

Überblick

- **Jahrgangsstufe:** Ab Klassenstufe 7
- **Experimentelle Kompetenz:** Variablenkontrollstrategie
- **Thematik:** Elektrizitätslehre: Widerstand

Lernziele (Moduldurchführung + ausgelagerte Sicherung)

Die Schülerinnen und Schüler...

... variieren systematisch nur eine unabhängige Variable, um den Einfluss auf die abhängige Variable zu untersuchen.

... begründen, warum konfundierte Experimente keine Aussagekraft besitzen.

Verortung im Kernlehrplan Physik (methodische Kompetenz)¹

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (bis Ende Sekundarstufe I)

Die Schülerinnen und Schüler können...

... Untersuchungen und Experimente systematisch [...] planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren (E4).

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (bis Ende Einführungsphase)

Die Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität...

... kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden (E2).

... Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen (E4).

¹ Die Einordnung erfolgt in den Kernlehrplan NRW Physik für die Sekundarstufe I (1. Auflage 2019) und in den Kernlehrplan NRW Physik für die Sekundarstufe II (1. Auflage 2014).

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Kurze Beschreibung des Moduls

In diesem Modul sollen die Schülerinnen und Schülern (SuS) die Strategie der Variablenkontrolle kennenlernen. Dazu variieren sie bei der Widerstandsmessung eines Drahtes die Länge, den Drahtdurchmesser und das Drahtmaterial.

Abgedeckte Kompetenzen

Auswertung

Schlüsse ziehen / diskutieren

Daten aufbereiten

Beobachten / Messen / Dokumentieren

Fragestellung entwickeln

Planung

Vermutung / Hypothese aufstellen

Experiment planen

Versuch funktionsfähig aufbauen

Durchführung

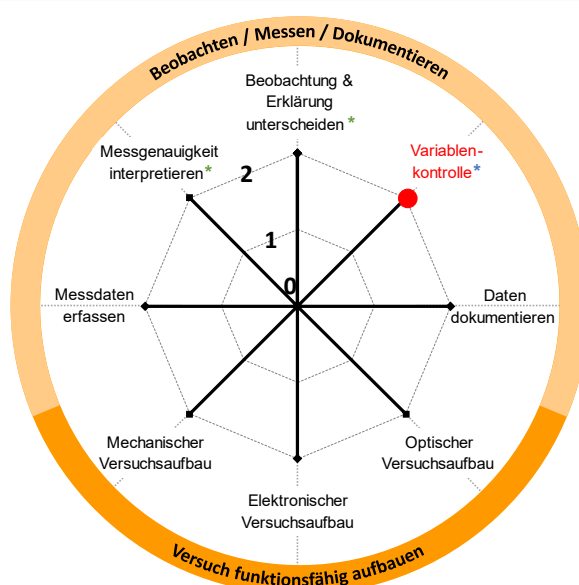
Angelehnt an das Modell des Hamburger Schulversuchs

Beschreibung übergeordneter experimenteller Kompetenzen

Farbliche Zuordnung zu den Experimentierphasen
Planung, **Durchführung**, **Auswertung**

Relevanz in der jeweiligen Station
2: Schwerpunkt 1: bedeutsam 0: nicht thematisiert

Kompetenzspinne „FLexKom“ (detaillierte Ansicht)



FLexKom-Spinne zur Durchführung

Innerer Bereich

- Ausdifferenzierte Teilkompetenzen
- Relevanz in dem jeweiligen Modul
2: Schwerpunkt (zusätzlich rote Schrift)
1: bedeutsam
0: nicht thematisiert

- * / * Teilkompetenz ist zusätzlich einer der Experimentierphasen **Planung** oder **Auswertung** zugeordnet

Äußerer Ring

- ⋯ Kompetenzen aus dem Modell des Hamburger Schulversuchs (Titel der Ringsegmente), denen die ausdifferenzierten Teilkompetenzen zugeordnet sind
- ⌋ Bereiche, in denen eine doppelte Zuordnung der Teilkompetenzen erfolgt

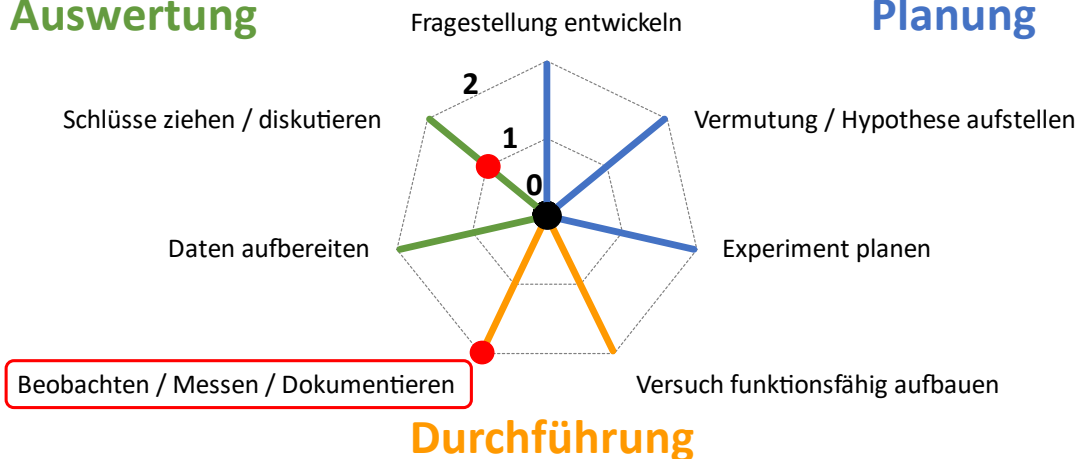
Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Erklärung der Kompetenzspinnen an einem Beispiel:

In diesem Beispielmodul wird schwerpunktmäßig der Kompetenzbereich „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ (roter Punkt, Stufe 2) behandelt, der der Experimentierphase „Durchführung“ zugeordnet ist. Bedeutsam ist ebenfalls der Bereich „Schlüsse ziehen/ diskutieren“ (roter Punkt, Stufe 1).

Auswertung

Planung

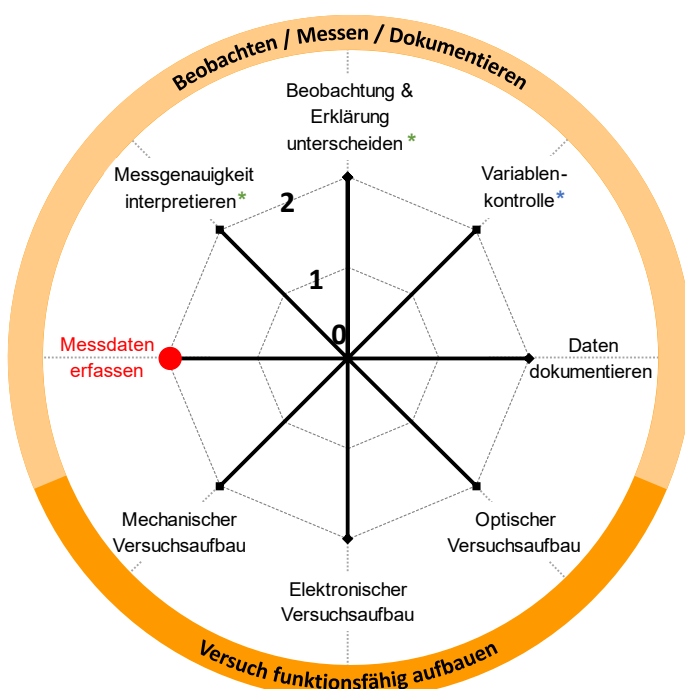


Angelehnt an das Modell des Hamburger Schulversuchs

Beschreibung übergeordneter experimenteller Kompetenzen

- Farbliche Zuordnung zu den Experimentierphasen
Planung, Durchführung, Auswertung
- Relevanz in der jeweiligen Station
2: Schwerpunkt 1: bedeutsam 0: nicht thematisiert

Betrachtet man die ausdifferenzierte Kompetenzspinn (für die Durchführung), so erkennt man, dass ausgehend von dem übergeordneten Kompetenzbereich „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ in diesem Beispielmodul die Kompetenz „Messdaten festlegen“ gefördert werden soll (roter Punkt, Stufe 2).



FlexKom-Spinne zur Durchführung

Innerer Bereich

- Ausdifferenzierte Teilkompetenzen
- Relevanz in dem jeweiligen Modul
2: Schwerpunkt (zusätzlich rote Schrift)
1: bedeutsam
0: nicht thematisiert



- Teilkompetenz ist zusätzlich einer der Experimentierphasen Planung oder Auswertung zugeordnet

Äußerer Ring



- Kompetenzen aus dem Modell des Hamburger Schulversuchs (Titel der Ringsegmente), denen die ausdifferenzierten Teilkompetenzen zugeordnet sind



- Bereiche, in denen eine doppelte Zuordnung der Teilkompetenzen erfolgt

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Zugehörige Dateien:

- AB für den Einsatz mit interaktiver Anleitung (Mix-Modul) als pdf- und Word-Datei
- AB für den Einsatz ausschließlich mit Hands-on-Experiment (Hands-On Modul) als pdf- und Word-Datei
- Lehrerhandreichung zum Modul als pdf- und Word-Datei
- Bauanleitung für das selbstgebaute Steckbrett

Material:

- 4 Konstantandrähte verschiedener Länge und Drahtdurchmesser (optional auf selbstgebaute Steckbrett)
- Zwei Multimeter mit Verbindungskabel

Aufbau:

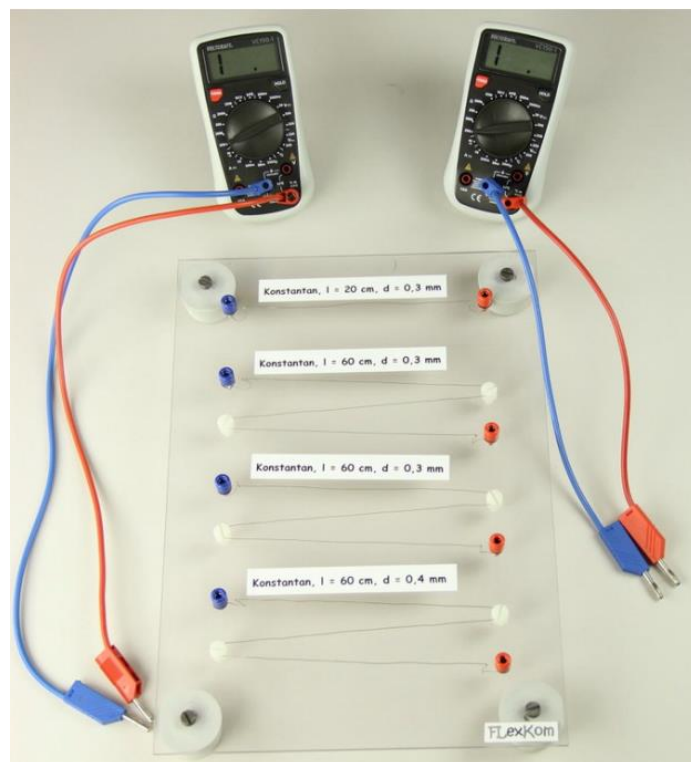


Abbildung 1: Versuchsaufbau zum Modul „Variablenkontrollstrategie anwenden“. Auf dem Steckbrett ist oberhalb der vier Drähte jeweils ein Etikett mit den genauen Eigenschaften (Länge, Durchmesser und Material) des Drahts befestigt. Dadurch haben die SuS direkt einen Überblick, welche Drähte zur Verfügung stehen. Durch die Anordnung werden zudem die Längenverhältnisse der Drähte sichtbar.

Abbildung 1 zeigt den Aufbau dieses Moduls. Es wurde ein spezielles Steckbrett für dieses Modul entwickelt, welches einen besseren Überblick über die zur Verfügung stehenden Drähte gibt.

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Darüber hinaus reduziert das Steckbrett zum einen die Zeit für den Aufbau des Moduls und zum anderen lassen sich die Bretter zum Transport einfach aufeinanderstapeln. Die beiden mittleren Drähte sind identisch ($l = 60\text{ cm}$, $d = 0,3\text{ mm}$), während der obere Draht vergleichsweise kürzer ist ($l = 20\text{ cm}$) und der untere Draht vergleichsweise dicker ist ($d = 0,4\text{ mm}$). Die Drahtlängen und -dicken wurden so gewählt, dass sich die Werte unter Berücksichtigung von Messschwankungen ausreichend unterscheiden. Einer der beiden mittleren Drähte dient bei diesem Experiment als Kontrollansatz. Insgesamt werden von den SuS aus zeitlichen Gründen nur zwei der anfangs genannten drei unabhängigen Variablen untersucht.

Hinweis: Die Drähte können auch nummeriert werden, um die Zuordnung zwischen AB und Steckbrett einfacher zu gestalten (siehe auch AB zu diesem Modul).

Damit die SuS den Widerspruch besser erkennen, gibt es neben der klassischen Modulvariante auch eine mit Tableteinsatz. Nutzen Sie hierzu das AB mit dem Zusatz „Mix-Modul“. Bei dieser Variante wird auf dem Tablet mittels des Programms Quizmaker von iSpring eine interaktive Anleitung zusätzlich eingesetzt. Hierzu finden Sie unter dem Link <https://www.sciphyslab.de/flex-kom/quizmaker/Widerstand-zwecklos-Mix/> die entsprechende Datei. Für eine Offline-Nutzung steht die App „iSpring Play“ kostenlos zur Verfügung. Öffnen Sie den Link im Webbrowser und klicken Sie auf die Verwendung in der iSpring Play App. Dort kann ein Download ausgeführt werden. Mittels dieses Programms werden die SuS analog zum beschriebenen AB durch die verschiedenen Messungen geführt.

Das Modul wird von der Lehrkraft soweit vorbereitet, dass die Multimeter neben das Steckbrett gelegt werden. Dabei ist der Drehschalter der beiden Multimeter auf die Position „ Ω “ zu stellen und je ein blaues Kabel an die „COM“-Buchse und ein rotes Kabel an die „V“-Buchse zu stecken.

Durchführung (Mix-Modul, Empfehlung der Autoren):

Die konkrete Durchführung richtet sich nach den Aufträgen auf dem AB des Moduls:

Im Rahmen des ersten Arbeitsauftrags sollen die SuS lernen, die beiden unabhängigen Variablen Drahtlänge und Drahtdurchmesser systematisch zu variieren. Die Messergebnisse werden in der Tabelle unter Arbeitsauftrag 2 eingetragen. Durch die interaktive Anleitung werden die verschiedenen Experimente erwähnt und die Messungen vorgegeben.

- In Experiment 1) vergleichen sie dazu zwei unterschiedlich lange, jedoch gleich dicke Drähte.
- In Experiment 2) wird im nächsten Schritt der kurze Draht mit einem längeren dickeren Draht verglichen.
- In Experiment 3) sollen zwei gleich lange Drähte, die sich nur in der Variable Drahtdurchmesser unterscheiden, untersucht werden.

Nach jedem Experiment sollen die SuS Stellung zu einer Aussage über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Drahtlänge bzw. vom Drahtdurchmesser beziehen. Hierzu werden verschiedene Antwortmöglichkeiten durch die interaktive Anleitung vorgegeben. Werden widersprüchliche Aussagen getroffen, werden die SuS durch die Anleitung darauf aufmerksam gemacht. Letztlich soll eine genaue Erklärung gegeben werden, die auf dem AB unter Arbeitsauftrag 3 notiert wird.

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

In der Zusatzaufgabe wird die dritte unabhängige Variable Drahtmaterial, die eingangs vorgestellt wurde, aufgegriffen. Hier sollen die SuS ein Experiment planen, wie sie die Abhängigkeit des Drahtmaterials überprüfen können. Dazu sind verschiedene Drähte abgebildet, die durch Striche miteinander verbunden werden sollen.

Durchführung (Hands-On Modul):

Die konkrete Durchführung richtet sich nach den Aufträgen auf dem AB des Moduls:

Im Rahmen des ersten Arbeitsauftrags sollen die SuS lernen, die beiden unabhängigen Variablen Drahtlänge und Drahtdurchmesser systematisch zu variieren. In Experiment eins vergleichen sie dazu zwei unterschiedlich lange, jedoch gleich dicke Drähte.

Nach dem Experiment sollen die SuS Stellung zu einer Aussage über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Drahtlänge beziehen; und zwar, ob dieser bei einer kürzeren Drahtlänge kleiner wird. Dazu können sie drei verschiedene Aussagen ankreuzen - *Ja, stimmt!*, *Nein, stimmt nicht!* und *Keine Aussage möglich*.

In Experiment zwei wird im nächsten Schritt der kurze Draht mit einem langen dickeren Draht verglichen. Somit liegt hier ein konfundiertes Experiment vor, da zwei unabhängige Variablen verändert werden. Die SuS sollen hier Stellung zur Aussage beziehen, ob der Widerstand bei einem größeren Drahtdurchmesser größer wird. Die Drähte sind so gewählt, dass der Widerstand beim dickeren Draht größer ist.

Im dritten Experiment sollen zwei gleich lange Drähte, die sich nur in der Variable Drahtdurchmesser unterscheiden, untersucht werden.

Dies führt zu Arbeitsauftrag zwei. Dort werden die SuS aufgefordert, ihre Aussagen zu den Experimenten zwei und drei auf einen Widerspruch zu überprüfen. Dies sollen die SuS im Anschluss diskutieren.

In der Zusatzaufgabe wird die dritte unabhängige Variable Drahtmaterial, die eingangs vorgestellt wurde, aufgegriffen. Hier sollen die SuS ein Experiment planen, wie sie die Abhängigkeit des Drahtmaterials überprüfen können. Dazu sind verschiedene Drähte abgebildet, die durch Striche miteinander verbunden werden sollen.

Erwartete Ergebnisse

Arbeitsauftrag 1 bzw. 2 (Mix-Modul):

Beim ersten Experiment sollen die SuS feststellen, dass je länger die Drahtlänge, desto größer der Widerstand.

Beim zweiten Experiment lässt sich keine Aussage treffen, da dort zwei unabhängige Variablen geändert werden. Somit liegt hier ein konfundiertes Experiment vor.

Da die Drähte so gewählt sind, dass der Widerstand beim dickeren Draht größer ist, werden die SuS dazu verleitet, eine Abhängigkeit des Widerstands vom Drahtdurchmesser zu erkennen (fälschlicherweise je größer der Durchmesser desto größer der Widerstand). Auf dem Hands-On AB wird ggf. die erste Antwortmöglichkeit angekreuzt.

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Die Konfrontation bei Experiment drei, wo ebenfalls der Einfluss des Drahtdurchmessers untersucht werden soll, führt dazu, dass viele SuS beim Experiment drei Aussage treffen, dass ein größerer Drahtdurchmesser zu einem kleineren Widerstand führt (Aussage zwei auf dem AB des Hands-On Moduls, obwohl sie sich zuvor für die gegenteilige Aussage entschieden haben könnten.

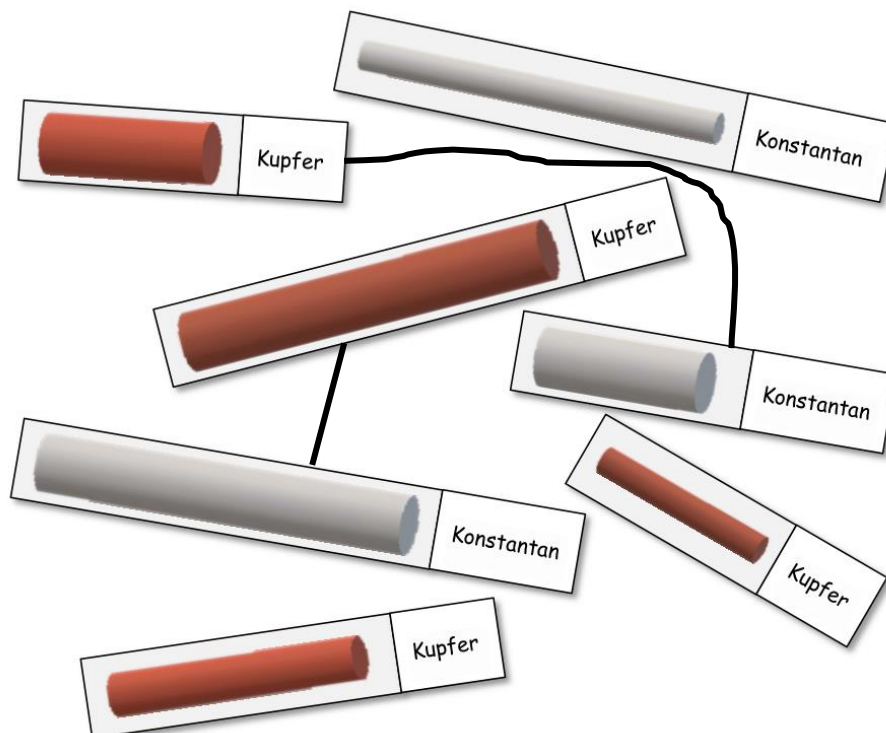
Arbeitsauftrag 2 bzw. 3 (Mix-Modul):

Erwartet wird, dass die SuS feststellen, dass ein konfundiertes Experiment vorliegt, welches keine Schlussfolgerungen zulässt.

Wenn Sie die Variante mit dem Tableteinsatz (interaktive Anleitung) nutzen, werden die SuS durch bestimmte Feedbackfunktionen auf einen getätigten Widerspruch aufmerksam gemacht. Dadurch soll eine explizite Auseinandersetzung mit diesem Umstand fokussiert und den SuS bewusst gemacht werden.

Zusatzaufgabe:

Hier sollen SuS die beiden Variablen Drahtlänge und Drahtdurchmesser konstant halten und verschiedene Materialien auswählen. Zwei mögliche Lösungen sehen wie folgt aus:



Physikalische Hintergrundinformationen

Grundlage für den im Folgenden beschriebenen physikalischen Hintergrund zur elektrischen Leitfähigkeit eines Leiters sind die Ausführungen von Tipler et al. zu dieser Thematik (vgl. Tipler und Mosca, 2015, S. 804-807).

Der Widerstand eines Leitersegments ist definiert als:

$$R = \frac{U}{I}$$

Dabei ist I der Strom, der das Leitersegment durchfließt, und U eine Potentialdifferenz, die sich mithilfe von Abbildung 2 erklären lässt. Die Einheit des elektrischen Widerstandes ist das Ohm (Ω).

Die positiven Ladungsträger bewegen sich in Richtung des elektrischen Feldes E und damit in Richtung des abnehmenden Potentials. Daher ist das Potential Φ_a am Punkt a größer als das Potential Φ_b am Punkt b. Die Spannung U ergibt sich, bei einem homogenen Feld \vec{E} , dann als Potentialdifferenz zwischen diesen Punkten zu:

$$U = \Phi_a - \Phi_b = |\vec{E}| \Delta l$$

Daraus ergibt sich die Definition des elektrischen Widerstandes.

Für den Fall, dass der Widerstand eines Materials unabhängig von Spannung und Strom ist, wird der Widerstand als Ohm'scher Widerstand bezeichnet.

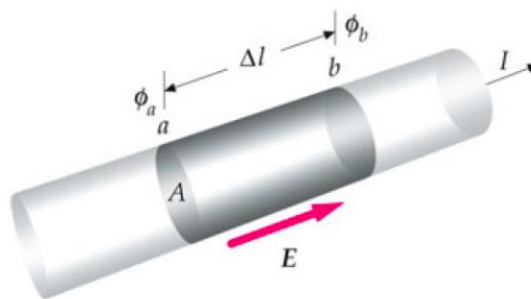


Abbildung 2: Abbildung eines stromdurchflossenen Leitersegments. Der Leiter mit einer Querschnittsfläche A wird von einem Strom I durchflossen. Der Strom entspricht dabei der Bewegung der positiven Ladungsträger. Für ein Leitersegment Δl entsteht wegen des elektrischen Feldes \vec{E} zwischen den äußeren Enden eine Potentialdifferenz U . Quelle: Tipler et al., 2015, S. 804.

Das Ohm'sche Gesetz

$$U = R \cdot I, \quad R = \text{const.}$$

Beschreibt solche Widerstände. Für einen Leiter mit der Länge l und einer Querschnittsfläche A bzw. dem Durchmesser d lässt sich der Widerstand auch folgendermaßen beschreiben:

$$R = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{4l}{\pi d^2}$$

Lehrerhandreichung zum Modul: „Variablenkontrollstrategie anwenden“

Dabei wird der Proportionalitätsfaktor ρ als spezifischer Widerstand bezeichnet. Dieser ist abhängig vom Material des Drahtes. Das Reziproke des spezifischen Widerstandes beschreibt die elektrische Leitfähigkeit σ_{el} .

Literatur:

Tipler, P. A. und G. Mosca (2015). *Physik - für Wissenschaftler und Ingenieure*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.