

Elektrische und magnetische Felder (LF und BF)

Erlasstagung Physik

01.-03.02.2023

Dr. M. Theiss und Dr. U. Wienbruch [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Überblick

- Influenz und Polarisierung
 - Experimente und Arbeitsblätter mit Einsatz von Argumentationsketten
- Coulomb-Gesetz
 - Experiment und Arbeitsblatt
 - Abituraufgabe
- Superposition von Feldern
 - Simulationen mit Geogebra und passende Arbeitsblätter zum elektrischen und magnetischen Feld
- Das elektrische Potenzial und die potenzielle Energie
 - Erinnerung an die Gelenkstellen
 - Experimente
- Laden und Entladen von Kondensatoren
 - Experimente
 - Modellierung mit Excel
- Teilchen in Feldern
 - Einsatz von Simulationen
 - Experiment zum Hall-Effekt
 - Beispiele für Abituraufgaben
- Übersicht über das Material

Influenz und Polarisierung

- **Vorwissen aus der Mittelstufe - Was muss wiederholt werden?**
Strom als fließende Ladung
Ladungsmenge im I-t-Diagramm

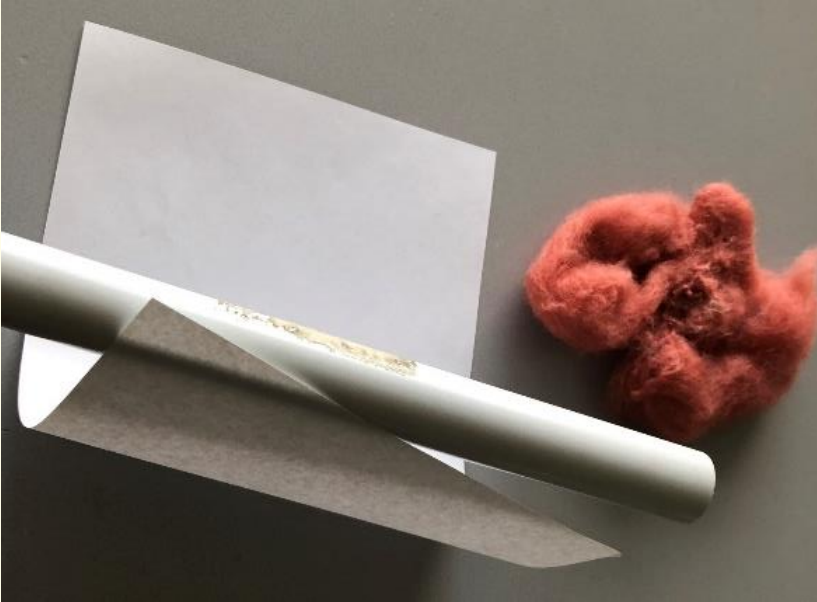
Hinweis: Elektrostatik und elektrisches Feld sind häufig nicht im Rahmen der Mittelstufe unterrichtet worden!

- **Herausforderung: Von Kräften zwischen Ladungen zum Feldkonzept**
Vorgehen in Schulbüchern: Elektrostatische Phänomene zuerst
-> Erklärung erfolgt über die Kraft auf eine Ladung

Kennen Sie Beispiele für Schwierigkeiten, die Lernende bei der Beschreibung und Erklärung elektrostatischer Phänomene haben?

Influenz und Polarisation (BF und LF)

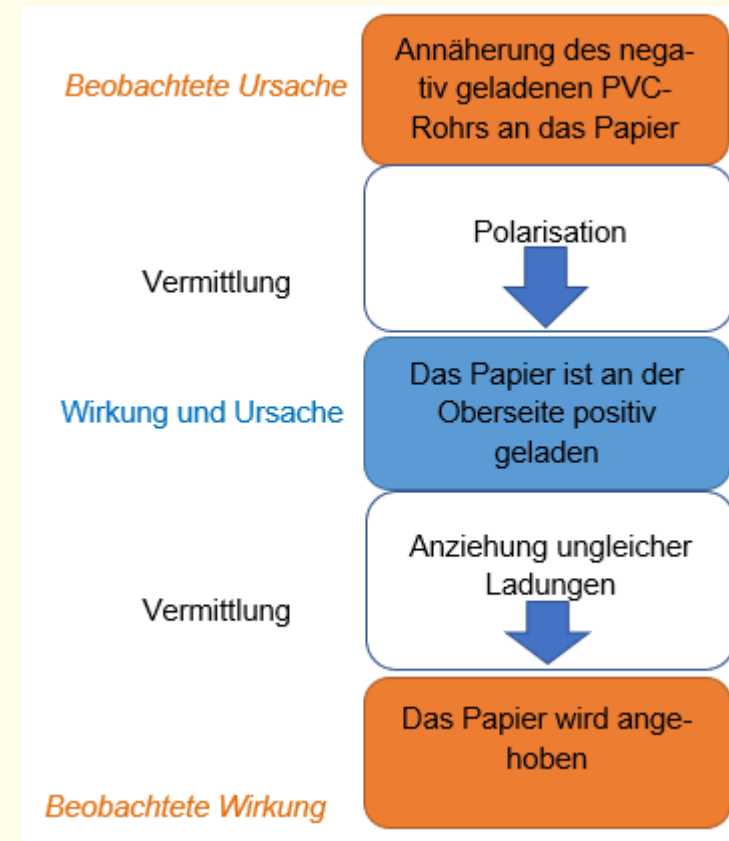
Einsatz von Argumentationsketten



- Weitere Beispiele für den Einsatz von Argumentationsketten:

IQB-Lernaufgabe: *Aufstellen von Argumentationsketten am Beispiel von Induktionsvorgängen* unter folgendem Link:

https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/physik/

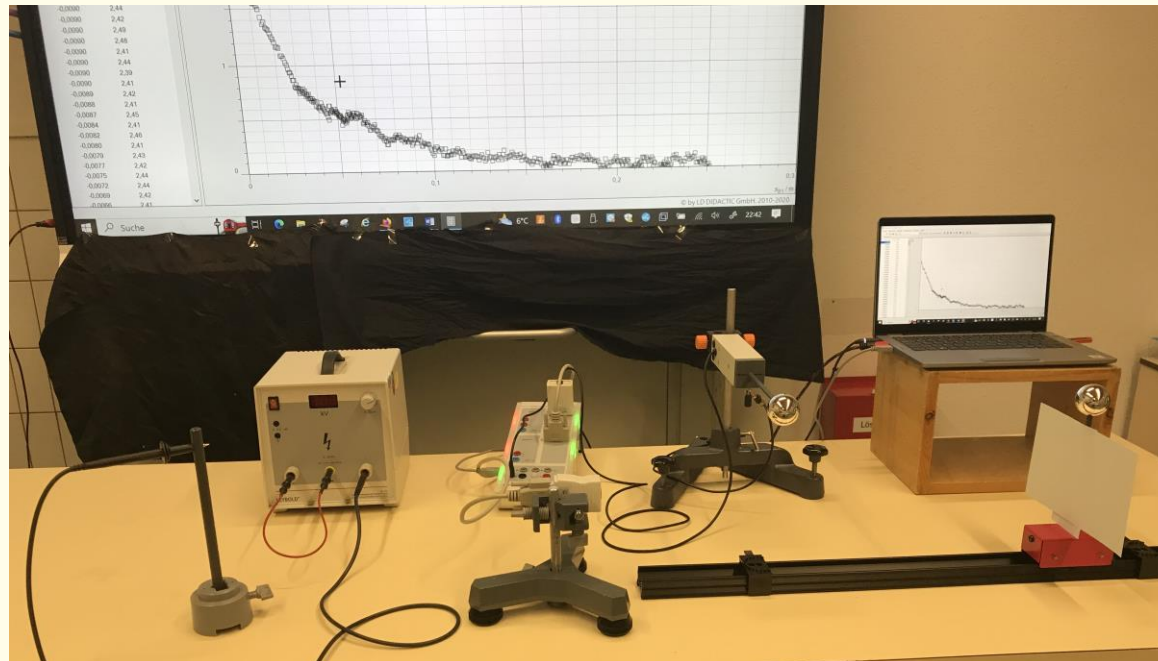


Das Coulomb-Gesetz (LF)

Zentrales Experiment: Realer Versuchsaufbau und stummes Video für $F \sim \frac{1}{r^2}$
mit Arbeitsblatt

[Simulation zum Coulombgesetz](#)

[Beispielaufgabe IQB](#) zum Coulomb-Gesetz: [Coulombregression_Aufgabe.pdf](#)



Superposition von elektrischen Feldern (BF und LF)

Geogebra-Simulation mit Arbeitsanweisungen

Überlagerung elektrischer Felder zweier Punktladungen

Anleitung:

Mit den Schieberegler können Sie die Ladungen Q1 und Q2 einstellen.

Es sind Ladungen von -50nC bis +50nC möglich.

Den Punkt P im elektrischen Feld können Sie mit der Maus verschieben.

Den Abstand zwischen Q1 und Q2 können Sie verändern, indem Sie Q2 mit der Maus verschieben.

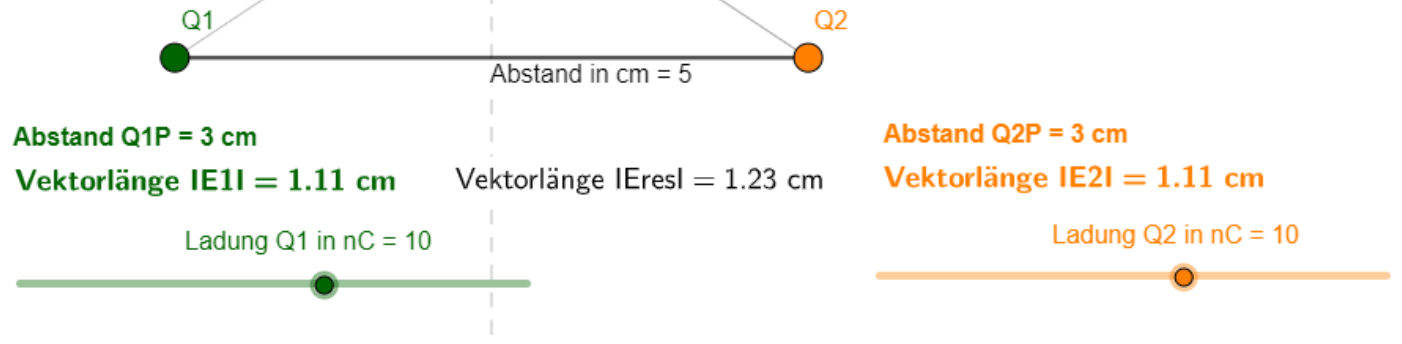
Die Länge der Feldstärkevektoren und der Abstände wird in cm angegeben.

Die jeweiligen Beträge der Feldstärke E1, E2 und Eres können mithilfe des angegebenen Maßstabs aus der Vektorlänge berechnet werden.

Maßstab:

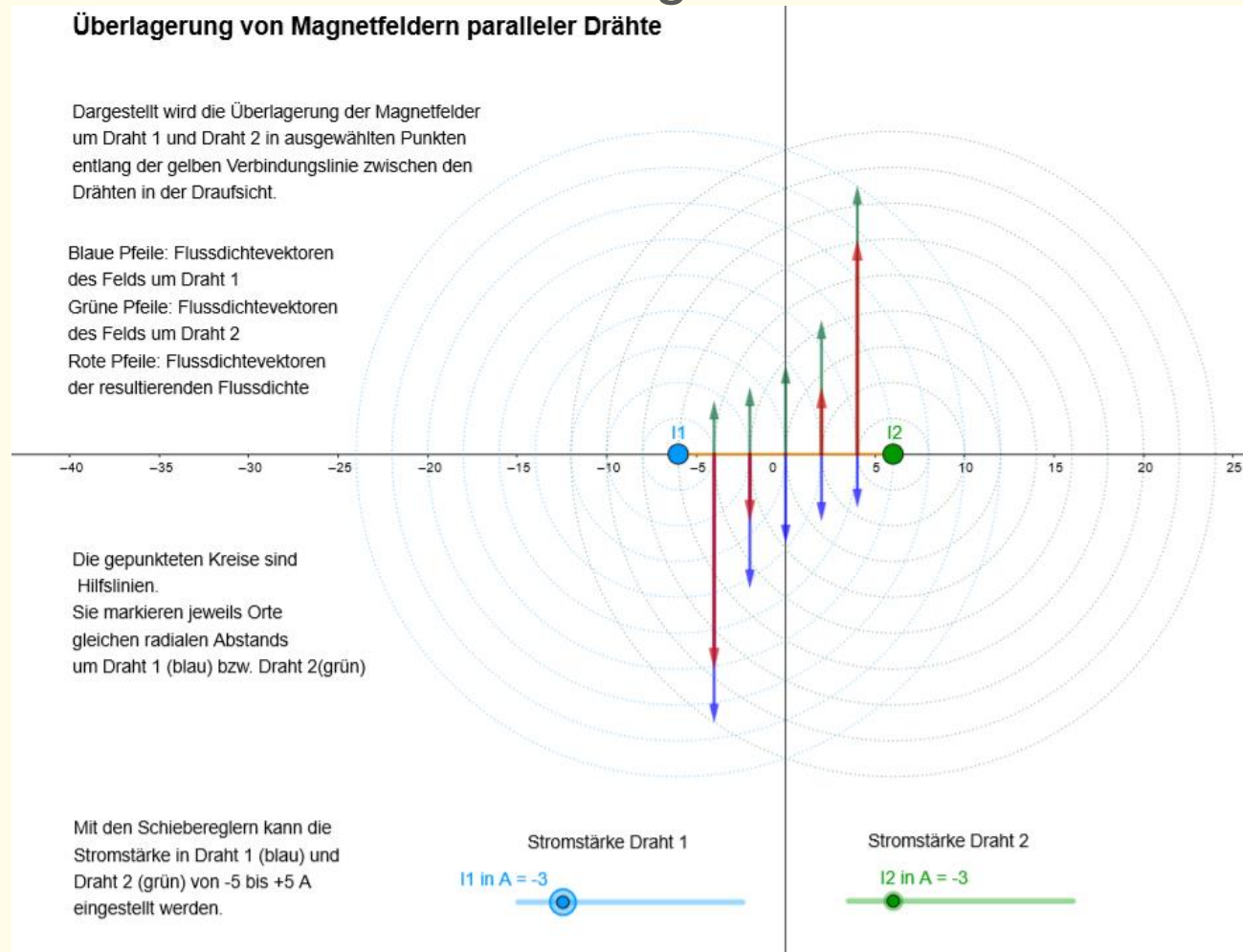
Eine Vektorlänge von 1cm entspricht der Feldstärke in einem Punkt P im Abstand von 1cm von einer Punktladung von 1 nC

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{Q}{r^2} = 89875,5 \frac{C}{m^2}$$



Superposition von Magnetfeldern (BF und LF)

Geogebra-Simulation mit Arbeitsanweisungen



Das elektrische Potenzial und die potenzielle Energie

Definition des **elektrischen Potenzials**: $\varphi = \frac{E_{pot}}{Q}$

Der Begriff ist hilfreich zum Verständnis der potenziellen Energie auch in Analogie zum Gravitationsfeld:

Äquipotenziallinien (als „elektrische Höhenlinien“) und Höhenlinien auf Landkarten
→ Hinter beiden Fällen steht das Konzept der potenziellen Energie

Vorschlag für eine allgemeine Definition der potenziellen Energie:

*Die Energie, die allein von der Position eines Körpers relativ zu einem Bezugsniveau abhängt, nennt man **potenzielle Energie**.*

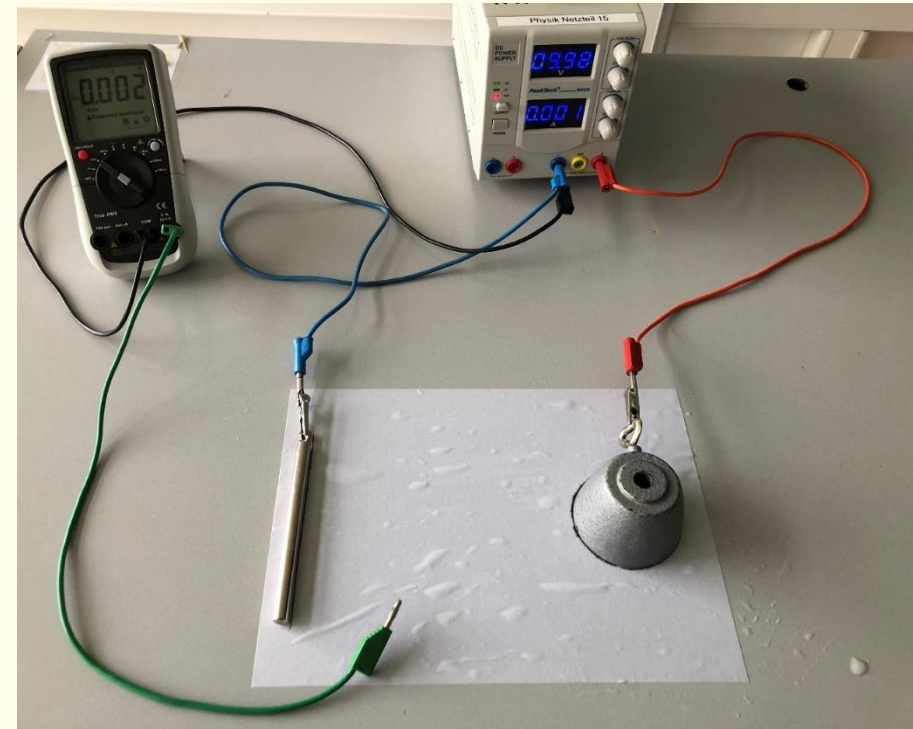
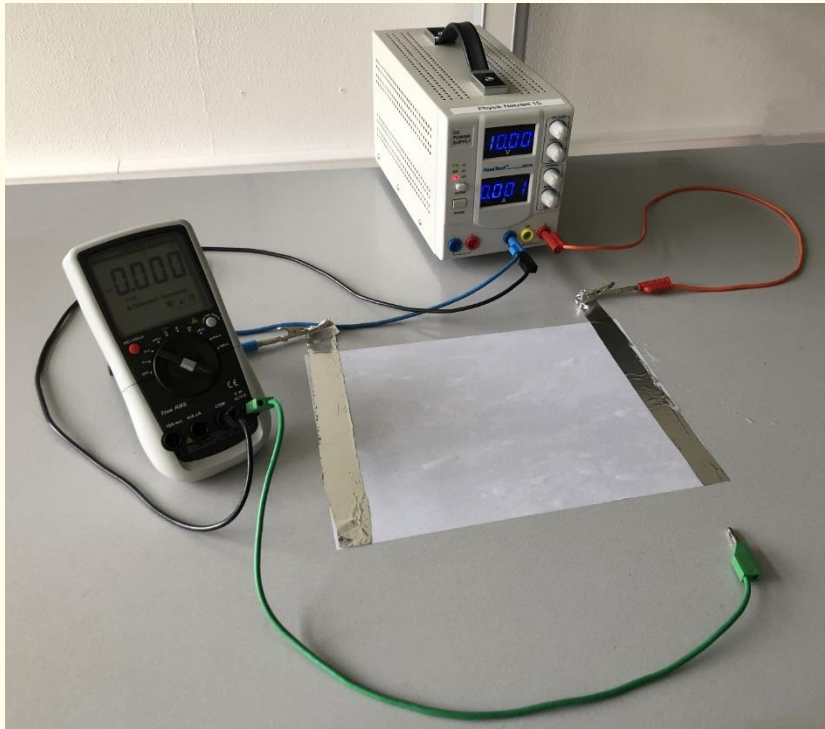
Beispiele:

- Lageenergie im Gravitationsfeld
- Spannenergie einer Feder beim Federpendel (Körper → Pendelkörper)
- Potenzielle Energie eines geladenen Teilchens im elektrischen Feld

Das elektrische Potenzial

Experimente zum elektrischen Potenzial (LF)

- Demonstrationsexperiment mit der Flammensonde als stummes Video
- Schülerexperimente in zwei Varianten

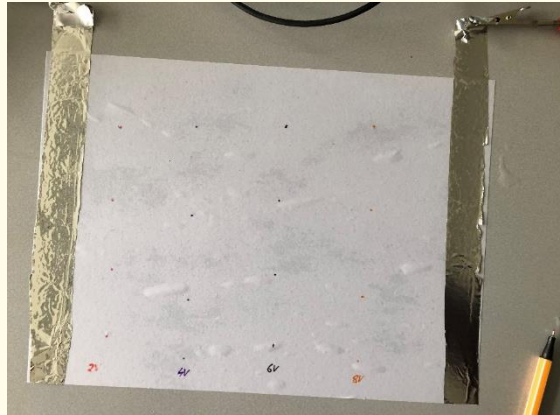
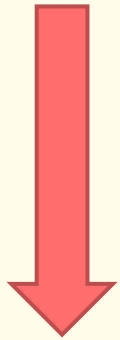


Das elektrische Potenzial

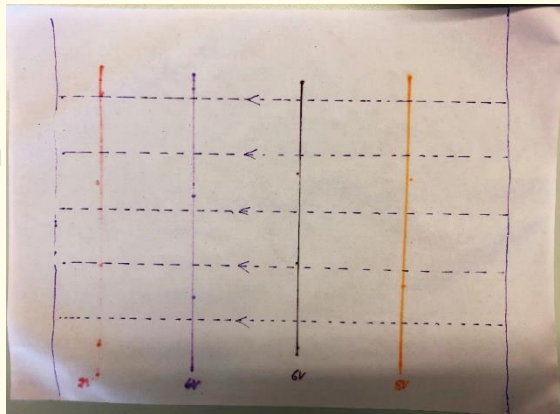
für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!

Homogenes Feld:

Von der Messung



über die Äquipotenziallinien zu elektrischen Feldlinien



und zur elektrischen Feldstärke $E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$

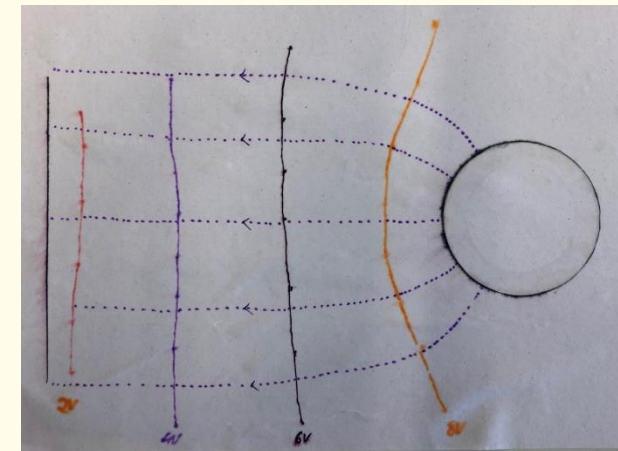
Von der Messung



Inhomogenes Feld:

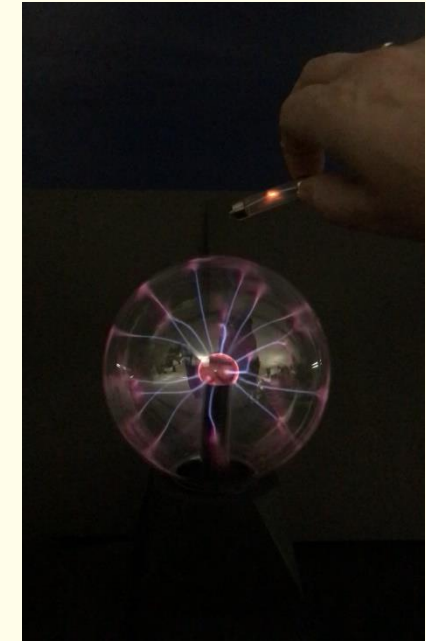


über die Äquipotenziallinien zu elektrischen Feldlinien verschiedenster Anordnungen



Vertiefende Experimente mit der Plasmalampe (BF, LF)

- Vertiefung zum Themenbereich elektrisches Feld
- Einsetzbar je nach Experiment zur Vertiefung zum elektrischen Potenzial oder zum Abschluss des Themas „Elektrisches Feld“
- Z.B. mit Think-pair-share-Methode werden Bezüge zum bisher Gelernten hergestellt und Erklärungen erarbeitet.



Funktionsweise
einer
Glimmlampe

Elektrisches
Potenzial

Elektrische
Feldstärke

Elektrisches
Radialfeld

Beschleunigung
einer Ladung im
elektrischen Feld

Laden und Entladen eines Kondensators

Gefordert vom Bildungsplan:

Im Basisfach:

...den zeitabhängigen Aufladevorgang und Entladevorgang eines Kondensators **anhand von I-t-Diagrammen qualitativ erläutern** und den **Entladevorgang mit Hilfe der Exponentialfunktion mathematisch beschreiben**, sowie den Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität beschreiben.

Im Leistungsfach:

...den zeitabhängigen *Auf-* und *Entladevorgang* eines *Kondensators* **anhand von U-t- und I-t-Diagrammen erläutern und mit Hilfe der Exponentialfunktion mathematisch beschreiben** sowie den Einfluss der Parameter *Widerstand* und *Kapazität* beschreiben

IQB-Beispielaufgabe:

Defibrillatoren retten Leben (Grundlegendes Niveau)

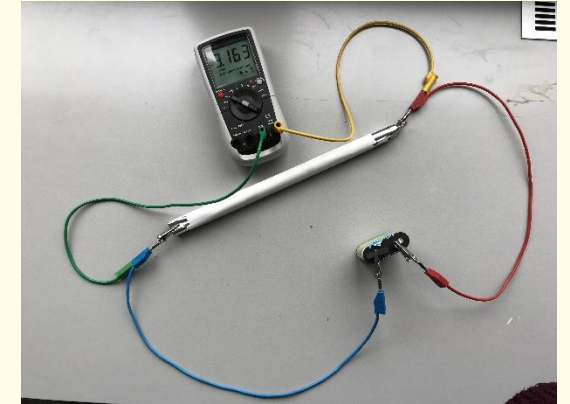
Abituraufgaben Niedersachsen:

Abitur 2016 I: Natur- und Materialkonstanten, Aufgabe 1

Laden und Entladen eines Kondensators

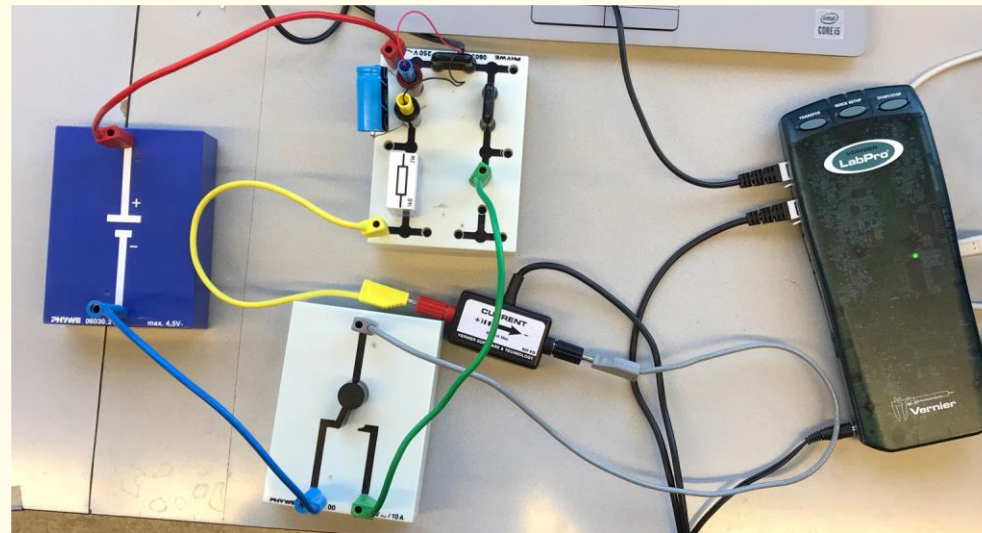
Erarbeitung der Kompetenzen im Schülerpraktikum

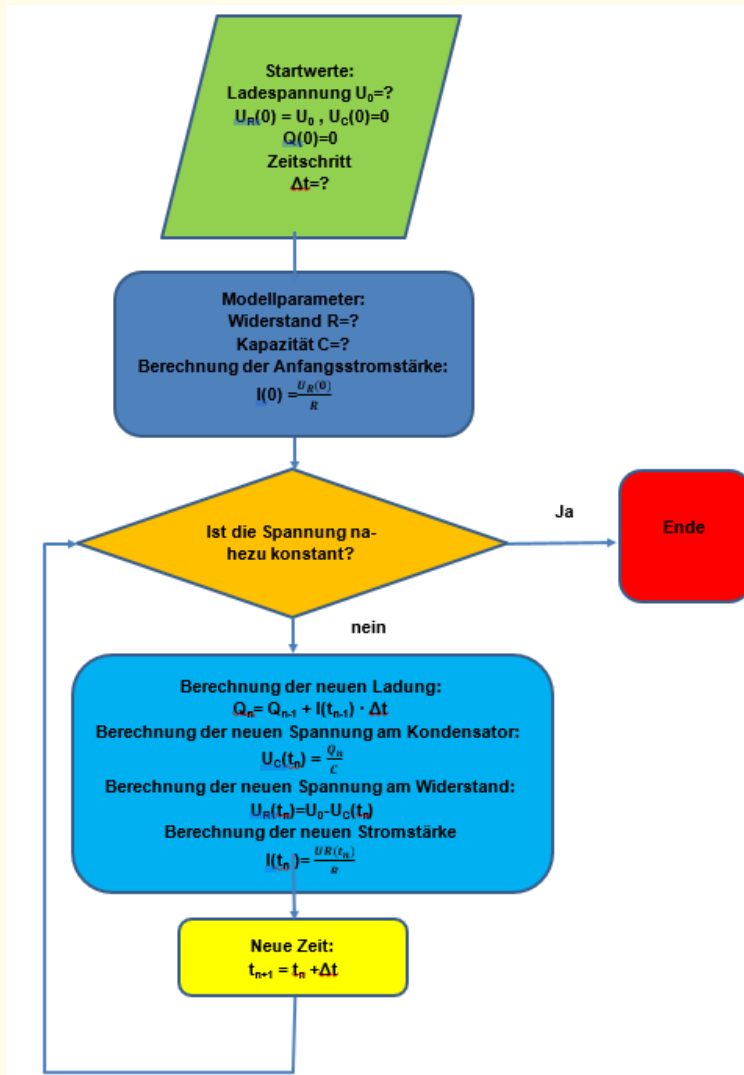
- Wickelkondensator im Selbstbau (BF und LF)
 - > Theoretische Abschätzung der Kapazität
 - > Bestimmung der Ladung durch die Lehrkraft mit Messverstärker zur Berechnung der Kapazität
 - > Laden und anschließendes Entladen des Wickelkondensators über ein Multimeter ermöglicht erste Vermutungen über exponentiellen Verlauf
 - > **Laden und Entladen des Wickelkondensators über einen 1 M Ω -Widerstand mit Messwertfassungssystem: Aufzeichnung von $U(t)$ (LF)**
- Aufbau mit verschiedenen Systemen (Cassy, Vernier)**



Laden und Entladen eines Elektrolytkondensators

- Laden und Entladen (z.B. 2200 μF über 100 Ω , 470 Ω und 1000 Ω) mit Messwerterfassungssystem.
- Aufbau mit verschiedenen Systemen: Cassy, Vernier:
 - Aufzeichnung von $I(t)$ und $U(t)$ (LF, Vertiefung BF)
 - Auswertung der Messdaten:
 - > Bestimmung der Kapazität aus der Halbwertszeit (BF und LF)
 - > Anpassung einer Exponentialfunktion (LF)

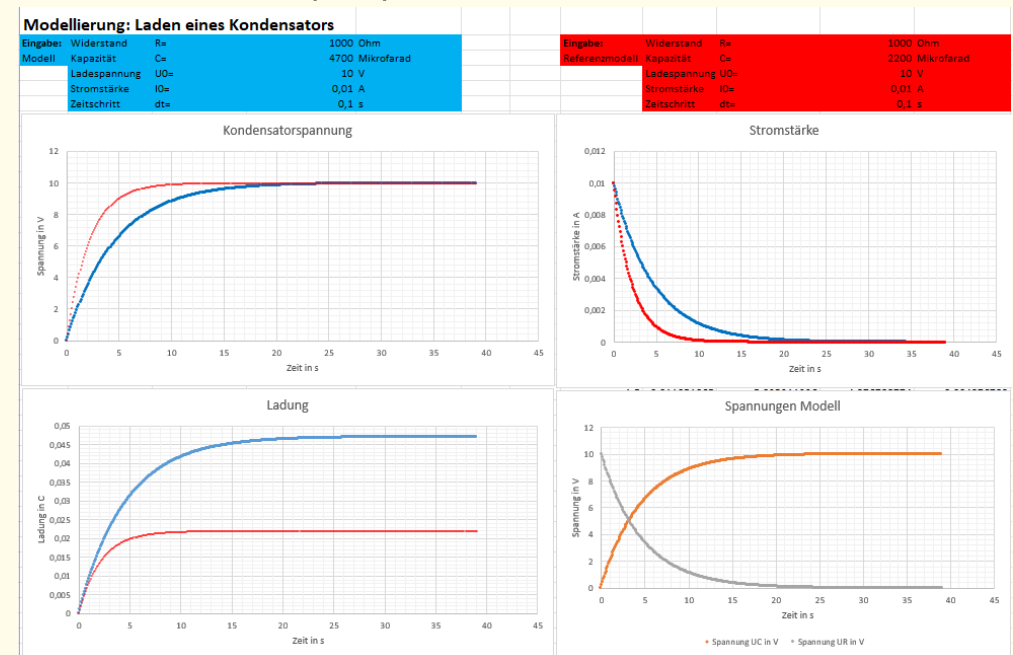




Modellieren mit Excel

Ladevorgang eines Kondensators Material für

- den Einsatz der fertigen Modellierung LF, BF
- die Erstellung eines Modells mit Excel (LF)



Hinweis auf Geogebra-Simulationen zum Thema Kondensator

Dr. M. Ziegler hat Simulationen zum Laden und Entladen von Kondensatoren erstellt:

- Auf- und Entladung Kondensator I, Q und Tangente an Q
<https://www.geogebra.org/m/yeabxrijr>
- Auf- und Entladung Kondensator I, Q und Flächen
<https://www.geogebra.org/m/qs9d8pt7>
- Auf- und Entladung Kondensator I, Q, UR und UC
<https://www.geogebra.org/m/knncz9e6>

Teilchen in Feldern

Neuerungen aus 2016 und aktuelle Erweiterungen LF:

- > Bewegung geladener Teilchen senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld quantitativ beschreiben (Newton'sche Prinzipien, Bahnformen)
Zu den Bahnformen gehört im LF auch die Schraubenbahn
- > die Bewegung geladener Teilchen in gekreuzten homogenen elektrischen und magnetischen Feldern erklären (zum Beispiel Wien'sches Filter und Massenspektrograph)

Rolf Pfiffer hat im Rahmen der ZPG 6 eine kontextorientierte Umsetzung des Themas im Rahmen der Strahlentherapie vorgestellt, bei der Individuelle Erarbeitung der Grundlagen mit Hilfe von Webseiten und Simulationen erfolgte.

Auf der Website <https://virtuelle-experimente.de/index.php> gibt es u.a. virtuelle Experimente zur Bewegung von Elektronen im E- und B-Feld und weiteres Material zum Thema.

Geeignet zur Integration in den Unterricht: Zur Demonstration, zum selber Lernen, aber auch für einzelne Phasen des Unterrichts (Übungen).

Stummes Video Elektronenablenkröhre https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lmuvideo/e-lehre/bewegung-in-e-und-b-feld/bewegung-im-homogenen-querfeld/index.html

Teilchen in Feldern

Zentrale Demonstrationsexperimente (BF, LF)

- Elektronenablenkröhre
- Fadenstrahlröhre



Exemplarischer Schwerpunkt liegt auf dem Einsatz der Fadenstrahlröhre zur Bestimmung der spezifischen Ladung mit Arbeitsmaterialien für den Unterricht, auch unter Einsatz der o.g. Website

Teilchen in Feldern

Beispiele für Anforderungen in Abituraufgaben:

- Beispiele für Abituraufgaben zum Thema Teilchen im B-Feld:
<https://virtuelle-experimente.de/b-feld/uebungen/aufgaben.php>
- Beispiele zu Abituraufgaben zu Teilchen im E-Feld
<https://virtuelle-experimente.de/e-feld/uebungen/aufgaben.php>

Abituraufgaben Niedersachsen:

Abitur 2016 I: Natur- und Materialkonstanten, Aufgabe 2

Abitur 2020 I: Experimente mit Elektronen, Aufgabe 2

Der Hall-Effekt (LF)

Gefordert vom Bildungsplan:

Die Schülerinnen und Schüler können den Hall-Effekt **beschreiben**.

Beispiele für in Abituraufgaben geforderte Kompetenzen:

Beschreiben des Hall-Effekts anhand einer Skizze

Vorgegebene Formel für die Hallspannung für Berechnungen einsetzen

- [Abituraufgaben Niedersachsen:](#)

Abitur 2020 I: Experimente mit Elektronen, Aufgabe 1

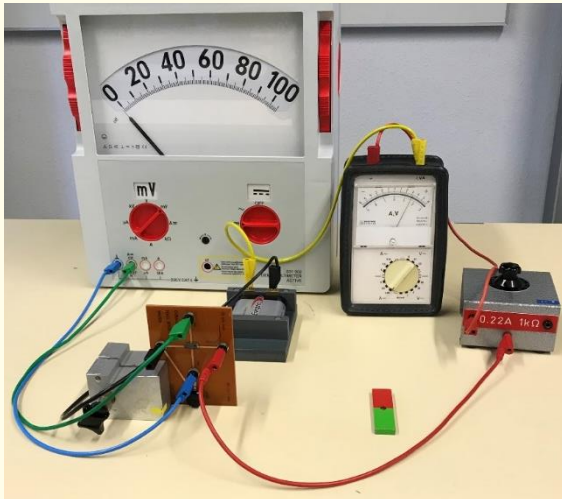
Abitur 2021 II b: Interferenz von Licht und Magnetfeldmessungen am geraden Leiter, Aufgabe 3

Abitur 2022 II b: Interferenz – Schwingungen – Magnetfelder, Aufgabe 3

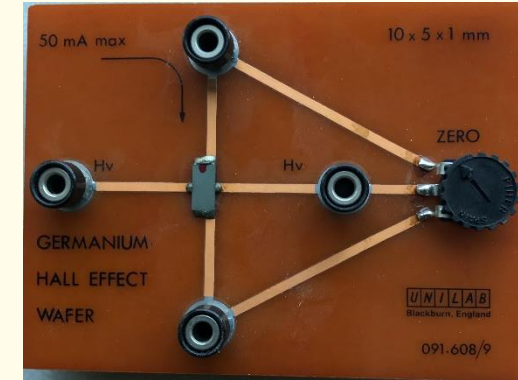
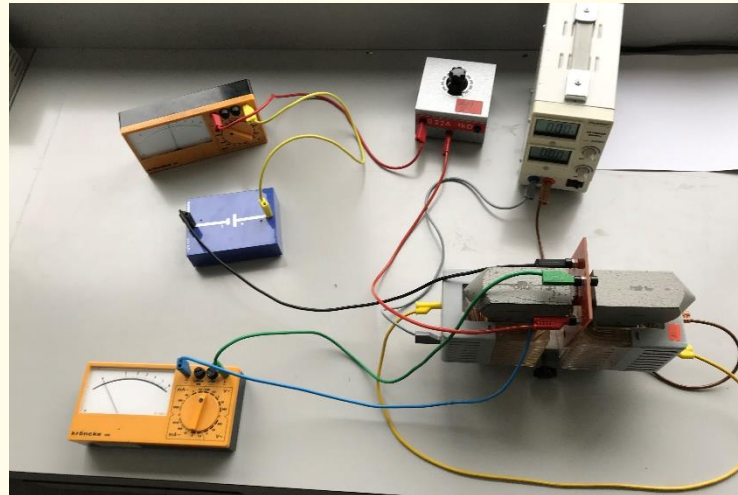
Der Hall-Effekt (LF)

Experimentelle Untersuchung des Hall-Effekts mit einer Platine, die möglicherweise in vielen Schulen noch vorhanden ist.

Qualitativ



Quantitativ



Übersicht über das Material zum Thema Felder

für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!

Hintergrund zu ausgewählten Themen,
Hinweise zum Material und zu den Experimenten:

2102_hintergrund_elektrische_und_magnetische_Felder

Hintergrund-Elektrische und magnetische Felder

Hintergrund zu ausgewählten Themen, Hinweise zum Material und zu den Experimenten

Inhaltsverzeichnis

0 Übersicht über das Material	3
1 Elektrostatik: Influenz und Polarisation	5
Reibungselektrizität	5
Influenz	5
Polarisation	6
Beschreibung und Erklärung elektrostatischer Phänomene mit Hilfe von Argumentationsketten	6
2 Das elektrische Potenzial	10
Vorkenntnisse zum elektrischen Potenzial aus der Mittelstufe	10
Das elektrische Potenzial und die Potenzielle Energie	10
Didaktische Hinweise zum Demonstrationsexperiment mit der Flammsonde	10
Didaktische Hinweise zu den Schülerexperimenten	11
Experimentelle Hinweise zu den Schülerexperimenten	11
Vertiefende Experimente mit der Plasma-Lampe	13
3 Die Superposition von Feldern	13
Fachdidaktische Hinweise	13
Superposition von elektrischen Feldern mit einer Geogebra-Simulation	14
Superposition von Magnetfeldern mit einer Geogebra-Simulation	16
4 Das Coulomb-Gesetz	17
Hinweise zum Video und dem zugehörigen Arbeitsblatt	17
Hinweise zum Demonstrationsexperiment	18
5 Laden und Entladen eines Kondensators	19
Fachdidaktische Hinweise	19
Hinweise zu den Experimenten mit dem Wickelkondensator	19
Hinweise zum Praktikum Laden und Entladen eines Elektrolytkondensators	21
Hinweise zur Modellierung des Ladevorgangs	22
6 Teilchen in Feldern	23
Einsatz des Experiments zur Bestimmung von e/m im Unterricht	23
Hinweise zum Arbeitsblatt zur Schraubenbahn	24
7 Hall-Effekt	25
Bezug zum Bildungsplan und zu Abituraufgaben	25
Hinweise zu den Experimenten zum Hall-Effekt	25

Inhalts- und Materialübersicht

für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!

Themenfeld	Inhalt	Material
Elektrostatik	Beschreibung und Erklärung elektrostatischer Phänomene mit Hilfe von Argumentationsketten (BF, LF)	Arbeitsblätter und Lösungen: 2211_ab_elektrostatik_phaenomen1.docx 2212_ab_elektrostatik_phaenomen1_loesung.docx 2213_ab_elektrostatik_phaenomen2.docx 2214_ab_elektrostatik_phaenomen2_loesung.docx 2215_ab_elektrostatik_phaenomen3.docx 2216_ab_elektrostatik_phaenomen3_loesung.docx
Elektrisches Potenzial und elektrisches Feld	Demonstrationsexperiment mit Flammsonde als stummes Video und Potentialmessungen im Schülerpraktikum (LF) Vertiefende Experimente mit der Plasmalampe (BF, LF)	Arbeitsblätter und Lösungen bzw. Ergebnisse: 2221_ab_potenzial_flammsonde.docx 2222_ab_potenzial_flammsonde_loesung.docx 2223_ab_potenzial_schuelerexperiment_variante1.docx 2224_ab_potenzial_schuelerexperiment_variante1_ergebnisse.docx 2225_ab_potenzial_schuelerexperiment_variante2.docx 2226_ab_potenzial_schuelerexperiment_variante2_ergebnisse.docx Hinweise zu den Experimenten mit der Plasma-Lampe: 2227_anleitung_experiment_plasmalampe.docx
Superposition von Feldern	Geogebra-Simulationen und Arbeitsblätter (Computer) (BF, LF)	Arbeitsblätter zu den Simulationen und Lösungen: 2231_ab_superposition_el_feld.docx 2232_ab_superposition_el_feld_loesungen.docx 2234_ab_superposition_magnetfeld.docx 2235_ab_superposition_magnetfeld_loesungen.docx Geogebra-Dateien: 2233_simulation_superposition_el_feld.ggb 2236_simulation_superposition_b_feld.ggb html-Dateien: 2233_simulation_superposition_el_feld.html 2236_simulation_superposition_b_feld.html

Inhalts- und Materialübersicht

für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!

Themenfeld	Inhalt	Material
Coulomb-Gesetz	Realer Versuchsaufbau, stummes Video, Simulation und Arbeitsblätter (LF)	Stummes Video: 2243_coulomb_video.mp4 (hohe Auflösung) 2243_coulomb_video_mittel.mp4 (mittlere Auflösung) Arbeitsblatt zum Versuch und Lösung: 2241_ab_coulomb.docx 2242_ab_coulomb_loesung.docx
Laden und Entladen von Kondensatoren	Schülerpraktikum Wickelkondensator inkl. qualitativer Beobachtung von $U(t)$, Bestimmung der Kapazität (BF, LF), Entladevorgang mit Messwerterfassung (LF)	Arbeitsblätter (Basisfach bzw. Leistungsfach): 2251_ab_wickelkondensator_bf.docx 2252_ab_wickelkondensator_lf.docx
	Schülerpraktikum Elektrolytkondensator inkl. Aufzeichnung $U(t)$ und $I(t)$ mit Messwerterfassung, Auswertung und Bestimmung der Kapazität aus Messdaten (LF)	Arbeitsblätter: 2253_ab_praktikum_kondensator.docx
	Modellierung der Kondensatorentladung mit Excel: Einsatz als Simulation (BF,LF), Modellierungsprogramm selbst erstellen (LF-Vertiefung)	Flussdiagramm Modellierung Ladevorgang: 2254_flussdiagramm_ladevorgang.docx Anleitung zur Erstellung einer Modellierung mit Excel: 2255_anleitung_modellierung.docx Arbeitsblatt und Lösung zum Einsatz der Modellierung 2256_ab_ladevorgang_modellierung.docx 2257_ab_ladevorgang_modellierung_loesung.docx Fertige Modellierung als Excel-Datei: 2258_modellierung_ladevorgang.xlsx

Inhalts- und Materialübersicht

für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!

Themenfeld	Inhalt	Material
Teilchen in Feldern	Fadenstrahlrohr und e/m-Bestimmung (BF,LF)	Arbeitsblätter und Lösungen 2261_ab_herleitung_e_m.docx 2262_ab_herleitung_e_m_loesung.docx 2263_ab_experiment_fadenstrahlrohr1.docx 2264_ab_experiment_fadenstrahlrohr2.docx 2265_ab_experiment_fadenstrahlrohr_loesung.docx 2266_ab_schraubenbahn.docx
Hall-Effekt	Experimentelle Untersuchung des Hall-Effekts mit Germanium-Plättchen (LF)	Arbeitsblätter und Lösungen 2271_ab_hall_effekt1.docx 2272_ab_hall_effekt1_loesung.docx 2273_ab_hall_effekt2.docx 2274_ab_hall_effekt2_loesung.docx

Bildquellen

Alle Bilder dieser Präsentation wurden von Dr. Ursula Wienbruch erstellt.

für Lehrkräfte, kein Einsatz im Unterricht!