentierens einen korrekten Schaltplan in „Aufbau“ zeichnen und der Lehrkraft zeigen. (S.19)</b></p> | <p>15 min</p> |
| <p> Schülerexperiment:</p> <p>U variieren und Messwerte (U,I) in Tabelle eintragen (S.20)</p> <p>Die Hälfte der Klasse sollte die Glühlampe, die andere Hälfte den Widerstand <math>R_2 \approx 23 \Omega</math> vermessen.</p>   | <p>20 min</p> |
| <p><b>Hausaufgabe:</b></p> <p>Versuchsprotokoll ergänzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreibung erstellen (S.19)</li> <li>- Übertragen der im Unterricht aufgenommenen Messwerte in ein U-I-Diagramm (S.20)</li> </ul>   |               |

# U-I-KENNLINIE (2)

|  |        |
|--|--------|
| Versuchsprotokoll (Hausaufgabe) besprechen und „verbessern“  | 15 min |
| <p>Diskussion der Messergebnisse der letzten Stunde:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>           Mit Zunahme der Spannung erhöht sich in beiden Fällen (Glühlampe und Konstantendraht) die Stromstärke           <br/>            Einfachen Stromkreis mit Widerstand bzw. Lämpchen und variabler Spannungsquelle aufbauen.           <br/>           In der App (mit BLE !!!) die Widerstandsanzeige aktivieren  und im „Profi-Menü“ (Pfeil unten Mitte) das Häkchen bei „dynamischer Glühlampenwiderstand“ setzen. Damit wird über die BLE-Messwerte der korrekte Glühlampen-Widerstand berechnet. Dadurch kann man im Folgenden zeigen, dass der Widerstandswert beim Konstantendraht konstant bleibt (dieser ist berechnet und KANN sich auch NICHT ändern), sich jedoch beim Lämpchen verändert (größeres U -&gt; größerer Lämpchen-Widerstandswert)         </li> <li>           Konstantendraht:           <ul style="list-style-type: none"> <li>Im U-I-Diagramm ergibt sich eine Ursprungsgerade (vgl. Graph im Schüler-Protokoll)</li> <li>In diesem Fall spricht man von einer direkten Proportionalität <math>I \sim U</math> (evtl. in Wertetabelle zeigen, dass bei Verdopplung von U sich auch I verdoppelt)</li> <li>Man spricht hier von einem „Ohm’schen Widerstand“</li> <li>Dieser hat immer (bei jeder Spannung) den gleichen Widerstandswert (evtl. an zwei Stellen U und I ablesen und R ausrechnen lassen)</li> </ul> </li> <li>           Glühlampe:           <ul style="list-style-type: none"> <li>es ergibt sich KEINE Ursprungsgerade (vgl. Graph im Schüler-Protokoll)</li> <li>entsprechend KEIN Ohmscher Widerstand</li> <li>Widerstandswert ist abhängig von der anliegenden Spannung !</li> </ul> </li> </ol> | 10 min |
| Hefteintrag ausfüllen (Kennlinien für Widerstand & Glühlampe einzeichnen) (S.21)   | 10 min |
| für Vertiefung Aufgabe S.21 rechnen  |        |
| Erklärung der Hausaufgabe: Motivation: Mehrfachsteckdose (Kurzeinführung Parallelschaltung, Erklären, worin die Hausaufgabe besteht)   | 5 min  |
|  Hausaufgabe: Planung des Experiments der Parallelschaltung (S.22)  |        |

# PARALLELSCHALTUNG

|   |        |
|---|--------|
| Besprechung der Hausaufgabe, Vorbereitung des Schülerexperiments der Parallelschaltung  | 10 min |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Schülerexperiment: (S.23)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baut den in der Hausaufgabe simulierten Stromkreis real nach und misst die relevanten Spannungen und Ströme (vgl. Skript) mit Multimetern nach. Die Messwerte werden ins Skript eingetragen.</li> <li>2. Vollzieht eure Messungen mit der Modellvorstellung nach und vergleicht sie mit den zuvor ausgewählten Hypothesen</li> </ol> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  </div> <div style="background-color: yellow; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>(PUMA: bei Zeitmangel kann theoretisch auf die Messung mit Multimetern verzichtet werden und man nutzt die berechneten „Messwerte“ in der App)</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div> | 20 min |
| Auswertung im Versuchsprotokoll gemeinsam ausfüllen; (S.23)<br>korrekte Hypothesen mit schwarzem Stift ankreuzen  | 10 min |
| <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Hausaufgabe: Bestimmung der „Knotenregel“ mit der Simulation (S.24)</p> </div> </div>   |        |

# PARALLELSCHALTUNG (QUANTITATIV)

|   |  |        |
|---|--|--------|
|    | <p>Wiederholung der Erkenntnisse der Parallelschaltung (mit Demo-Experiment und App)</p>   |        |
|   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. An Bauteilen anliegende Spannung ist jeweils die gleiche und gleich der Spannung des Netzteils</li> <li>2. Je größer der Widerstandswert des Bauteils, desto kleiner die Stromstärke in den Parallelkreisen</li> </ol> |        |
|    | <p>Besprechung der Hausaufgabe:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wie hängt die Stromstärke in den Teilkreisen mit der Gesamtstromstärke zusammen?</li> <li>2. Ergebnis: Teilströme addieren sich zu Gesamt-Stromstärke (Knotenregel)</li> </ol>     | 15 min |
|   | <p>Ausfüllen des Skripts (S.24 unten)</p>  |        |
|   | <p>Aufgaben zur Parallelschaltung (S.25)</p>   | 25 min |
|  | <p>Hausaufgabe: Planung des Experiments der Reihenschaltung (S.26+27)</p>  |        |

# REIHENSCHALTUNG

|   |        |
|---|--------|
| Besprechung der Hausaufgabe, Vorbereitung des Schülerexperiments zur Reihenschaltung  | 10 min |
| <p>                      Schülerexperiment:                 </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>                         Baut den in der Hausaufgabe simulierten Stromkreis real nach und misst die relevanten Spannungen und Ströme (vgl. Skript S.27) mit Multimetern nach<br/>                         (PUMA: bei Zeitmangel kann theoretisch auf die Messung mit Multimetern verzichtet werden und man nutzt die berechneten „Messwerte“ in der App)                     </li> </ol> <p style="text-align: center;">  </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>                         Vollzieht eure Messungen mit der Modellvorstellung nach und vergleicht sie mit den zuvor ausgewählten Hypothesen                     </li> </ol> <p>  </p> | 20 min |
| Auswertung im Versuchsprotokoll gemeinsam ausfüllen; (S.27)<br>korrekte Hypothesen mit schwarzem Stift ankreuzen  | 10 min |
| <p>                      Hausaufgabe: Bestimmung der „Maschenregel“ mithilfe der Simulation (S.28)                 </p>  |        |

# REIHENSCHALTUNG (QUANTITATIV)

|  |        |
|--|--------|
|  <p>Wiederholung der wichtigsten Erkenntnisse der Reihenschaltung (mit Demo-Experiment und App)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stromstärke ist überall gleich groß</li> <li>2. Großer Widerstand führt zu großem Spannungsabfall</li> </ol><br> <p>Besprechung der Hausaufgabe</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wie hängen die Spannungen an den Bauteilen mit der Spannung des Netzteils zusammen?</li> <li>2. Ergebnis: Teilspannungen addieren sich zu Netzteil-Spannung</li> </ol> <p>Ausfüllen des Skripts (S.28 unten)</p> | 15 min |
| <p>Aufgaben zur Reihenschaltung (S.29)</p> <p>Ab Aufgabe 2 wird das Konzept des Ersatzwiderstands verwendet. Dieser steht zwar nicht explizit im Lehrplan, ist aber v.a. bei der Reihenschaltung intuitiv auch ohne Herleitung für die SuS verstehbar, da die Einzelwiderstandswerte hier lediglich addiert werden um den Ersatzwiderstand zu erhalten. Kommt der Ersatzwiderstand in der Aufgabe vor, wird dort extra darauf hingewiesen.<br/>(Der Ersatzwiderstand für die Parallelschaltung wird nicht besprochen!)</p>  <p>(Aufgabe 1 kann mit der Simulation nachgebaut werden)</p>  | 25 min |
| <p>Hausaufgabe: noch nicht besprochene Aufgabe zur Reihen- ODER Parallelschaltung</p>  |        |

## Stunde 13

# KOMPLEXE SCHALTUNGEN

---

|   |        |
|---|--------|
| Besprechung der Hausaufgabe   | 10 min |
| Lösen von komplexeren Schaltkreisen (bis max. 3 Bauteile, Aufgaben S.30) welche auch eine Kombination aus Reihen- und Parallelschaltung beinhalten können.<br> Für die erste Aufgabe ist es möglich die berechneten Werte später auch mit der Simulation nachzuprüfen. | 30 min |
| Hausaufgabe: Recherche Kurzschluss (S.31)   |        |

## Stunde 14

# SCHALTUNGEN IM HAUSHALT

---

|   |        |
|---|--------|
| Besprechung der Hausaufgabe   | 10 min |
| Aufgaben (S.32) zur<br><ul style="list-style-type: none"><li>- Haussicherung gegen Kurzschluss und Überlastung</li><li>- RCD-Schalter (FI-Schalter)</li></ul><br> (Für Aufgabe 2 kann ergänzend wieder die Simulation verwendet werden.) | 30 min |