

Pädagogische Hochschule
Niederösterreich
Mühlgasse 67
2500 Baden
www.ph-noe.ac.at



Umsetzung eines interaktiven Laborunterrichts auf der digitalen Lernplattform "LeTTo"

Bachelorarbeit zur Erlangung
des akademischen Grades Bachelor of Education (BEd)
im Hochschulstudium Facheinschlägige Studien ergänzende Studien
im Rahmen der Lehrveranstaltung 392FEB1102 Fachdidaktische Spezialisierung

Vorgelegt im Schuljahr 2024/25 von:

Dipl.-Ing. Johannes Heissenberger

Betreuer/Betreuerin:

DI Mag. Dr. Daniel Asch-Goiser

St. Pölten, am 26. Januar 2025

Plagiatserklärung

„Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die eingereichte Bachelorarbeit selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Ich erkläre weiters, dass ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten Werken oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind gemäß den Regeln für wissenschaftliche Arbeiten zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Die während des Arbeitsvorgangs gewährte Unterstützung einschließlich signifikanter Betreuungshinweise ist vollständig angegeben. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.“

Johannes Heissenberger

Johannes Heissenberger, St. Pölten am 26. Januar 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Motivation	2
1.2	Fragestellung	2
1.3	Arbeitshypothese	2
1.4	Zielsetzung	3
2	Literatur	4
2.1	Was macht guten Unterricht aus?	4
2.2	Die zehn Merkmale guten Unterrichts	4
2.2.1	Klare Strukturierung des Unterrichts	4
2.2.2	Hoher Anteil echter Lernzeit	4
2.2.3	Lernförderliches Klima	5
2.2.4	Inhaltliche Klarheit	5
2.2.5	Sinnstiftendes Kommunizieren	6
2.2.6	Methodenvielfalt	6
2.2.7	Individuelles Fördern	6
2.2.8	Intelligentes Üben	6
2.2.9	Transparente Leistungserwartungen	7
2.2.10	Vorbereitete Umgebung	7
2.3	Angebots-Nutzungs-Modelle	8
3	Unterrichtsumsetzung mit LeTTo	11
3.1	Die digitale, interaktive Umsetzung mittels „LeTTo“	11
3.2	Belasteter Spannungsteiler	12
3.2.1	Vorbesprechung	12
3.2.2	Eingangsprüfung	17
3.2.3	Übungsdurchführung	21
3.3	Belasteter Stromteiler	28
3.3.1	Vorbesprechung	28
3.3.2	Eingangsprüfung	35
3.3.3	Übungsdurchführung	39
4	Zusammenfassung und Ausblick	47
	Abbildungsverzeichnis	49
	Literatur	50

1 Einleitung

1.1 Motivation

Es hat sich gezeigt, dass sich die Verwendung von digitalen Lernsystemen als vorteilhaft für die Schülerinnen und Schüler erweisen kann Pfahler (2020), siehe theoretischen Teil. Insbesondere die Lernplattform „LeTTo“ zeigt hierbei herausstechende Merkmale. Nachdem sich diese Plattform in technischen Schulen besonders im Theorieunterricht bereits etabliert hat, stellte sich die Frage, ob sich „LeTTo“ auch für die umfassende Anwendung im Laborunterricht eignet. Neben den bereits nachgewiesenen Vorteilen Pfahler (2020), Hausberger (2023), Asch und Pfahler (2021) sowie Asch, Pfahler und Hopfeld (2021) könnte speziell im Labor die Betreuungsqualität der Schülerinnen und Schüler verbessert werden. Durch das digitale System kann die Lehrkraft bei grundlegenden Aufgaben unterstützt und zeitlich entlastet werden. Dies ermöglicht die bessere Unterstützung von benachteiligten oder schwächeren Lernenden sowie die gezielte Förderung von begabten bzw. leistungsstarken Schülerinnen und Schüler. Darüber hinaus besteht das Potential durch eine gute Anleitung den „Fluss“ zu verbessern und etwaige Wartezeiten zu vermeiden. In weiterer Folge könnte das zu einem höheren Maß an (gefühlter) Eigenständigkeit der Lernenden führen und sich schließlich auch motivationsfördernd auswirken.

1.2 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit werden folgende Fragestellungen behandelt:

- Eignet sich „LeTTo“ für die vollständige Umsetzung eines Laborunterrichts, beginnend von der Vorbesprechung, über eine Prüfung, die Durchführung bis zur Auswertung?
- Lassen sich die oben genannten Elemente individualisiert, interaktiv und dynamisch umsetzen?

1.3 Arbeitshypothese

Während die Themenauswahl im Laborunterricht zum Teil noch einheitlich ist, zeigt die konkrete Umsetzung häufig eine starke Abhängigkeit von der jeweiligen Lehrkraft. Eine gewisse Standardisierung als auch die Bildung eines „roten Fadens“ ist hier manchmal unterrepräsentiert. Durch Schwierigkeiten bei der Übungsdurchführung kann der Übungserfolg teilweise oder komplett ausbleiben und damit schnell zu einem Motivationsverlust führen.

Mit Hilfe einer digitalen und vor allem interaktiven Unterrichtsgestaltung könnte sowohl die angesprochene Standardisierung als auch ein Leitfaden für die Übungsdurchführung gegeben werden. Dieser wäre auf Grund der Möglichkeiten die digitale und interaktive Systeme (insbesondere „LeTTo“) bieten jedem klassischen Leitfaden in Papierform überlegen. Dadurch könnten sowohl Interesse als auch Lerneffizienz der Schülerinnen und Schüler gesteigert werden.

1.4 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit sollen zwei Laborübungen aus Grundlagenbereich der Elektrotechnik (auch anwendbar für die Fachrichtung Elektronik) in einer digitalen und interaktiven Form via „LeTTo“ entwickelt werden. Jede Übung soll ein abgeschlossenes Paket bilden und folgende Teile enthalten:

- Vorbesprechung
- Eingangsprüfung
- Übungsdurchführung

Eine Vorabbeurteilung der praktischen Durchführbarkeit sowie eine erste Einschätzung der sich ergebenden Vor- bzw. Nachteile soll vorerst durch den Autor selbst geschehen.

2 Literatur

2.1 Was macht guten Unterricht aus?

Mit hoher Wahrscheinlichkeit stellt sich jede engagierte Lehrkraft früher oder später die Frage: „Wie muss der Unterricht gestaltet werden, damit die Lernenden im besten Maß vom Unterricht profitieren?“ oder kurz gesagt: Was macht guten Unterricht aus?

Die Beantwortung dieser Frage ist jedoch keines Wegs einfach. Auf der einen Seite stehen die vielen möglichen Einflussfaktoren auf den Unterricht. Sie können in weiterer Folge unterteilt werden in jene die von der Lehrperson gut bzw. einfach beeinflussbar sind und jene die kaum bis gar nicht beeinflussbar sind. Auf der anderen Seite stellt sich die Frage nach den Erfolgskriterien guten Unterrichts. Das heißt welche Größen messen wir überhaupt und nach welchen Kriterien bewerten wir den Unterrichtserfolg. Die Frage nach der Messbarkeit und der Bewertung des Lernerfolgs wird unter anderem von Benjamin Bloom u. a. (1956) oder Studien wie PISA und TIMSS behandelt.

Hinsichtlich der ersten Frage nach den Einflussfaktoren ist die viel beachtete Studie „Visible Learning“ von Hattie (2009) zu erwähnen. Es handelt sich dabei um eine Metastudie in der über 800 Metaanalysen ausgewertet wurden. Daraus ergaben sich 138 Merkmale und deren Einflussstärke auf den Unterricht.

2.2 Die zehn Merkmale guten Unterrichts

Eine, im Unterrichtsalltag gut umsetzbare Antwort, auf die Frage nach gutem Unterricht liefert Meyer, 2019 mit seinen zehn Merkmalen guten Unterrichts.

2.2.1 Klare Strukturierung des Unterrichts

Zur klaren Strukturierung des Unterrichts schreibt Meyer (2019): „...wenn sich ein „roter Faden“ durch die Stunde zieht, der für Lehrer und Schüler gleichermaßen gut zu erkennen ist.“ Er schreibt weiter, der Unterricht muss „gut strukturiert und stimmig sein“.

Durch die Verwendung einer Vorlage ergibt sich bereits ein Mindestmaß an Strukturierung. Insbesondere bei der Übungsdurchführung ist für die Schülerinnen und Schüler ein klarer Ablauf vorgegeben wodurch der Unterricht gut strukturiert wird.

2.2.2 Hoher Anteil echter Lernzeit

Meyer (2019) schreibt zum hohen Anteil echter Lernzeit: „Es zählt nur die von den Schülern aktiv genutzte Zeit.“. D.h. im Wesentlichen geht es neben pünktlichem Beginnen

darum, dass der Unterricht weder mit organisatorischem „verschwendet“ wird, noch dass die Lernenden zu passiv sind oder gar tagträumen.

Durch integrierte Fragen (auch bereits im Vorbesprechungsteil) wird versucht die Schülerinnen und Schüler aktiv in den Unterricht einzubinden. Damit soll die oben genannte passive Haltung so gut als möglich vermieden werden.

2.2.3 Lernförderliches Klima

Für ein lernförderliches Klima listet Meyer (2019) folgende wichtige Punkte auf: „

- gegenseitigen Respekt,
- verlässlich eingehaltene Regeln,
- gemeinsam geteilte Verantwortung,
- Gerechtigkeit (unter allen Beteiligten) und
- Fürsorge (unter allen Beteiligten).“

Die meisten dieser Anforderungen liegen in der Verantwortung der beteiligten Personen (Lehrende und Lernende). Von der Ausarbeitung, bzw. der Lernplattform, ist am ehesten Unterstützung beim Punkt Gerechtigkeit hinsichtlich der Beurteilung möglich.

2.2.4 Inhaltliche Klarheit

Unter inhaltlicher Klarheit versteht Meyer (2019) einfach gesagt, dass den Lernenden

1. die Aufgabenstellung klar ist,
2. die Bearbeitung des Themas, d.h. der Weg hin zum Ergebnis klar und verständlich ist und
3. das Ergebnis selbst nachvollziehbar ist.

Meist ist es sinnvoll am Ende noch einmal einen Überblick in Form einer Zusammenfassung zu bieten bzw. Aufgabenstellung und Ergebnis noch einmal gegenüber zu stellen.

Bei der Gestaltung der Übungseinheiten wurde versucht die Anforderungen niedrig zu halten. Umgesetzt wurde dies durch eine Vielzahl an Grafiken und einer schrittweisen mathematischen Herleitung. Eingefügte Beispiele sollen die Erwartungshaltung hinsichtlich des Ergebnisses verdeutlichen.

2.2.5 Sinnstiftendes Kommunizieren

Hierbei geht es laut Meyer (2019) vor allem um die Frage: „Was soll das alles, wozu brauche ich das?“. Wie er weiters anmerkt ist es oft auch nötig, dass „... die Schüler auch dem fachlichen Urteil der Lehrer trauen und sich auf neue Inhalte einlassen, ...“.

Je nach Thema ist es manchmal leichter und manchmal schwieriger einen Alltagsbezug herzustellen. Auch wird dies nicht immer für alle Schülerinnen und Schüler gleichermaßen funktionieren. Bei der getroffenen Themenwahl lässt sich zumindest ein fächerübergreifender Bezug zum Theorieunterricht herstellen. Eine besondere Vereinfachung oder Erschwernis durch „LeTTo“ wird hier nicht gesehen.

2.2.6 Methodenvielfalt

Von Methodenvielfalt spricht Meyer (2019) wenn, verkürzt gesagt:

- verfügbare Methoden genutzt,
- Verlaufsformen variiert und
- Grundformen ausbalanciert

sind. Also der Unterricht abwechslungsreich ist.

Hier kann die Lernplattform „LeTTo“ wieder ihre Vorteile ausspielen. Bereits in der Vorbesprechung wird durch die aktive Einbindung der Lernenden mittels Fragen der starre Frontalunterricht durchbrochen. In der Eingangsprüfung kann eine Individualleistung abgefragt werden, während die Übungsdurchführung als Gruppenphase umgesetzt wird. Dadurch ergibt sich, wie für den Laborunterricht typisch, ein abwechslungsreicher Verlauf mit entsprechender Methodenvielfalt.

2.2.7 Individuelles Fördern

Meyer (2019) definiert diesen Punkt dadurch, dass jede Schülerin und jedem Schüler die Chance hat ihr bzw. sein Potential umfassend zu entwickeln und dabei durch geeignete Maßnahmen unterstützt wird.

Auch hier wird ein Verbesserungspotential durch die Verwendung von „LeTTo“ gesehen. Einerseits lassen sich darin Zusatzaufgaben integrieren. Andererseits bietet die Entlastung von Grundaufgaben den Lehrenden die Möglichkeit individueller auf einzelne Lernende einzugehen und diese gezielt zu fördern.

2.2.8 Intelligentes Üben

Eingangs ein Zitat von Meyer (2019): „Der Satz „Übung macht den Meister“ stimmt nicht, nur richtiges Üben macht den Meister!“. Unter „richtigem“ Üben versteht er wenn die Übungen:

- ausreichend oft und im richtigen Rythmus

- passend zum Lernstand
- mit den richtigen Strategien
- mit gezielter Hilfestellung durch die Lehrenden

erfolgen.

Oft gibt es bei Laborunterricht für die Vorbereitung auf die Durchführung deutlich weniger (oder gar keine) Übungsbeispiele im Vergleich zum Theorieunterricht. Hier bietet die Lernplattform „LeTTo“ die Möglichkeit passende Aufgaben aus den entsprechenden Theoriefächern zu integrieren. Wahlweise können diese in die Benotung mit einbezogen werden oder als freiwillige Übungsteile dienen.

2.2.9 Transparente Leistungserwartungen

Zur transparenten Leistungserwartung schreibt Meyer (2019) etwas verkürzt: „

- Lehrangebote passend zu Lehrplänen und Leistungsvermögen machen
- das Angebot verständlich zu kommunizieren
- zügig Rückmeldung geben

“.

Speziell im letzten Punkt spielt „LeTTo“ seine Stärken voll aus. Keine andere Plattform bietet derzeit so ein großes Maß an

- Individualisierung (jeder Lernende bekommt individuelle Angaben und Aufgaben)
- Methodenvielfalt (Single-, Multiple-Choice, Zuordnungen, grafische Eingaben, analytische- sowie numerische-Berechnungen, etc.)

gepaart mit augenblicklicher Rückmeldung. Unabhängig von der Komplexität der Fragestellung. Auch hinsichtlich den **offenen Aufgaben** bis hin zum **aktuellen Leistungsstand** ergeben sich viele Vorteile, sowohl für den Lernenden als auch für die Lehrenden.

2.2.10 Vorbereitete Umgebung

An eine „vorbereitete Umgebung“ stellt Meyer (2019) folgende Anforderungen:

- gute Ordnung
- funktionale Einrichtung
- brauchbares Lernwerkzeug

„... so dass Lehrer und Schüler sich mit dem Raum identifizieren und dort erfolgreich arbeiten können.“.

Hier ist primäre die Schule und der Lehrende gefordert dies bereitzustellen. „LeTTo“ kann als digitales System bei einer Ordnung helfen und die entsprechende Funktionen (speziell zur Überprüfung und Auswertung) bereitstellen.

2.3 Angebots-Nutzungs-Modelle

Dass sich die im vorigen Kapitel genannten Faktoren in einfacher Weise auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler auswirken ist jedoch zu kurz gegriffen. Wie Andreas Helmke (2022) schreibt: „Es ist inzwischen fast ein Allgemeinplatz, dass ein einfaches Prozess-Produkt-Modell, das Merkmale des Unterrichts in korrelativer Weise mit direkten Wirkungen auf Schülerseite verknüpft, aus vielen Gründen unzulänglich ist.“ In der Unterrichts- und Lernforschung hat sich unter anderem das Angebots-Nutzungs-Modell etabliert. Dieses versucht das Zusammenwirken unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Wirkungsweise des Unterrichts und dessen Erfolg zu beschreiben, siehe Abbildung 2.1. Es stellt jedoch auch nur einen vielen Ansätzen dar

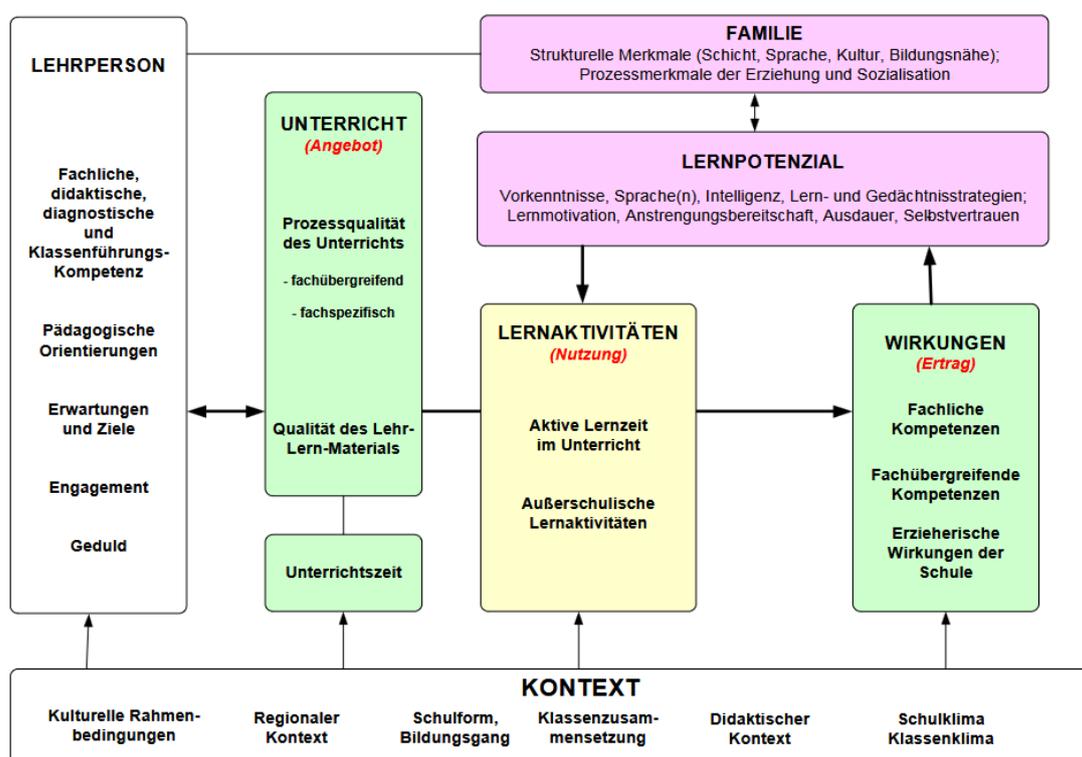


Abbildung 2.1: Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2007)

Nach eigener Aussage von Helmke ist diese Grafik jedoch stark vereinfacht im Vergleich zu dem von ihm entwickelten Modell. Dies deckt sich mit den allgemeineren Aussagen von Seidel (2014): „Wie die bisherigen Ausführungen zeigen, lassen sich die komplexen Phänomene des Lehrens und Lernens im Unterricht nicht durch eine einzige psychologische Theorie erklären. Vielmehr haben sich im Verlauf der Entwicklung der pädagogisch-psychologisch orientierten Unterrichtsforschung eine Reihe unterschiedlicher Ansätze und Modellierungen als tragfähig erwiesen.“ Zu den Errungenschaften des Angebots-Nutzungs-Modells schreibt Seidel (2014) weiter: „Diese Fortschritte beruhen nicht darauf, dass ein neues Modell entwickelt wurde, sondern vielmehr eine Reihe von Theorien und empirischen

Forschungserkenntnissen in ein gemeinsames Modell integriert sind.“. So gesehen, kann ohnehin kein Modell eine „einfache“ Antwort auf die im Grunde schwierige Frage nach „gutem Unterricht“ geben. Eine passende Aussage von A. Helmke (2022) aus einem Interview mit Hilbert Meyer über das Angebots-Nutzungs-Modell: „Aber grundsätzlich gilt: Die Forschung liefert keine stromlinienförmig umsetzbaren Handlungsanweisungen für den Unterricht, geschweige denn Rezepte, sondern ermöglicht eine Sensibilisierung des Lehrenden für wichtige Einflüsse auf das Unterrichtsgeschehen.“.

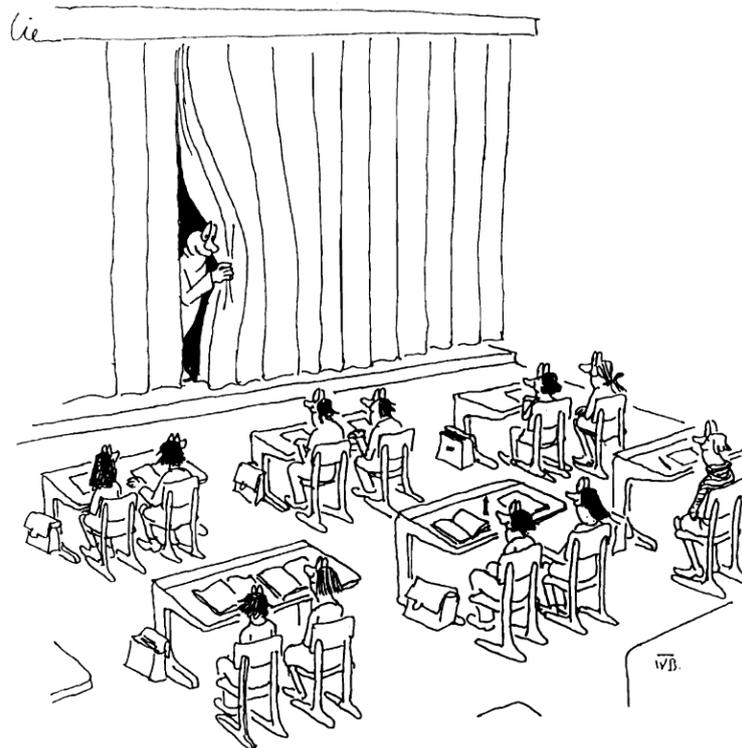
Es bleibt damit die Erkenntnis, dass nicht erwartet werden sollte im ersten Ansatz den „perfekten“ Unterricht zu entwickeln und es die „geborene“ Lehrkraft, wie Helmke und Schrader (2006) es sagt, auch nicht gibt, siehe Abbildung 2.2. Vielmehr ist ein ständiges Entwickeln, Anpassen und Verbessern des Unterrichts notwendig.



Der geborene Lehrer und seine Fähigkeiten

Abbildung 2.2: Der „geborene“ Lehrer aus: Helmke und Schrader (2006)

Um diese kontinuierliche Entwicklung zu erreichen ist es nach Helmke und Schrader (2006) auch wertvoll nicht nur Feedback an die Lernenden zu geben, sondern auch solches von ihnen zu erhalten. Das heißt diese nehmen die Rolle als Beobachter des Unterrichts ein, siehe Abbildung 2.3. Dafür bietet die später in Kapitel 3.1 vorgestellte Lernplattform „LeTTo“ eine geeignete Feedback Abfrage.



Der alltägliche Fall – die Schüler als Beobachter des Unterrichts

Abbildung 2.3: Die Schülerinnen und Schüler als Beobachter des Unterrichts: Helmke und Schrader (2006)

3 Unterrichtsumsetzung mit LeTTo

Die konkrete Auswahl der Übungen „Belasteter Spannungsteiler“ und „Belasteter Stromteiler“, siehe Kapitel 3.2, wurde vorrangig aus zwei Gründen getroffen. Erstens ist davon auszugehen, dass die Laborausstattung jeder Schule die beiden Übungen ermöglicht. Zweitens stellen die Übungen eine Grundlage für viele weitere Laboreinheiten dar und bieten somit auch fachlich einen idealen Einstieg.

3.1 Die digitale, interaktive Umsetzung mittels „LeTTo“

Die Lernplattform LeTTo (Learning, Evaluating, Teaching, Testing Online) gehört gemeinsam mit anderen Systemen wie „MS-Teams“, „Moodle“, usw. zur Gruppe der E-Learning-Systeme. Durch die ursprüngliche Entwicklung für MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) hat es Funktionalitäten, mit denen es sich von praktisch allen derzeit kommerziell verfügbaren Plattformen abhebt. Die native und durchgängige Unterstützung von physikalischen Einheiten sowie die Möglichkeit mathematische Gleichungen in analytischer Form zu verwenden sind nur zwei von vielen weiteren Besonderheiten. Darüber hinaus bietet „LeTTo“ neben einer modernen Schüleransicht auch eine leistungsfähige LehrerInnen-Oberfläche, einen genaueren Einblick gibt Pfahler (2020) in seiner Arbeit. Auch nicht unerwähnt sollen der immer größer werdende Aufgabenpool und die stetig wachsende „LeTTo-Community“ bleiben.

Aus den oben beschriebenen Eigenschaften ergeben sich speziell bei „LeTTo“ besondere Möglichkeiten hinsichtlich zeitnahe Feedback. Die Bedeutung der zeitlichen Nähe von Rückmeldungen haben Hattie und Timperley (2007) dargelegt.

Hinweise zu den dargestellten Ausarbeitungen

Die Ausarbeitungen wurden im integrierten Beispiel-Editor der Lernplattform „LeTTo“ erstellt. Im Normalfall werden die Inhalte (Vorbesprechung, Eingangsprüfung, etc.) in digitaler Form präsentiert bzw. verwendet. Für die vorliegende Arbeit wurde der PDF-Export von „LeTTo“ genutzt und die erzeugten Seiten in das Dokument eingebunden. Dadurch konnten dynamische Eingabefelder wie etwa Drop-Down-Menüs nicht in ihrer originalen Form wiedergegeben werden. Weiter kommt es zu unwesentlichen Änderungen in der Formatierung wie beispielsweise verringerten Zeilenabständen.

Die hier eingefügten Ausarbeitungen enthalten, soweit technisch umsetzbar, alle möglichen (Schüler-)Antworten bzw. hinterlegte Formeln. Diese sind in blau dargestellt. Eine Ausnahme hiervon bilden die Grafiken welche blaue Elemente wie Spannungspfeile oder Kurven enthalten können.

3.2 Belasteter Spannungsteiler

Als erste der beiden Übungen wird der elektrische Spannungsteiler präsentiert. Die Übung besteht im Grunde aus einer Spannungsversorgung und zwei in Serie geschalteten Widerständen. Im Laufe der Übung wird die Schaltung um einen Widerstand erweitert. Neben den Grundkompetenzen zur Berechnung der Spannungsaufteilung in elektrischen Netzwerken wird auch die Messung der elektrischen Spannung wiederholt.

3.2.1 Vorberechnung

Die Vorberechnung, dargestellt auf den nachfolgenden Seiten, dient theoretische Vorbereitung und Wiederholung der Grundkenntnisse. Das Niveau entspricht dem Abschluss der ersten Klasse Elektrotechnik der HTL. Es werden die wichtigsten Begriffe wiederholt und formelmäßige Herleitungen Schritt für Schritt durchgeführt. In die Erklärung eingebundene Grafiken dienen als Unterstützung und sollen das Verständnis erleichtern. Zur Aktivierung der Mitarbeit der Lernenden sind Verständnisfragen in die Besprechung eingebaut.

SpgTeilerBel-Vorbesprechung

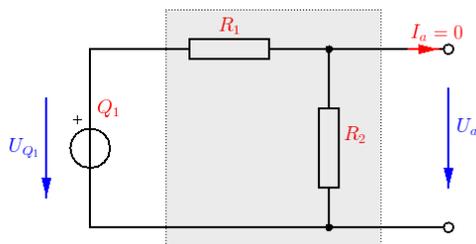
Belasteter Spannungsteiler

Vorbesprechung

Ziel dieser Laborübung ist es, den Aufbau und das Betriebsverhalten eines belasteten Spannungsteilers zu verstehen. Dieser stellt die Grundlage für viele Schaltungen in der Elektrotechnik dar.

Unbelasteter Spannungsteiler

Zu Beginn wird der **unbelastete** Spannungsteiler betrachtet, dieser ist in folgender Schaltung dargestellt:

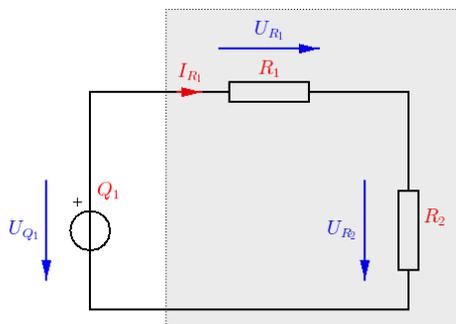


Die Eingangsspannung ist hier mit U_{Q1} bezeichnet, die Ausgangsspannung mit U_a .

Bestimmen Sie zunächst den Typ der Schaltung:

<input checked="" type="checkbox"/>	Serienschaltung
<input type="checkbox"/>	Parallelschaltung
<input type="checkbox"/>	Wechselschaltung
<input type="checkbox"/>	Direktschaltung

In vereinfachter Form sieht die Schaltung wie folgt aus:



Für den Strom ist folgendes zu erkennen:

<input checked="" type="checkbox"/>	Er fließt durch beide Widerstände und ist in jedem gleich groß.
<input type="checkbox"/>	Er fließt durch beide Widerstände und unterscheidet sich entsprechend des Ohmschen Gesetzes.
<input type="checkbox"/>	Er fließt nur durch den niedrigeren Widerstand, da sich der Strom immer den Weg des geringsten Widerstands sucht.

Die Schaltung der beiden Widerstände lässt sich durch folgende Formel zusammenfassen:

X	$R_{ges} = R_1 + R_2$
	$R_{ges} = R_1 \cdot R_2$
	$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
	$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

Für diese Schaltung kann folgender formelmäßiger Zusammenhang hergeleitet werden:

$$I_{R_1} = I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{U_{R_2}}{R_2}$$

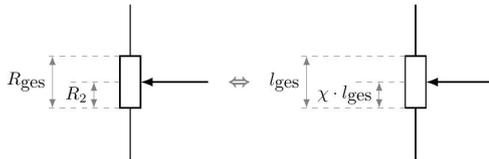
Daraus folgt:

$$U_{R_2} = I_{ges} \cdot R_2 = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} \cdot R_2$$

Da die Ausgangsspannung U_a ebenfalls am Widerstand R_2 anliegt, gilt: $U_{R_2} = U_a$. Gleiches gilt für die Gesamtspannung U_{ges} diese ist gleich der Eingangsspannung U_{Q_1} (und wird nach Ersetzen vor dem Bruch geschrieben).

$$U_a = U_{Q_1} \cdot \frac{R_2}{R_{ges}}$$

Mit der Definition, dass der Widerstand R_2 als Anteil des Gesamtwiderstands R_{ges} definiert werden kann (siehe Abbildung) folgt: $R_2 = \chi \cdot R_{ges}$

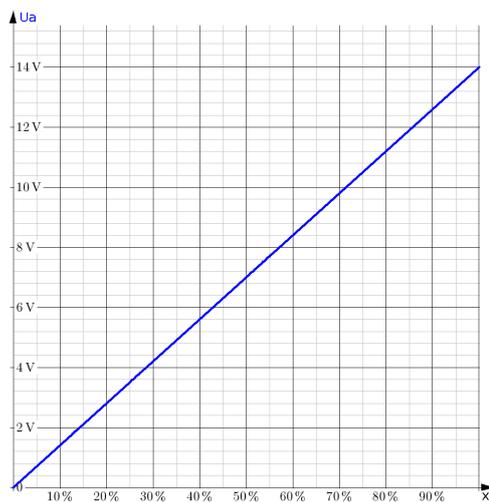


$$\text{und somit } U_a = U_{Q_1} \cdot \frac{\chi \cdot R_{ges}}{R_{ges}} = U_{Q_1} \cdot \chi$$

Das bedeutet, die Ausgangsspannung ist abhängig von der Eingangsspannung U_{Q_1} und der Position des Schleifers χ . Ist der Schleifer am "unteren Ende", d.h. $\chi = 0$ beträgt die Ausgangsspannung 0V, ist er am "oberen Ende" ist die Ausgangsspannung gleich der Eingangsspannung $U_a = U_{Q_1}$. Der Zwischenbereich teilt sich **linear** auf:

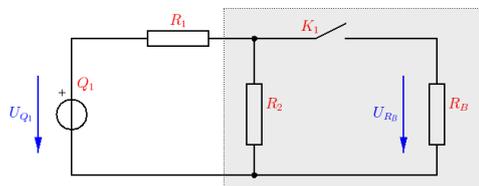
Beispiel:

Mit einer Eingangsspannung von $U_e = 14\text{ V}$ ergibt sich für eine Variation des Schleifers von 0 bis 100% ("unteres Ende = 0" bis "oberes Ende = 1"):



Belasteter Spannungsteiler

Die zuvor gezeigte Schaltung wird mit einem Lastwiderstand R_B am Ausgang belastet (sobald der Schalter geschlossen wird):



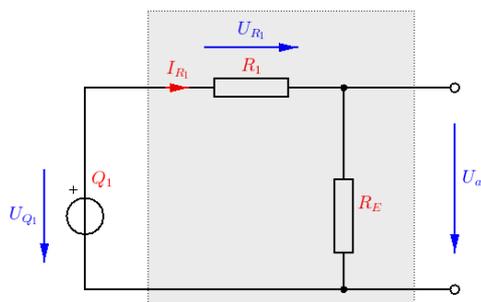
Bei geschlossenem Schalter liegen die Widerstände R_2 und R_B an der Ausgangsseite in einer:

	Serienschaltung
X	Parallelschaltung
	Doppelschaltung
	Nebenschaltung

Mit folgender Formel können die beiden Widerstände zu einem Ersatzwiderstand zusammengefasst werden:

	$R_E = R_2 + R_B$
	$R_E = R_2 \cdot R_B$
	$R_E = \frac{R_2 + R_B}{R_2 \cdot R_B}$
X	$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_B}}$

Wird der Ersatzwiderstand R_E statt der Widerstände eingezeichnet, dann ergibt sich folgende Schaltung:



Es lässt sich erkennen, dass diese Schaltung der des unbelasteten Spannungsteilers entspricht. Der Unterschied ist jedoch, dass der Ersatzwiderstand R_E nicht mehr nur vom Teilverhältnis χ , sondern auch vom Lastwiderstand R_B abhängt.

Die entsprechende Formel ergibt sich aus der des unbelasteten Spannungsteilers. Wobei der ausgangsseitige Widerstand R_E aus der Parallelschaltung von R_2 und R_B besteht, d.h. $R_E = R_{2//B}$. Daher folgt aus:

$$U_a = U_{Q1} \cdot \frac{R_{2//B}}{R_{ges}} \quad (\text{unbelasteter Spannungsteiler mit } R_{2//B} \text{ an der Ausgangsseite})$$

$$\text{mit: } R_{2//B} = \frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B} \text{ und } R_{ges} = R_1 + R_{2//B} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B} \text{ folgt:}$$

$$U_a = U_{Q1} \cdot \frac{\frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B}} = U_{Q1} \cdot \frac{\frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B}} \cdot \frac{R_2 + R_B}{R_2 \cdot R_B} = U_{Q1} \cdot \frac{1}{\left(R_1 + \frac{R_2 \cdot R_B}{R_2 + R_B}\right) \cdot \frac{R_2 + R_B}{R_2 \cdot R_B}} = U_{Q1} \cdot \frac{1}{R_1 \cdot \frac{R_2 + R_B}{R_2 \cdot R_B} + 1}$$

Beispiel:

Gehen wir von einem unbelasteten Spannungsteiler mit zwei Widerständen $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ und $R_2 = 2\text{ k}\Omega$ aus, so ergibt sich ein Teilverhältnis von $R_2/R_{\text{ges}} = 2/3$. Die Ausgangsspannung U_2 im unbelasteten Fall entspricht dann genau zwei Drittel der Eingangsspannung. Für z.B. $U_e = 30\text{ V}$ ergibt sich ein $U_a = 20\text{ V}$.

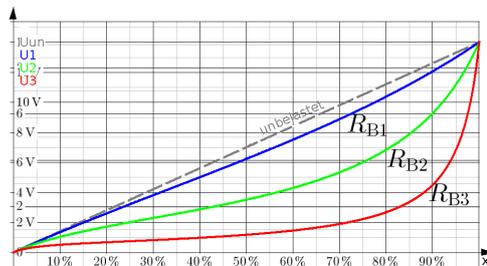
Kommt nun Ausgangsseitig der Lastwiderstand R_B hinzu, so ändert sich die Spannungsaufteilung zwischen R_1 und R_2 . Wir nehmen für unser Beispiel an, dass der Lastwiderstand ebenfalls $2\text{ k}\Omega$ hat, dann ergibt sich für die ausgangsseitige Parallelschaltung $R_{2//B} = 1\text{ k}\Omega$. Berechnet man nun die Ausgangsspannung:

$$U_a = U_{Q1} \cdot \frac{R_{2//B}}{R_{\text{ges}}} = 30\text{ V} \cdot \frac{1\text{ k}\Omega}{2\text{ k}\Omega} = 30\text{ V} \cdot \frac{1}{2} = 15\text{ V}$$

Für einen Lastwiderstand der gegen ∞ geht, ist die Ausgangsspannung gleich die des unbelasteten Spannungsteilers, für einen Lastwiderstand der gegen 0 geht, geht die Ausgangsspannung ebenfalls gegen 0.

Allgemeine Betrachtung

Für drei verschiedene Lastwiderstände $R_{B1} > R_{B2} > R_{B3}$ ergeben sich folgende Verläufe der Ausgangsspannung über der Schleiferposition χ



Es lässt sich erkennen, dass die Anfangs bzw. Endposition des Schleifers zu einer Spannung von 0 V bzw. 100 % der Eingangsspannung führt. Dies ist gleich wie beim unbelasteten Spannungsteiler. Der Bereich dazwischen weicht jedoch vom linearen Verlauf (strichlierte Linie) des unbelasteten Teilers ab.

Merke: Je kleiner der Lastwiderstand R_B im Vergleich zum "unteren" Anteil des Spannungsteilers R_2 wird, desto

3.2.2 Eingangsprüfung

In der Eingangsprüfung, nachfolgenden dargestellt, werden die in der Vorbesprechung behandelten Themen geprüft. Vor Beginn der Übung kann damit der vorhandene Wissensstand der Lernenden erhoben werden. Somit können gezielt Lücken geschlossen bzw. Unklarheiten behoben werden. Damit kann von einem erhöhten Lernerfolg und in weiterer Folge auch von einer höheren Motivation ausgegangen werden. Je nach Unterrichtskonzept kann die Eingangsprüfung auch komplett entfallen, sie stellt keinen zwingend notwendigen Teil des Übungspaktes dar.

SpgTeilerBel-Eingangsprüfung

Belasteter Spannungsteiler**Eingangsprüfung**

Unbelasteter Spannungsteiler

1) Um welche Schaltung handelt es sich beim unbelasteten Spannungsteiler?

X	Serienschaltung
	Parallelschaltung
	Wechselschaltung
	Ausschaltung
	Verringerungsschaltung

2) Ordnen Sie die Begriffe der Tabelle zur Abbildung zu:

Hinweis: Widerstände sind "innerhalb" der Schaltung zu markieren!

A	Eingangsspannung U_e
B	Strom I_{ges}
C	Widerstand R_1
D	Spannung U_{R1}
E	Widerstand R_2
F	Ausgangsspannung U_a

A	
B	
C	
D	
E	
F	

3) Geben Sie die Formel für die Ausgangsspannung U_a des Spannungsteilers an, verwenden Sie dabei folgende Zeichen: "Ue, R1, R2, Rges und x"

- In Abhängigkeit der Widerstände: $U_a = 0.94828 \cdot U_e$
- In Abhängigkeit der Schieberposition χ : $U_a = U_e \cdot x$

4) Welche Aussagen treffen für den Ausgangsstrom des **unbelasteten** Spannungsteilers zu?

X	Ohne Messung beträgt der Ausgangsstrom exakt null.
X	Mit Messung beträgt der Ausgangsstrom nicht mehr exakt null, ist aber vernachlässigbar.
	Hängt von der angeschlossenen Last ab.
	Ist im unbelasteten Fall immer null (auch mit Messung).
	Ist nie exakt null, jedoch praktisch vernachlässigbar.

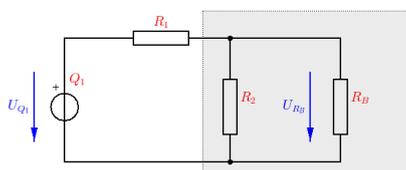
5) Geben Sie das korrekte Verhalten der Ausgangsspannung eines unbelasteten Spannungsteilers an:

X	Der Verlauf ist linear, d.h. es ergibt sich eine Gerade im Diagramm.
	Der Verlauf ist nur näherungsweise linear, d.h. es ergibt sich keine exakte Gerade im Diagramm.
	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt vom angeschlossenen Widerstand ab.
	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt nicht vom angeschlossenen Widerstand ab.
	Der Verlauf ist je nach Schieberposition gekrümmt oder linear.

6) Geben Sie die analytische Formel für die Verlustleistung eines Widerstands an. Verwenden Sie dabei folgende Zeichen: “**U, I, R**“

- Abhängig vom Strom der durch den Widerstand fließt: $P_V = R \cdot I^2$
- Eine beliebige, weitere Variante: $P_V = I \cdot U$

Belasteter Spannungsteiler

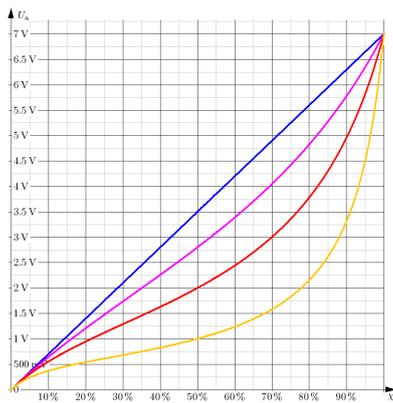


7) Geben Sie die Schaltung an, die sich an der Ausgangsseite eines belasteten Spannungsteilers ergibt:

	Serienschaltung
X	Parallelschaltung
	Wechselschaltung
	Ausschaltung
	Lastschaltung

8) Geben Sie die analytische Formel für die Schaltung an der Ausgangsseite an, verwenden Sie dabei folgende Zeichen: “**Ue, R1, R2, Rges, RB** und **x**“

$$R_E = 4.7876 \text{ k}\Omega$$



9) Markieren Sie die korrekten Aussagen zum Verlauf der Ausgangsspannung eines belasteten Spannungsteilers:

<input type="checkbox"/>	Der Verlauf des ist linear, d.h. es ergibt sich eine Gerade im Diagramm.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist nur näherungsweise linear, d.h. es ergibt sich keine exakte Gerade im Diagramm.
<input checked="" type="checkbox"/>	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt vom angeschlossenem Widerstand ab.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt nicht vom angeschlossenem Widerstand ab.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist je nach Schieberposition gekrümmt oder linear.

10) Welche Punkte ändern sich trotz Belastung nicht? Treffen weitere Aussagen auf den Verlauf zu?

<input checked="" type="checkbox"/>	Die Spannung in unterster Schieberposition.
<input checked="" type="checkbox"/>	Die Spannung in oberster Schieberposition.
<input type="checkbox"/>	Die Spannung in mittlerer Schieberposition.
<input type="checkbox"/>	Der gesamte Verlauf ist abhängig von der Last.
<input type="checkbox"/>	Der gesamte Verlauf ist unabhängig von der Last.

3.2.3 Übungsdurchführung

Mit Hilfe der Lernplattform „LeTTo“ konnte die Übungsdurchführung als interaktive Anleitung gestaltet werden, siehe folgende Seiten. Das bedeutet, die Lernenden werden nicht „blind“ bzw. „starr“ durch die Übung geführt. Es erfolgen immer wieder Verständnisfragen zum aktuellen Thema sowie Prüfungen der Zwischenergebnisse. Die Angaben sind darüber hinaus „LeTTo“-typisch individualisiert, d.h. jeder Lernende bekommt einen eigenen Satz aus Angabewerten.

SpgTeilerBel-Übungsdurchführung

Belasteter Spannungsteiler**Übungsdurchführung**

A) Unbelasteter Spannungsteiler

1) Benötigtes Material

Für den Aufbau werden folgende Elemente benötigt:

- **Spannungsquelle:** Es wird empfohlen ein Labornetzteil mit Strombegrenzung zu verwenden.
- **Potentiometer / Festwiderstände:** Es wird empfohlen Potentiometer in Leistungsausführung oder als bedrahtete Bauelemente zur Steckmontage zu verwenden. Die Verwendung von Festwiderständen ist aber ebenfalls möglich.
 - Der Gesamtwiderstand des Potentiometers bzw. der Gesamtwiderstand der beiden Teilwiderstände $R_{ges} = R_1 + R_2$ sollte in einem Bereich von $R_1, R_2, R_{Pot-ges}$: $50\Omega - 5k\Omega$ liegen
 - Im Fall von Festwiderständen werden mehrere Kombinationen aus R_1 und R_2 benötigt (etwa 6 bis 10).
 - * Der Gesamtwiderstand der Kombinationen sollte möglichst gleich sein,
 - * das Verhältnis der Widerstände R_1/R_2 sollte im Bereich von 1/10 bis 10/1 liegen.
- **2 Stk. Voltmeter** zur Messung der Ein- und Ausgangsspannung
- Verbindungsleitungen und wenn nötig ein Steckbrett zum Aufbau.

2) Überprüfung der Messgeräte und Bauteile

Im Fall eines Potentiometers wird dieses auf eine mittlere Stellung gebracht, d.h. $R_1/R_2 \approx 1 : 1$. Nun wird der Widerstand vom "oberen" Anschluss zum Schleifer hin gemessen, dieser Wert entspricht R_1 der Wert vom Schleifer zum "unteren" Anschluss entspricht dem Widerstand R_2 .

Im Fall von Festwiderständen werden zwei, mit etwa gleichem Wert genommen. Diese werden einzeln gemessen.

Geben Sie hier die ermittelten Werte ein:

$R_{1-gemessen} = 1 \Omega$ BOOLSCH:

$R_{2-gemessen} = 1 \Omega$ BOOLSCH:

Berechnung des Gesamtwiderstands $R_{ges} = R_1 + R_2 = Q_0 + Q_1$

Berechnung des Teilverhältnisses $R_1/R_2 = 1$

Nun wird die Versorgungsspannung auf einen Wert von 9V eingestellt und der Wert mit beiden Voltmetern überprüft. Die Einstellung kann nach der Anzeige eines der beiden Voltmeter erfolgen, damit ist sichergestellt, dass beide korrekt funktionieren.

Achtung: Die Widerstände sollen noch nicht mit der Spannungsquelle verbunden werden!

Messwert des Voltmeters das zum Einstellen verwendet wurde: 9V

Messwert des zweiten Voltmeters: Q_7

3) Berechnung der Strombegrenzung und der Verlustleistungen

Im Fall eines Potentiometers wird der Gesamtwiderstand verwendet, im Fall von Festwiderständen, die Kombination aus R_1 und R_2 mit dem geringsten Gesamtwiderstand. Mit Hilfe des ohmschen Gesetzes wird der zu erwartende (maximale) Strom berechnet.

$$I_{max} = \frac{9V}{Q_0 + Q_1}$$

Die Strombegrenzung des Netzgeräts wird auf einen etwas höheren Wert (z.B. +20 %) eingestellt.

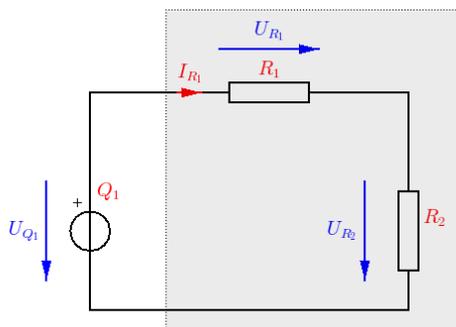
Die Verlustleistung wird ausgehend vom Strom mit der Formel $P_{\text{Verlust}} = I^2 \cdot R$ berechnet. Im Fall eines Potentiometers wird der Gesamtwiderstand verwendet. Im Fall von Festwiderständen muss dies für jede Kombination durchgerechnet werden.

Die berechnete Verlustleistung beträgt: $P_{\text{Verlust}} = Q_6 \cdot Q_{11}^2$ (Potentiometer)

Es muss sichergestellt werden, dass die Widerstände die jeweiligen Verlustleistungen aushalten. Im Fall von Leistungspotentiometer und Leistungswiderständen ist auch oft der maximal erlaubte Strom angegeben. In dem Fall ist dieser Wert zu kontrollieren.

4) Aufbau der Messschaltung

Zunächst wird der unbelasteter Spannungsteiler untersucht. Dazu ist folgende Schaltung aufzubauen:



Die Schaltung wird, bis auf die Verbindung der Spannungsquelle, entsprechend des oben dargestellten Schaltbildes aufgebaut.

a) Bei Verwendung eines Potentiometers ist wie folgt vorzugehen:

1. Die Spannungsquelle ist von der Schaltung getrennt.
2. Einstellung einer Schieberposition und damit eines Teilverhältnisses.
3. Messen der Teilwiderstände R_1 ("oberer" Anschluss zum Schleifer hin) und R_2 ("unterer" Anschluss zum Schleifer hin) mit einem Ohmmeter. Eintragen der Werte in eine Messtabelle.
4. Abklemmen des Ohmmeters, anschließen der Spannungsquelle und danach einschalten der Spannungsquelle.
5. Messen der Eingangs- und der Ausgangsspannung und eintragen der Werte in die Messtabelle.
6. Beginnend bei Punkt ein für eine **andere** Schieberposition (Punkt 2).

b) Bei Verwendung von Festwiderständen ist wie folgt vorzugehen:

- Das Verhältnis von R_1/R_2 sollte etwa im Bereich 1/10 bis 10/1 liegen und es sollten sich ca. 6 bis 10 unterschiedliche Kombinationen ergeben.
 - Die Widerstände R_1 und R_2 werden so gewählt, dass der Gesamtwiderstand $R_1 + R_2$ möglichst gleich bleibt. (Falls nötig kann sowohl R_1 als auch R_2 wiederum aus einzelnen Widerständen bestehen.)
1. Die Spannungsquelle ist von der Schaltung getrennt.
 2. Die erste Kombination aus R_1 und R_2 wird aufgebaut.

3. Messen der Teilwiderstände R_1 und R_2 mit einem Ohmmeter. Falls ein Widerstand aus Teilwiderständen aufgebaut ist, werden diese als "ein" Widerstand betrachtet. Eintragen der Werte in eine Messtabelle.
4. Abklemmen des Ohmmeters, anschließen der Spannungsquelle und danach einschalten der Spannungsquelle.
5. Messen der Eingangs- und der Ausgangsspannung und eintragen der Werte in die Messtabelle.
6. Beginnend bei Punkt 1) und eine **andere** R_1, R_2 Kombination in Punkt 2).

5) Auswerten der Daten

a) Mittels Tabelle:

Wenn nicht bereits während der Messung geschehen, werden die Messdaten zunächst in einer Tabelle geordnet. Hierfür bietet sich eine computergestützte Verarbeitung mittels Tabellenkalkulationsprogrammen oder ähnlichem an. Die gemessenen Daten werden sortiert, beginnend mit dem größten Verhältnis R_1/R_2 hin zu kleineren Werten. Ein Vorschlag für die Messtabelle samt Beispieldaten ist hier gezeigt:

R_1	R_2	R_{ges}	χ	U_e	U_a	U_a -berechnet	f
in Ω	in Ω	in Ω	in 1	in V	in V	in V	in %
2508	497	3005	0,1654	10,3	1,72	1,70	0,97
...

Unter f ist die relative Messabweichung, d.h. $f = \frac{x_a - x_r}{x_r}$, wobei x_a der Messwert und x_r der "richtige" Wert ist.

- Beurteilen Sie mit Hilfe von f die Übereinstimmung zwischen Messwert zu Rechenwert.

X	Gute Übereinstimmung
X	Mäßige Übereinstimmung
X	Schlechte Übereinstimmung

Ermitteln Sie zum Datensatz $U_a = f(\chi)$ mit Hilfe eines geeigneten Programms eine Ausgleichs- bzw. Regressionsgerade (auch Trendlinie genannt). Geben Sie die Koeffizienten k und d der ermittelten Geradengleichung $y = k \cdot x + d$ an, überlegen Sie sich auch die **korrekte Si-Einheit** der Größen!

$$k = 9 \text{ V}$$

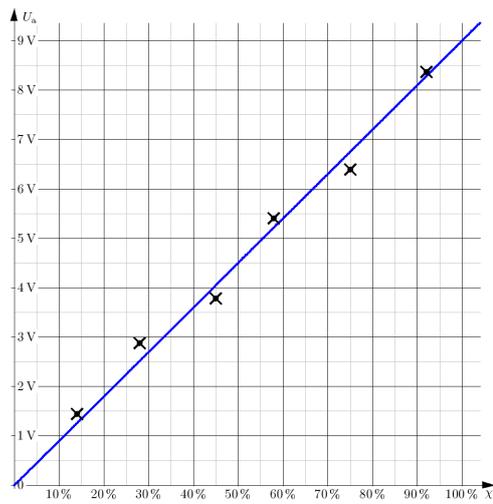
$$d = 0 \text{ V}$$

b) Mittels Diagramm:

Erstellen Sie ein Diagramm in dem die Ausgangsspannung U_a auf der y-Achse über die Schieberposition χ (bzw das Verhältnis R_2/R_{ges} im Fall von Festwiderständen) auf der x-Achse aufgetragen wird. Die zuvor ermittelte Ausgleichsgerade $y = k \cdot x + d$ sollte als durchgehende Linie, die Messpunkte als kleine Kreuze oder Kreise dargestellt werden.

Hinweis: Auch wenn kein expliziter Messpunkt vorhanden ist, so kann die Gerade in Richtung P(0|0) verlängert werden.

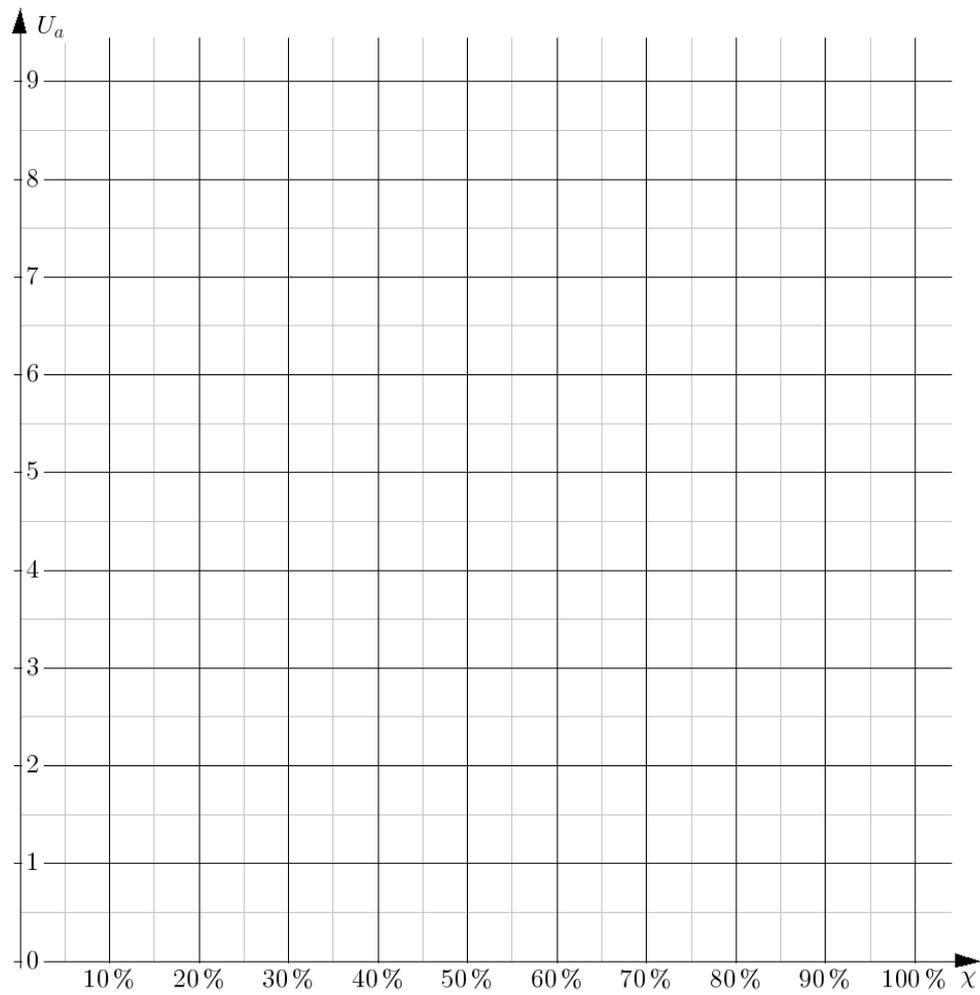
Hier ein Beispieldiagramm:



Laden Sie ein Bild des erstellten Diagramms hoch:

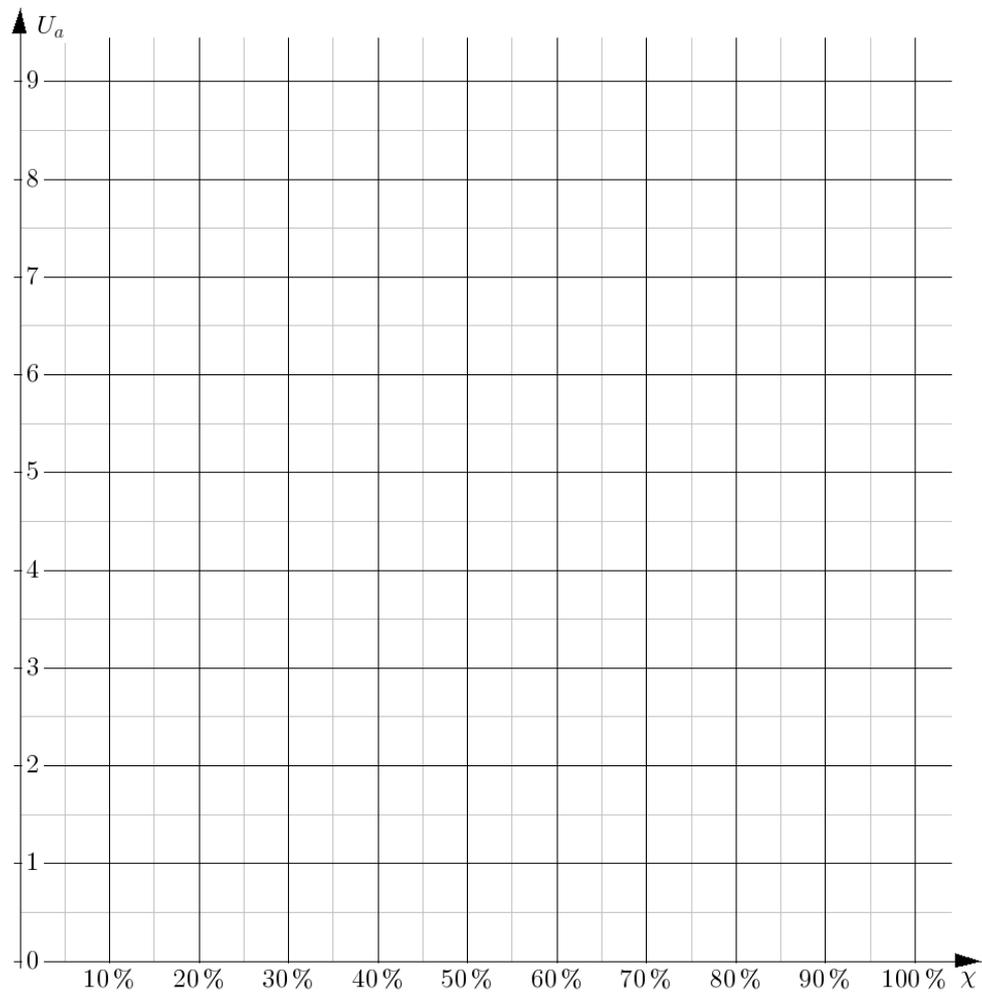
6) Überprüfung der ermittelten Werte

a) Tragen Sie die Messwerte in das Diagramm ein:



`matrix([0,0V],[1/20,450mV],[1/10,900mV],[3/20,1.35V],[1/5,1.8V],[1/4,2.25V],[3/10,2.7V],[7/20,3.15V],[2/5,3.6V],`

b) Zeichnen Sie die Ausgleichsgerade in das Diagramm ein:



`vgetmaxima(matrix,[0,0],[1,9V])`

BOOLSCH:
BOOLSCH:
BOOLSCH:
BOOLSCH:
BOOLSCH:

3.3 Belasteter Stromteiler

Beim Stromteiler handelt es sich wie beim belasteten Spannungsteiler um eine Grundschaltung der Elektrotechnik. Sie besteht im Grunde aus einer Stromquelle und zwei parallel geschalteten Widerständen. Im Laufe der Übung wird die Schaltung um einen Widerstand erweitert.

Die Ausarbeitung zur Übung „Belasteter Stromteiler“ wird hier analog zum Übungspaket des belasteten Spannungsteilers, Kapitel 3.2, gezeigt. Die Herangehensweise und die Umsetzung der einzelnen Übungsteile ist ident mit jenen des belasteten Spannungsteilers. Lediglich der fachliche Inhalt wurde entsprechend angepasst.

3.3.1 Vorberechnung

Auf den folgenden Seiten findet sich die erstellte Ausarbeitung:

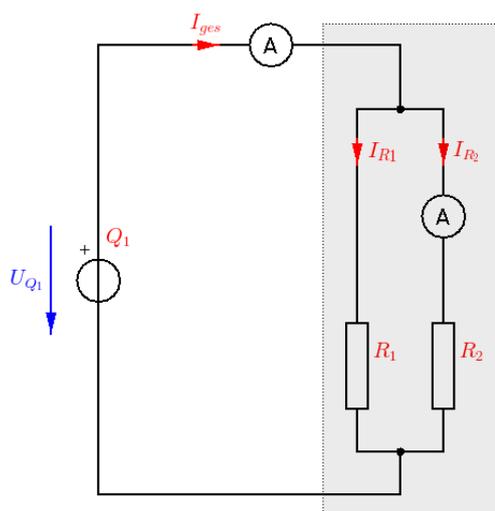
StrTeiler-Vorbesprechung

Belasteter Stromteiler
Vorbesprechung

Ziel dieser Laborübung ist es, den Aufbau und das Betriebsverhalten eines belasteten Stromteilers zu verstehen. Dieser stellt die Grundlage für viele Schaltungen in der Elektrotechnik dar.

Unbelasteter Stromteiler

Zu Beginn wird der **unbelastete** Stromteiler betrachtet, dieser ist in folgender Schaltung dargestellt:



Die Eingangsspannung ist hier mit U_Q bezeichnet, der eingangsseitige Strom entspricht hier dem Gesamtstrom I_{ges} , der ausgangssseitige Strom entspricht dem Teilstrom I_{R2} .

Bestimmen Sie zunächst den Typ der Schaltung:

	Serienschaltung
X	Parallelschaltung
	Wechselschaltung
	Direktschaltung

Für die Spannungen in der Schaltung ist folgendes zu erkennen:

X	Sie ist an beiden Widerständen gleich groß.
	Sie ist an beiden Widerständen unterschiedlich entsprechend des Ohmschen Gesetzes.
	Sie liegt hauptsächlich am größeren Widerstand an, da an diesem mehr Spannung abfällt.

Die Schaltung der beiden Widerstände lässt sich durch folgende Formel zusammenfassen:

	$R_{ges} = R_1 + R_2$
	$R_{ges} = R_1 \cdot R_2$
X	$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
X	$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

Für diese Schaltung kann folgender formelmäßiger Zusammenhang hergeleitet werden:

$$U_{ges} = U_{R_1} = U_{R_2} = R_{ges} \cdot I_{ges} = R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$$

Daraus folgt:

$$I_2 = \frac{U_{ges}}{R_2} = \frac{I_{ges} \cdot R_{ges}}{R_2}$$

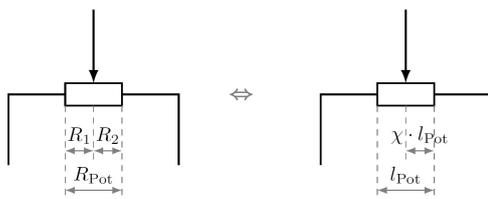
Mit $R_{ges} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ folgt weiter:

$$I_2 = \frac{I_{ges}}{R_2} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = I_{ges} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Definiert man den Strom durch R_2 als Ausgangsstrom, d.h. $I_2 = I_a$ und den Gesamtstrom als Eingangsstrom, d.h. $I_{ges} = I_e$ so erhält man folgende Formel. Diese besagt, dass sich der Eingangsstrom im Verhältnis vom nicht betrachteten Widerstand R_1 zur Summe der Widerstände $R_1 + R_2$ aufteilt. Die Formel ist ähnlich der des unbelasteten Spannungsteilers, allerdings steht hier der Widerstand im Nenner der **nicht** am Ausgang liegt.

$$I_a = I_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Ersetzt man die beiden Widerstände R_1 und R_2 durch ein Potentiometer, dann können die Widerstände R_1 und R_2 als Anteil des Gesamtwiderstands des Potentiometers R_{Pot} definiert werden. Entsprechend der Abbildung folgt: $R_1 = (1 - \chi) \cdot R_{Pot}$ sowie $R_2 = \chi \cdot R_{Pot}$.



Für den Strom im linken Zweig ergibt sich:

$$I_1 = I_e \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = I_e \cdot \frac{\chi \cdot R_{Pot}}{R_{Pot}} = I_e \cdot \chi$$

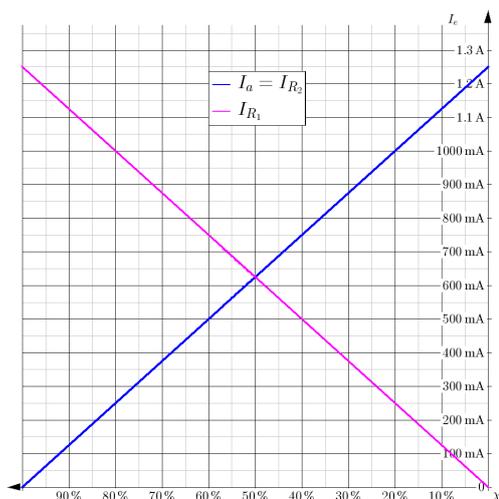
Für den (Ausgangs-)Strom im rechten Zweig ergibt sich:

$$I_2 = I_a = I_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = I_e \cdot \frac{(1 - \chi) \cdot R_{Pot}}{R_{Pot}} = I_e \cdot (1 - \chi)$$

Der Ausgangsstrom I_a hängt direkt vom Eingangsstrom I_e und der Schleiferposition χ ab. Darin zeigt sich das lineare Verhalten mit einem "1 - x"-Verlauf (= Geradengleichung $y = k \cdot x + d$). Das bedeutet, dass I_a mit zunehmendem χ abnimmt und mit abnehmendem χ zunimmt.

Beispiel:

Mit einem konstanten Eingangsstrom von $I_e = 1.25$ A ergibt sich für eine Variation des Schleifers von 0% bis 100% ("Schieber links = 100%" bis "Schieber rechts = 0%"):

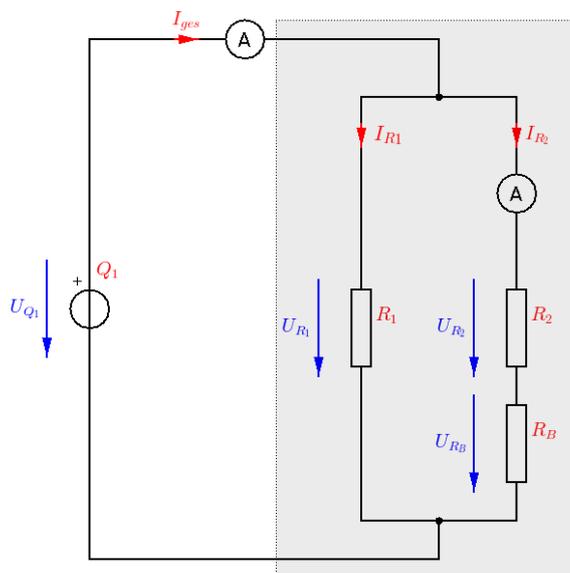


Aus den obigen Formeln bzw. der Abbildung können folgende Zusammenhänge erkannt werden:

X	Die Summe der Teilströme I_1 und I_2 ist konstant und ergibt den Strom I_e .
	Die Summe der Teilströme I_1 und I_2 ist konstant, jedoch unabhängig von I_e .
	Der Maximale Eingangsstrom fließt in linker Stellung.
	Der Maximale Eingangsstrom fließt in mittlerer Stellung.
	Der Maximale Eingangsstrom fließt in rechter Stellung.
X	Der Eingangsstrom I_e bestimmt sowohl den Ausgangsstrom I_a , als auch I_1 .
	Der Eingangsstrom I_e bestimmt nur den Ausgangsstrom I_a , nicht aber I_1 .
	Der Eingangsstrom I_e bestimmt weder den Ausgangsstrom I_a , noch I_1 .
	Die Schieberstellung beeinflusst hauptsächlich die Größe des Eingangsstroms.
X	Die Schieberstellung beeinflusst lediglich die Aufteilung, nicht aber die Größe des Eingangsstroms.
	Die Schieberstellung beeinflusst neben der Aufteilung, auch die Größe des Eingangsstroms.
	Die Schieberstellung beeinflusst hauptsächlich die Größe des Eingangsstroms.

Belasteter Stromteiler

Die zuvor gezeigte Schaltung wird mit einem Lastwiderstand R_B im Ausgangszweig erweitert:



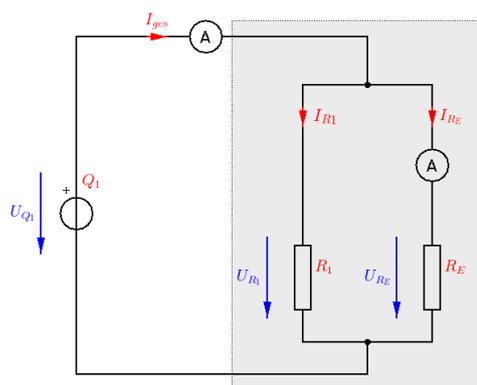
Die beiden Widerstände R_2 und R_B an der Ausgangsseite in einer:

<input checked="" type="checkbox"/>	Serienschaltung
<input type="checkbox"/>	Parallelschaltung
<input type="checkbox"/>	Doppelschaltung
<input type="checkbox"/>	Nebenschaltung

Mit folgender Formel können die beiden Widerstände zu einem Ersatzwiderstand R_E zusammengefasst werden:

<input checked="" type="checkbox"/>	$R_E = R_2 + R_B$
<input type="checkbox"/>	$R_E = R_2 \cdot R_B$
<input type="checkbox"/>	$R_E = \frac{R_2 + R_B}{R_2 \cdot R_B}$
<input type="checkbox"/>	$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_B}}$

Wird der Ersatzwiderstand R_E statt der Widerstände eingezeichnet, dann ergibt sich folgende Schaltung:



Es lässt sich leicht erkennen, dass diese Schaltung genau der des unbelasteten Stromteilers entspricht. Der Unterschied ist jedoch, dass der Ersatzwiderstand R_E nicht mehr nur vom Teilverhältnis χ , sondern auch vom Lastwiderstand R_B abhängt.

Die entsprechende Formel ergibt sich aus der des unbelasteten Stromteilers. Wobei der ausgangsseitige Widerstand R_E aus der Serienschaltung von R_2 und R_B besteht:

$$I_a = I_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_E} \quad (\text{entspricht dem unbelasteten Stromteiler mit } R_E \text{ an der Ausgangsseite})$$

mit $R_E = R_2 + R_B$ folgt:

$$I_a = I_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_B}$$

Beispiel:

Gehen wir von einem unbelasteten Stromteiler mit zwei Widerständen $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ aus, so ergibt sich ein Teilverhältnis von $R_1/R_{\text{Pot}} = 2/3$. Der Ausgangsstrom I_a im unbelasteten Fall entspricht dann genau zwei Drittel des Eingangsstroms I_e . Für z.B. $I_e = 0,6 \text{ A}$ ergibt sich ein $I_a = 0,4 \text{ A}$.

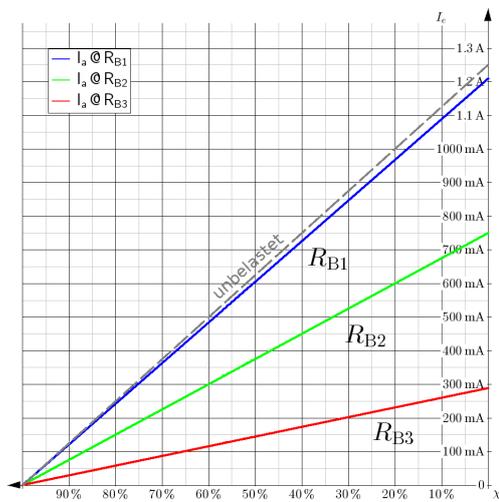
Kommt nun ausgangsseitig der Lastwiderstand R_B hinzu, so ändert sich die Spannungsaufteilung zwischen R_1 und R_2 , und somit auch die entsprechende Aufteilung der Zweigströme. Wir nehmen für unser Beispiel an, dass der Lastwiderstand $R_B = 100 \Omega$ beträgt, dann ergibt sich für die ausgangsseitige Serienschaltung $R_E = R_2 + R_B = 1,1 \text{ k}\Omega$. Berechnet man nun den Ausgangsstrom:

$$I_a = I_e \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_B} = 0,6 \text{ A} \cdot \frac{2 \text{ k}\Omega}{3,1 \text{ k}\Omega} = 0,6 \text{ A} \cdot \frac{2}{3,1} \approx 0,387 \text{ A} \quad (\text{zum Vergleich: } I_a = 0,4 \text{ A} \text{ im unbelasteten Fall})$$

Für einen Lastwiderstand der gegen 0 geht, ist der Ausgangsstrom gleich dem des unbelasteten Stromteilers. Für einen Lastwiderstand der gegen ∞ geht, geht der Ausgangsstrom gegen 0.

Allgemeine Betrachtung

Für drei verschiedene Lastwiderstände $R_{B1} < R_{B2} < R_{B3}$ ergeben sich folgende Verläufe der Ausgangsspannung über der Schleiferposition χ



Es lässt sich erkennen, dass die linke Position des Schleifers (bei 100 %) wie im unbelasteten Fall zu keinem Strom im “Ausgangszweig“ durch R_2 und R_B führt, d.h. $I_a = 0 A$. In der rechten Position (bei 0 %) kommt es zu einem reduzierten Strom im Vergleich zum unbelasteten Fall. Der Lastwiderstand R_B wirkt so, als ob der Schleifer im unbelasteten Fall nicht ganz nach rechts geschoben wäre. Der Verlauf dazwischen ist linear.

Merke: Ein Lastwiderstand R_B wirkt so, als ob der Schleifer im unbelasteten Fall nicht bis zum Anschlag geschoben werden könnte. Der Verlauf dazwischen ist eine Gerade.

3.3.2 Eingangsprüfung

Auf den folgenden Seiten ist die erstellte Eingangsprüfung dargestellt:

StrTeiler-Eingangsprüfung

Belasteter Stromteiler
Eingangsprüfung

Unbelasteter Stromteiler

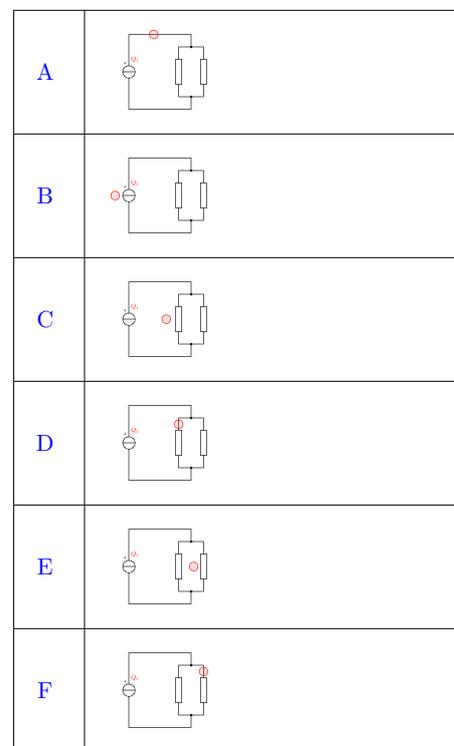
1) Um welche Schaltung handelt es sich beim unbelasteten Spannungsteiler?

	Serienschaltung
X	Parallelschaltung
	Wechselschaltung
	Direktschaltung
X	

2) Ordnen Sie die Begriffe der Tabelle zur Abbildung zu:

Hinweis: Widerstände sind "innerhalb" der Schaltung zu markieren!

A	Eingangsstrom I_e
B	Gesamtspannung U_{ges}
C	Widerstand R_1
D	Strom I_{R_1}
E	Widerstand R_2
F	Ausgangsstrom I_a



3) Geben Sie die Formel für den Ausgangsstrom I_a des unbelasteten Stromteilers an, verwenden Sie dabei folgende Zeichen: " **I_e , R_1 , R_2 , R_{Pot}** und **x** "

- In Abhängigkeit der Widerstände: $I_a = 0.98522 \cdot I_e$
- In Abhängigkeit der Schieberposition χ : $I_a = I_e \cdot (1 - x)$

4) Welche Aussagen treffen für die Spannung am Ausgangswiderstand U_{R_2} des **unbelasteten** Stromteilers zu?

X	Ohne Messung von I_{R_2} ist die Spannung am Ausgangswiderstand gleich der Eingangsspannung.
X	Mit Messung von I_{R_2} ist die Spannung am Ausgangswiderstand geringfügig kleiner als die Eingangsspannung, der Unterschied ist jedoch vernachlässigbar.
	Die Spannung am Ausgangswiderstand ist wegen der Parallelschaltung immer gleich der Eingangsspannung.
	Die Spannung am Ausgangswiderstand ist wegen der Stromaufteilung vor allem abhängig von der Schieberposition.

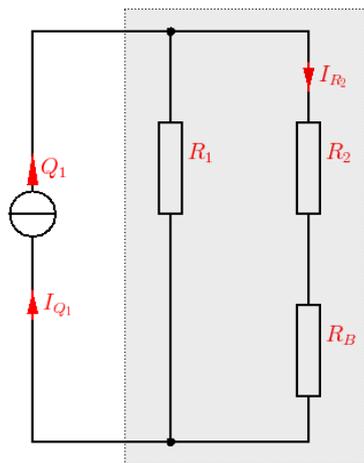
5) Geben Sie das korrekte Verhalten des Ausgangsströms eines unbelasteten Stromteilers an:

X	Der Verlauf des ist linear, d.h. es ergibt sich eine Gerade im Diagramm.
	Der Verlauf ist nur näherungsweise linear, d.h. es ergibt sich keine exakte Gerade im Diagramm.
	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt vom angeschlossenen Widerstand ab.
	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt nicht vom angeschlossenen Widerstand ab.
	Der Verlauf ist je nach Schieberposition gekrümmt oder linear.

6) Geben Sie die analytische Formel für die Verlustleistung eines Widerstands an. Verwenden Sie dabei folgende Zeichen: "U, I, R"

- Abhängig vom Strom der durch den Widerstand fließt: $P_V = R \cdot I^2$
- Eine beliebige, weitere Variante: $P_V = \frac{U^2}{R}$

Belasteter Stromteiler

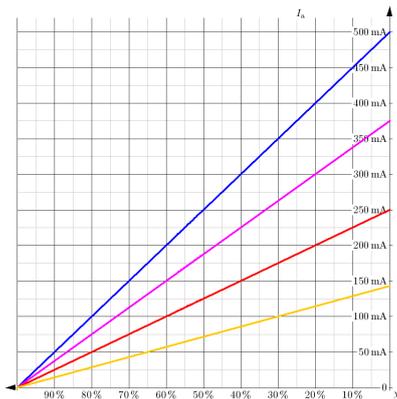


7) Geben Sie die Schaltung an, die sich an der Ausgangsseite eines belasteten Stromteilers ergibt:

<input checked="" type="checkbox"/>	Serienschaltung
<input type="checkbox"/>	Parallelschaltung
<input type="checkbox"/>	Wechselschaltung
<input type="checkbox"/>	Ausschaltung
<input type="checkbox"/>	Lastschaltung

8) Geben Sie die analytische Formel für die Schaltung an der Ausgangsseite an, verwenden Sie dabei folgende Zeichen: “ I_e , R_1 , R_2 , R_{Pot} , R_B und x “

$$R_E = 16500 \Omega$$



9) Markieren Sie die korrekten Aussagen zum Verlauf des Ausgangsstroms eines belasteten Stromteilers:

<input checked="" type="checkbox"/>	Der Verlauf des ist linear, d.h. es ergibt sich eine Gerade im Diagramm.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist nur näherungsweise linear, d.h. es ergibt sich keine exakte Gerade im Diagramm.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt vom angeschlossenen Widerstand ab.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist gekrümmt, die Krümmung hängt nicht vom angeschlossenen Widerstand ab.
<input type="checkbox"/>	Der Verlauf ist je nach Schieberposition gekrümmt oder linear.

10) Welche Punkte ändern sich trotz Belastung nicht? (im Vergleich zum unbelasteten Fall)

<input checked="" type="checkbox"/>	Der Strom ganz linker Schieberposition ($R_2 = \max.$).
<input type="checkbox"/>	Der Strom in mittlerer Schieberposition.
<input type="checkbox"/>	Der Strom ganz rechter Schieberposition ($R_2 = 0$).
<input type="checkbox"/>	Der gesamte Verlauf ist abhängig von der Last.
<input type="checkbox"/>	Der gesamte Verlauf ist unabhängig von der Last.

3.3.3 Übungsdurchführung

Auf den folgenden Seiten wird die erstellte Übungsdurchführung gezeigt:

StrTeiler-Übungsdurchführung

Belasteter Stromteiler
Übungsdurchführung

A) Unbelasteter Stromteiler

1) Benötigtes Material

Für den Aufbau werden folgende Elemente benötigt:

- a) **Stromquelle:** Es wird empfohlen ein Labornetzteil mit Strombegrenzung zu verwenden.
 b) **Potentiometer / Festwiderstände:** Es wird empfohlen Potentiometer in Leistungsausführung oder als bedrahtete Bauelemente zur Steckmontage zu verwenden. Die Verwendung von Festwiderständen ist aber ebenfalls möglich.

- Der Gesamtwiderstand des Potentiometers bzw. der Gesamtwiderstand der beiden Teilwiderstände $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ sollte in einem Bereich von $R_1, R_2, R_{\text{Pot-ges}}$: $\min(Q_0, Q_1) - 1 \text{ k}\Omega$ liegen
- Im Fall von Festwiderständen werden mehrere Kombinationen aus R_1 und R_2 benötigt (ca. 6 bis 10).
 - Der Gesamtwiderstand der Kombinationen sollte möglichst gleich sein,
 - das Verhältnis der Widerstände R_1/R_2 sollte im Bereich von 1/10 bis 10/1 liegen.

c) **2 Stk. Ampermeter** zur Messung des Ein- und Ausgangstroms

d) sowie Verbindungsleitungen und wenn nötig ein Steckbrett zum Aufbau.

2) Überprüfung der Bauteile

Im Fall eines Potentiometers wird dieses auf eine mittlere Stellung gebracht, d.h. $R_1/R_2 \approx 1 : 1$. Nun wird der Widerstand vom "linken" Anschluss zum Schleifer hin gemessen, dieser Wert entspricht R_1 der Wert vom Schleifer zum "rechten" Anschluss entspricht dem Widerstand R_2 .

Im Fall von Festwiderständen werden zwei, mit etwa gleichem Wert genommen. Diese werden einzeln gemessen.

Geben Sie hier die ermittelten Werte ein:

$$R_{1\text{-gemessen}} = 1 \Omega$$

$$R_{2\text{-gemessen}} = 1 \Omega$$

$$\text{Berechnung die Summe } R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 = Q_0 + Q_1$$

$$\text{Berechnung des Teilverhältnisses } R_1/R_2 = 1$$

Labornetzteil als Stromquelle:

Damit das Labornetzteil als Stromquelle arbeitet, wird die Strombegrenzung auf den gewünschten Wert eingestellt. Die Ausgangsspannung wird auf einen Wert eingestellt, der größer als die maximal nötige Spannung in beliebiger Schleiferposition ist (z.B. um den Faktor 1,2 größer).

Achtung: Die Widerstände sollen noch nicht mit der Spannungsquelle verbunden werden!

3) Ermittlung der nötigen Minimalspannung:

Überlegen Sie sich in welcher Schieberposition die maximale Spannung für einen vorgegebenen Strom nötig ist:

<input type="checkbox"/>	Die höchste Spannung tritt in der linken Schieberposition auf.
<input type="checkbox"/>	Die höchste Spannung tritt in der rechten Schieberposition auf.
<input checked="" type="checkbox"/>	Die höchste Spannung tritt in der mittleren Schieberposition auf.
<input type="checkbox"/>	Die Spannung ist unabhängig von der Schieberposition.

Die Widerstände R_1 und R_2 sind in dieser Schieberposition zur Versorgung gesehen in einer:

	Serienschaltung
X	Parallelschaltung
	Wechselschaltung
	Verringerungsschaltung
	Ringschaltung

Damit ergibt sich für einen Gesamtstrom I_{Q1} von 40 mA, eine minimal notwendige Versorgungsspannung von:

$$U_{\min} = \frac{40 \text{ mA} \cdot Q_0 \cdot Q_1}{Q_0 + Q_1} \text{ (Bitte mit Einheit eingeben!)}$$

4) Berechnung der Verlustleistungen

Mit der berechneten Minimalspannung U_{\min} und den gemessenen Werten für R_1 und R_2 aus Punkt 2) wird die maximal auftretende Verlustleistung berechnet. Die Leistung wird ausgehend von der Spannung mit der Formel $P_{\text{Verlust}} = U^2/R$ berechnet. Bei einem Potentiometer (oder baugleichen Widerständen) genügt es, den kleineren der beiden Widerstände in die Formel einzusetzen. Im Fall eines Potentiometers darf der errechnete Wert maximal die Hälfte der Gesamtverlustleistung des Potentiometers betragen!

Die berechnete Verlustleistung beträgt: $P_{\text{Verlust}} = \frac{\left(\frac{40 \text{ mA} \cdot Q_0 \cdot Q_1}{Q_0 + Q_1}\right)^2}{\min(Q_0, Q_1)}$ (max. halber Wert des ges. Potentiometers)

Es muss sichergestellt werden, dass die Widerstände die jeweiligen Verlustleistungen aushalten. Im Fall von Leistungspotentiometer und Leistungswiderständen ist auch oft der maximal erlaubte Strom angegeben. In dem Fall ist dieser Wert zu kontrollieren.

5) Überprüfung der Messgeräte

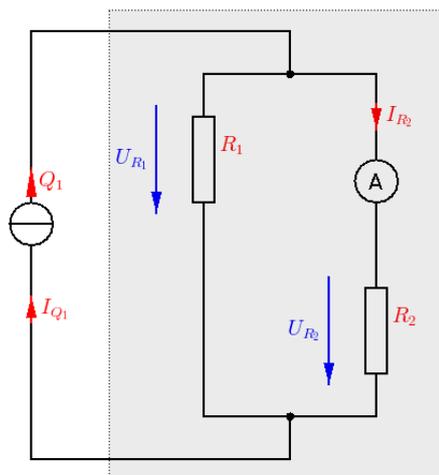
Nun wird die Strombegrenzung der Versorgung auf einen Wert von 40 mA eingestellt und nach Anschluss an die Schaltung der Wert mit **beiden** Ampermetern überprüft. (Damit ist sichergestellt, dass beide korrekt funktionieren. Die Einstellung des Stroms kann dabei nach der Anzeige eines der beiden Ampermeter erfolgen). Wie vorher erwähnt, wird die Spannung auf einen etwas größeren Wert eingestellt als für U_{\min} berechnet wurde.

Messwert des Ampermeters das zum Einstellen verwendet wurde: **40 mA**

Messwert des zweiten Ampermeters: **Q_{11}**

6) Aufbau der Messschaltung und Durchführung der Messung

Zuerst wird der unbelasteter Spannungsteiler untersucht. Dazu ist folgende Schaltung aufzubauen:



Die Schaltung wird, bis auf die Verbindung zur Stromquelle, entsprechend des oben dargestellten Schaltbildes aufgebaut.

a) Bei Verwendung eines Potentiometers ist wie folgt vorzugehen:

1. Die Stromquelle ist von der Schaltung getrennt.
2. Einstellen einer Schieberposition und damit eines Teilverhältnisses.
3. Messen der Teilwiderstände R_1 ("linker" Anschluss zum Schleifer hin) und R_2 ("rechter" Anschluss zum Schleifer hin) mit einem Ohmmeter.
4. Eintragen der Werte in eine Messtabelle.
5. **Abhängen** des Ohmmeters, anschließen der Stromquelle und danach einschalten der Quelle.
6. Messen des Eingangs- und der Ausgangsstroms und eintragen der Werte in die Messtabelle.
7. Beginnend bei Punkt ein für eine **andere** Schieberposition (Punkt 2).

b) Bei Verwendung von Festwiderständen ist wie folgt vorzugehen:

- Das Verhältnis von R_1/R_2 sollte etwa im Bereich 1/10 bis 10/1 liegen und es sollten sich ca. 6 bis 10 unterschiedliche Kombinationen ergeben.
 - Die Widerstände R_1 und R_2 werden so gewählt, dass der Gesamtwiderstand $R_1 + R_2$ möglichst gleich bleibt. (Falls nötig kann sowohl R_1 als auch R_2 wiederum aus einzelnen Widerständen bestehen.)
1. Die Stromquelle ist/wird von der Schaltung getrennt.
 2. Die erste Kombination aus R_1 und R_2 wird aufgebaut.
 3. Messen der Teilwiderstände R_1 und R_2 mit einem Ohmmeter. Falls ein Widerstand aus Teilwiderständen aufgebaut ist, werden diese als "ein" Widerstand betrachtet.
 4. Eintragen der Werte in eine Messtabelle.
 5. **Abhängen** des Ohmmeters, anschließen der Stromquelle und danach einschalten der Quelle .

6. Messen des Eingangs- und der Ausgangsstroms und eintragen der Werte in die Messtabelle.

7. Beginnend bei Punkt 1) und eine **andere** R_1 , R_2 Kombination in Punkt 2).

7) Auswerten der Daten im unbelasteten Fall

a) **Mittels Tabelle:**

Die gemessenen Daten werden in einer Tabelle sortiert, beginnend mit dem größten Verhältnis R_2/R_1 hin zu kleineren Werten. Hierfür bietet sich eine computerunterstützte Verarbeitung mittels Tabellenkalkulationsprogrammen oder ähnlichem an. Ein Vorschlag für die Messtabelle samt Beispieldaten ist hier gezeigt:

R_1	R_2	R_{ges}	χ	I_a	I_a -berechnet	f
in Ω	in Ω	in Ω	in 1	in mA	in mA	in %
48	457	505	0,905	50,2	4,83	4,77
...

Unter f ist die relative Messabweichung, d.h. $f = \frac{x_a - x_r}{x_r}$, wobei x_a der Messwert und x_r der "richtige" Wert ist.

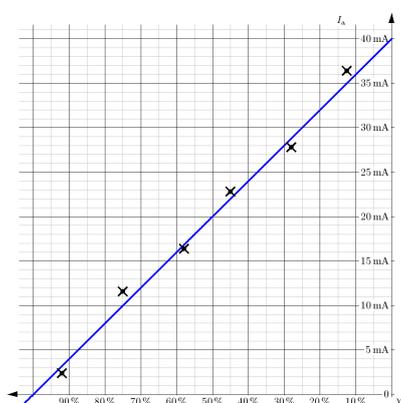
• Beurteilen Sie mit Hilfe von f die Übereinstimmung zwischen Messwert zu Rechenwert.

X	Gute Übereinstimmung
X	Mäßige Übereinstimmung
X	Schlechte Übereinstimmung

b) **Mittels Diagramm:**

Erstellen Sie ein Diagramm in dem der Ausgangsstrom I_a auf der y-Achse über die Schieberposition χ (bzw das Verhältnis $R_2/(R_1 + R_1)$ im Fall von Festwiderständen) auf der x-Achse aufgetragen wird.

Hier ein Beispieldiagramm (Beachten Sie die Richtung der x-Achse!):



Ermitteln Sie mit Hilfe eines geeigneten Programms eine Ausgleichs- bzw. Regressionsgerade (auch Trendlinie genannt). Geben Sie die Koeffizienten k und d der ermittelten Geradengleichung $y = k \cdot x + d$ an, überlegen Sie sich auch die **korrekte Si-Einheit** der Größen!

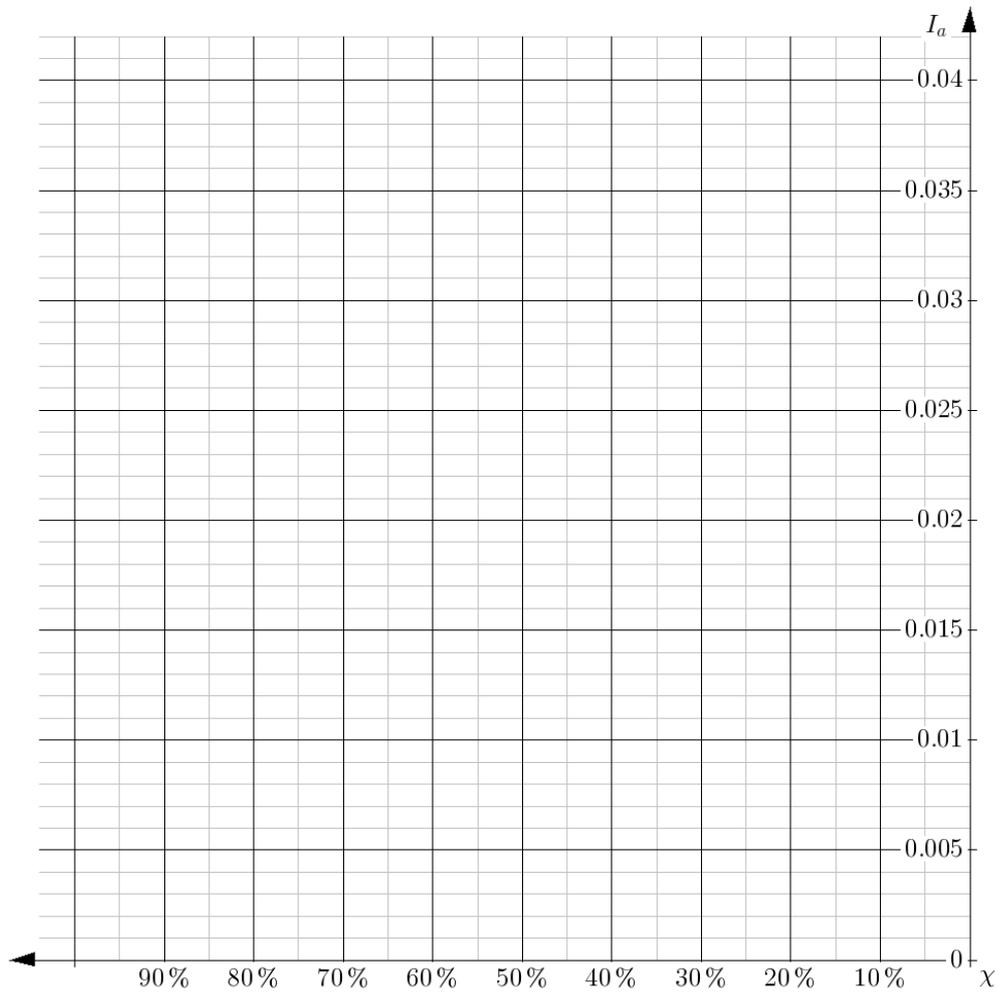
$$k = 40 \text{ mA}$$

$$d = 0 \text{ A}$$

Laden Sie ein Bild des erstellten Diagramms hoch

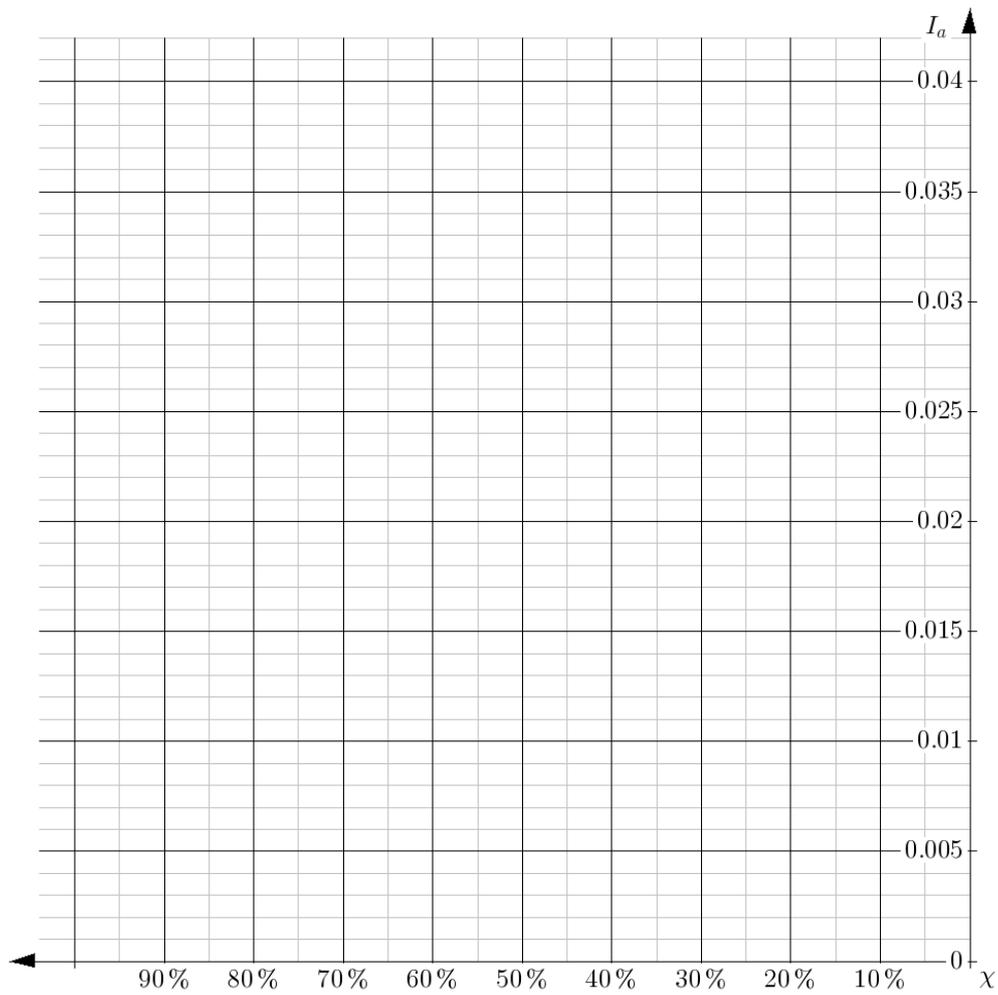
Hinweis: Die zuvor ermittelte Ausgleichsgerade $y = k \cdot x + d$ sollte als durchgehende Linie, die Messpunkte als kleine Kreuze oder Kreise dargestellt werden. Auch wenn kein expliziter Messpunkt vorhanden ist, so kann die Gerade in Richtung P(1|0) verlängert werden.

- 8) Überprüfung der ermittelten Werte im unbelasteten Fall
 a) Tragen Sie die Messwerte in das Diagramm ein:



`matrix([0,40mA],[1/20,38mA],[1/10,36mA],[3/20,34mA],[1/5,32mA],[1/4,30mA],[3/10,28mA],[7/20,26mA],[2/5,24`

- b) Zeichnen Sie die Ausgleichsgerade in das Diagramm ein:

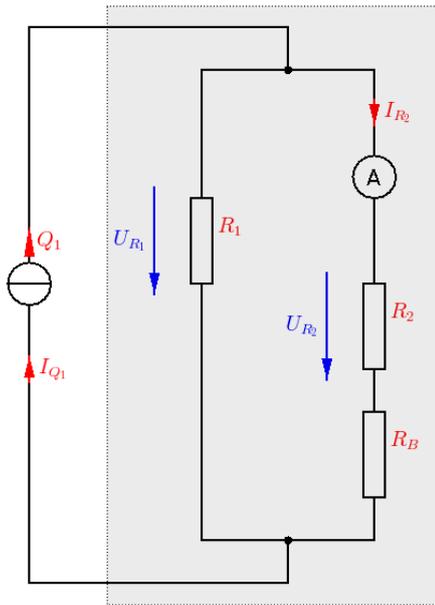


`vgetmaxima(matrix,[1,0],[0,40mA])`

B) Belasteter Spannungsteiler

9) Messung mit Lastwiderstand

Wie unten dargestellt, wird jetzt ein Lastwiderstand R_B **in Serie** zum Widerstand R_2 geschaltet. R_B sollte im ersten Lastfall ca. 10 % und im zweiten Lastfall ca. 30% des gesamten Potentiometerwiderstands R_{Pot} (bzw. des Gesamtwiderstands $R_1 + R_2$ im Fall von Festwiderständen) betragen.



Geben Sie den Messwert des Lastwiderstands R_{B1} an: $1\ \Omega$

Geben Sie den Messwert des Lastwiderstands R_{B2} an: $1\ \Omega$

Führen Sie nun die Messungen wie in Punkt 6) beschrieben für beiden Lastfälle noch einmal durch und tragen sie die Messwerte in eine Messtabelle ein. Erweitern sie die Tabelle um den Messwert des Lastwiderstands. Achten Sie dabei auch wieder auf die auftretenden Verlustleistungen.

8) Auswerten der Daten im belasteten Fall

BOOLSCH:

BOOLSCH:

BOOLSCH:

BOOLSCH:

BOOLSCH:

4 Zusammenfassung und Ausblick

Bezugnehmend auf die eingangs gestellten Fragen, nach der vollständigen Umsetzbarkeit einer Laborübung mit der Lernplattform „LeTTo“ und der Möglichkeit diese individualisiert, interaktiven und dynamisch zu gestalten, können diese kurz und knapp mit „Ja“ beantwortet werden. Es wurde gezeigt, dass sich die Plattform eignet ein komplettes Paket aus:

- Vorbesprechung
- Eingangsprüfung
- Übungsdurchführung

zu entwickeln. Im Laufe der Ausarbeitung hat sich gezeigt, dass insbesondere die interaktive Umsetzung einen erhöhten Aufwand in der erstmaligen Erstellung benötigt. Dieser Mehraufwand wird aber sofort dadurch belohnt, dass es zu einer detaillierteren Auseinandersetzung kommt. Beispielweise ist es notwendig sich über technische Details und Notwendigkeiten Gedanken zu machen:

- Überlegungen zu sinnvollen Bauteilwerten bzw. Wertebereichen
- Vorbereitende Maßnahmen vor der eigentlichen Messübung wie
 - Messung der tatsächlichen Bauteilwerte
 - Berechnung einer Spannungs- bzw. Strombegrenzung, usw.
- notwendige Reihenfolge des Messablaufs
- Klare Anweisungen für Handlungsabläufe bzw. Ablauflisten

Die intensive Auseinandersetzung hinsichtlich Ablauf und technischen Details könnte einige Fehlerquellen beseitigen oder zumindest reduzieren. Dadurch ist eine höhere Motivation der Lernenden zu erwarten.

Durch die interaktive Gestaltung ist es auch möglich den Schülerinnen und Schülern sofortiges Feedback zu geben. Beispielsweise zum berechneten (Zwischen-)Ergebnissen oder zur Kontrolle ob Bauteilwerte bzw. Einstellwerte innerhalb eines sinnvollen Bereichs liegen.

Schließlich ist zu erwarten, dass die Lernenden durch die digitale Erscheinung und das Punktesammeln zu einem gewissen Grad an „Computerspielen“ erinnert werden, was aus persönlicher Erfahrung im Theorieunterricht immer wieder vorkommt. Dies steigert zweifelsohne den Spaß und somit auch die Motivation bei der Nutzung.

Ausblick

Aus praktischer Sicht bleibt abzuwarten, ob der Einsatz tatsächlich so reibungslos abläuft wie erhofft. Es wird sich zeigen, an welcher Stelle Verbesserungen bzw. Anpassungen notwendig sind. Obwohl speziell bei der Übungsdurchführung besonderes Augenmerk auf die (technische) Durchführung gelegt wurde, sind anfängliche „Kinderkrankheiten“ nicht auszuschließen.

In didaktischer Hinsicht wird der hier erstellte Erstentwurf nicht als in „Stein gemeißelt“ angesehen. Sollten sich bessere Erklärungen im Theorieteil finden oder Anpassungen im Übungsablauf sinnvoll erscheinen, so werden diese laufend in die Übungspakete eingearbeitet. D.h. es soll sich bewusst um einen dynamischen Entwicklungsprozess handeln, der einen größt möglichen Mehrwert für Lehrende und Lernende bietet.

Aus theoretischer Sicht wäre, das Thema Feedback noch näher zu beleuchten, wie es beispielsweise von Hattie und Timperley (2007) behandelt wird und laut Hattie (2009) einen der Top zehn Einflussfaktoren für Lernerfolg darstellt. Sowohl von den Lehrenden an die Lernenden als auch umgekehrt. Besonders interessant erscheint jedoch der Feedback-Prozess der digitalen Lernplattform „LeTTo“ an die Schülerinnen und Schüler, da darin eine besondere Stärke der Lernplattform liegen könnte.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2007)	8
2.2	Der „geborene“ Lehrer aus: Helmke und Schrader (2006)	9
2.3	Die Schülerinnen und Schüler als Beobachter des Unterrichts: Helmke und Schrader (2006)	10

Literatur

- Asch, Daniel und Felix Pfahler (Apr. 2021). „LeTTo-Effekt an der HTL St. Pölten“. In: URL: <https://letto.at/wordpress/index.php/letto-der-mint-performer-lernplattform/letto-wissenschaft/>.
- Asch, Daniel, Felix Pfahler und Andreas Hopfeld (Juni 2021). „Nachhaltiger LeTTo-Effekt in der Landesberufsschule Stockerau“. In: URL: <https://letto.at/wordpress/index.php/letto-der-mint-performer-lernplattform/letto-wissenschaft/>.
- Bloom, Benjamin S. u. a. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. New York: Longmans, Green.
- Hattie, John (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. New York, USA: Routledge. ISBN: 978-0-415-47618-8.
- Hattie, John und Helen Timperley (2007). „The Power of Feedback“. In: *Review of Educational Research* 77.1, S. 81–112. DOI: 10.3102/003465430298487.
- Hausberger, Wolfgang (2023). *Warum und wie kommt es zu dem sogenannten LeTTo-Effekt und welche Unterschiede stellen sich an den Schulen LBS Stockerau und HTL St. Pölten dar?* Linz, Österreich. URL: <https://letto.at/wordpress/index.php/letto-der-mint-performer-lernplattform/letto-wissenschaft/>.
- Helmke, Andreas (2007). *Was wissen wir über guten Unterricht? Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Unterrichtsforschung und Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung*. URL: https://www.bildung.koeln.de/fileadmin/Google_Search_Console/andreas_helmke_.pdf.
- (2022). *Unterrichtsqualität und Professionalisierung: Diagnostik von Lehr-Lern-Prozessen und evidenzbasierte Unterrichtsentwicklung*. 1. Aufl. Hannover, Deutschland: Kallmeyer in Verbindung mit Klett, Friedrich Verlag GmbH. ISBN: 978-3-7727-1684-3. URL: <https://www.friedrich-verlag.de>.
- Helmke, Andreas und Friedrich-Wilhelm Schrader (2006). „Lehrerprofessionalität und Unterrichtsqualität: Den eigenen Unterricht reflektieren und beurteilen“. In: *Schulmagazin 5-10* 74.9, S. 5–12. URL: <https://dms-portal.bildung.hessen.de/elc/>

fortbildung/kuns/kuns_b1/helmke/LehrerprofessionalitatundUnterrichtsqualitat.pdf.

Meyer, Hilbert (2019). *Was ist guter Unterricht? Mit didaktischer Landkarte*. 15. Auflage. Berlin, Deutschland: Cornelsen Verlag Scriptor, ein Imprint der Cornelsen Schulverlage GmbH. ISBN: 978-3-589-22047-2.

Pfahler, Felix (2020). *Kompetenzentwicklung und Motivationssteigerung durch den Einsatz des E-Learning Systems LeTTo*. Baden, Österreich: Pädagogische Hochschule Niederösterreich. URL: <https://letto.at/wordpress/index.php/letto-der-mint-performer-lernplattform/letto-wissenschaft/>.

Seidel, Tina (2014). „Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie: Integration von Struktur- und Prozessparadigma“. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 60.6, S. 850–866. URL: https://www.pedocs.de/volltexte/2017/14686/pdf/ZfPaed_2014_6_Seidel_Angebots_Nutzungs_Modelle_in_der_Unterrichtspsychologie.pdf.