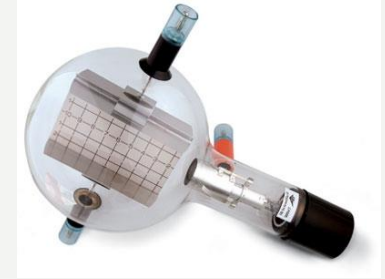


Simulationen und Apps für den PU -
Lehrerfortbildung Hannover



Weniger bekannte Simulationen und Apps für den PU

Eine Auswahl an Quellen und Unterrichtsideen





Graphical Analysis 4



- kostenfrei und für alle Plattformen (Win, Mac, iOS, Android, Chromebooks)
- (Ermöglicht Messung mit Verniersensoren)
 - Vorteil: Lokale Data-Sharing-Optionen
- Erweitert die Analysemöglichkeiten von PhyPhox-Daten
 - insbesondere auf Android-Geräten oder beim Einsatz des Fernzugriffs von einem PC aus



Graphical Analysis 4



- nicht verwechseln mit Vernier Graphical Analysis (alte App mit eingeschränkten Funktionen)





Graphical Analysis 4



Vorgehen:

- Datenexport aus Phyphox:
kommagetrennte csv-Datei mit Decimalpunkt
- Speichern auf dem Gerät
- Öffnen der csv-Datei mit Graphical Analysis 4
- Analysieren (Integrale, verschiedene Näherungsgleichungen)
- auch Teilbereiche auswählbar

**funktioniert
aktuell in iOS
nicht richtig! ☹️**



Arbeitsphase Graphical Analysis 4



Ziel:

- 1) Bringen Sie einen Datensatz aus Phyphox in Graphical Analysis
 - entweder direkt auf ihrem Android-Gerät
 - oder von Android oder iOS-Gerät auf Windows via Fernsteuerung
- 2) Testen sie die Funktionsanpassungen und die Möglichkeit das Integral zu



Möglichkeiten von Multimedia im PU (Auswahl!):

- Zusammenhänge veranschaulichen
- SuS einfangen/motivieren
- „Experimentieren“ ermöglichen
- Üben mit direktem, individuellem Feedback

**Multimedia soll händisches Experimentieren nicht ersetzen!
Kombination häufig sinnvoll und zeitgemäß!**

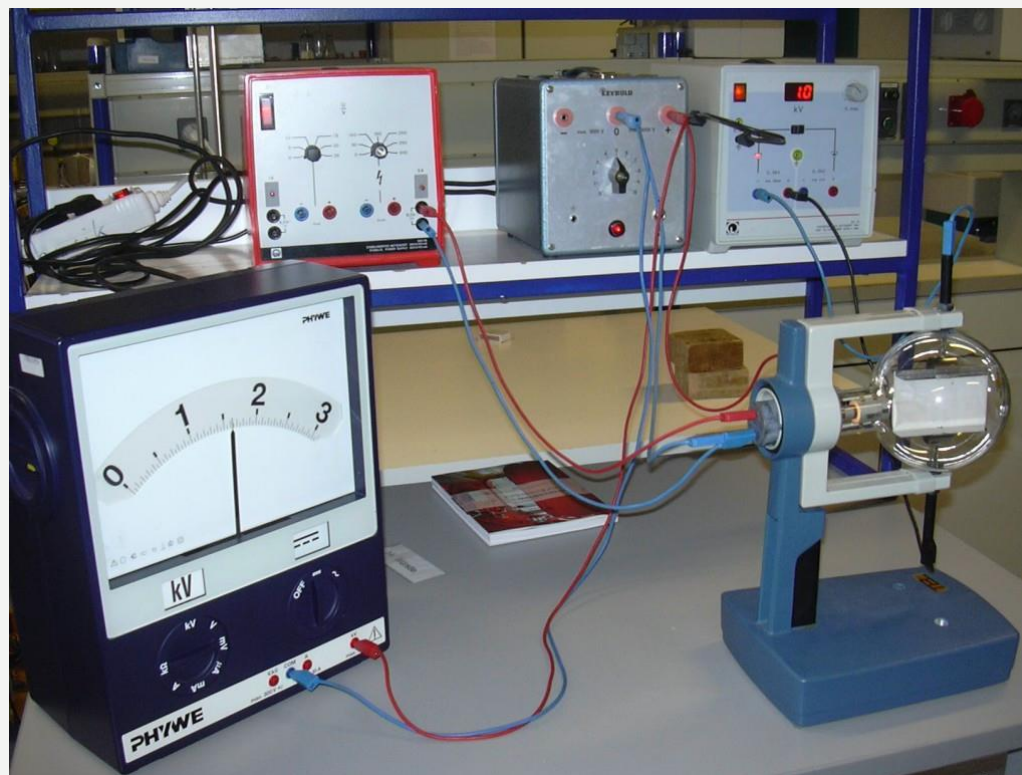
Literatur:

Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hg.) (2015): Physikdidaktik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).

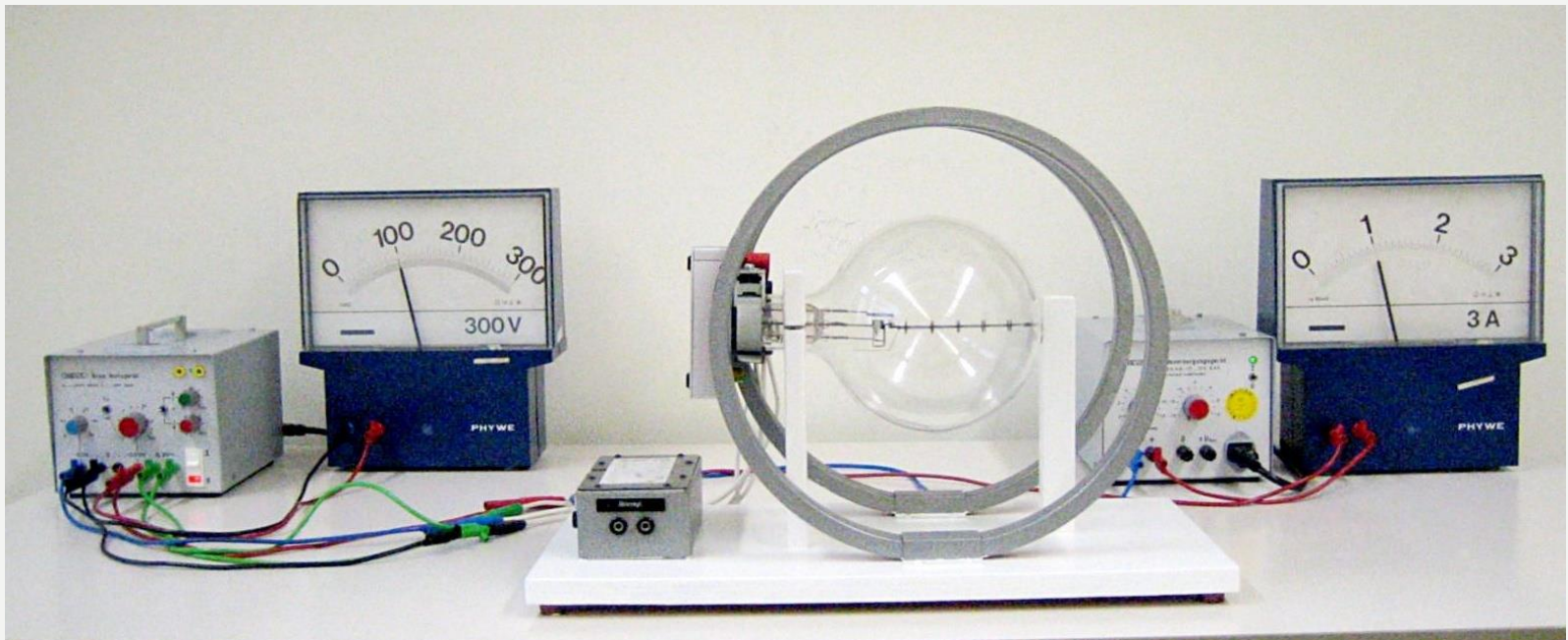


Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung. • geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln angeleitet die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Bewegung von freien Elektronen: <ul style="list-style-type: none"> ○ unter Einfluss der Lorentzkraft, ○ unter Einfluss der Kraft im homogenen elektrischen Querfeld, ○ nur eA: im Wien-Filter. • nur eA: beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. • leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Querfeld her.
		<ul style="list-style-type: none"> • leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse.

Experiment mit der Elektronenablenkröhre



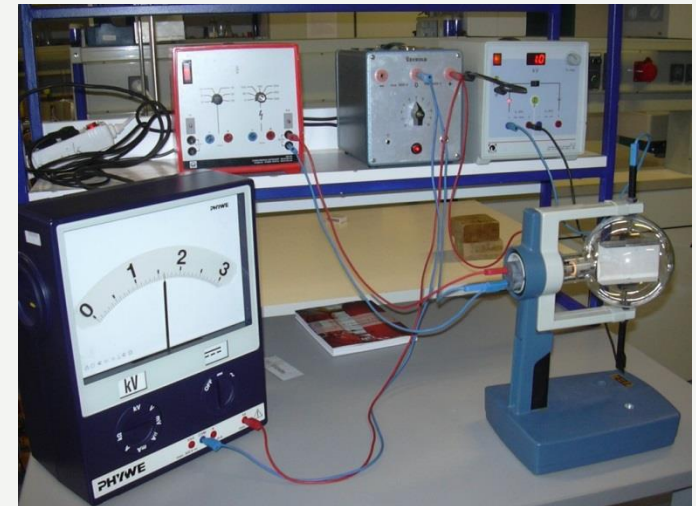
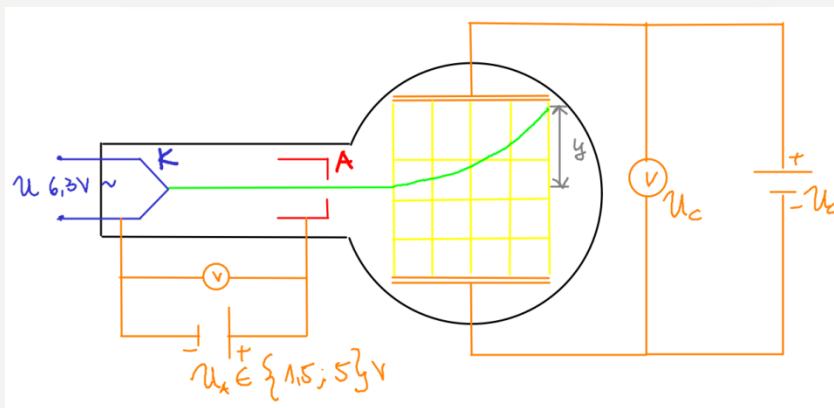
Experiment mit der Kathodenstrahlröhre



Bildquelle: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/versuche/fadenstrahlrohr>

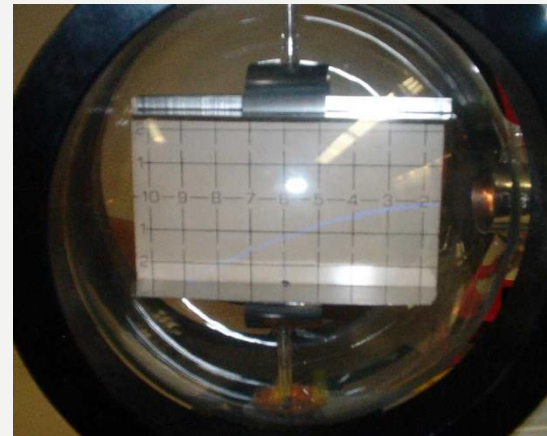
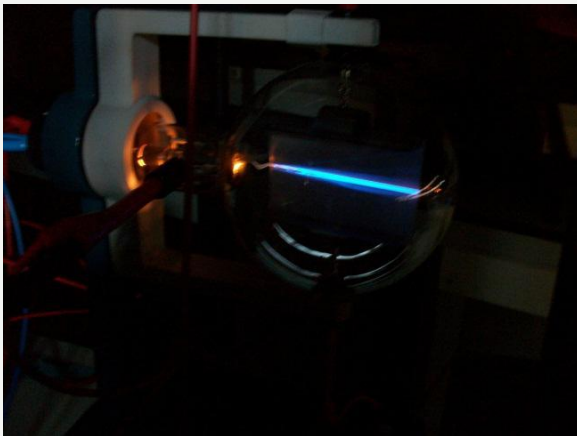
Herausforderungen

- Übergang zwischen Schaltskizze und Realexperiment



Herausforderungen

- Übergang zwischen Schaltskizze und Realexperiment
- Sichtbarkeit der Bauteile und Elektronenbahnen





Herausforderungen

- Übergang zwischen Schaltskizze und Realexperiment
- Sichtbarkeit der Bauteile und Elektronenbahnen
- Aktivierung der Schülerinnen und Schüler
- hoher Aufwand für quantitative Betrachtung
- Verknüpfung von Formel und Experiment

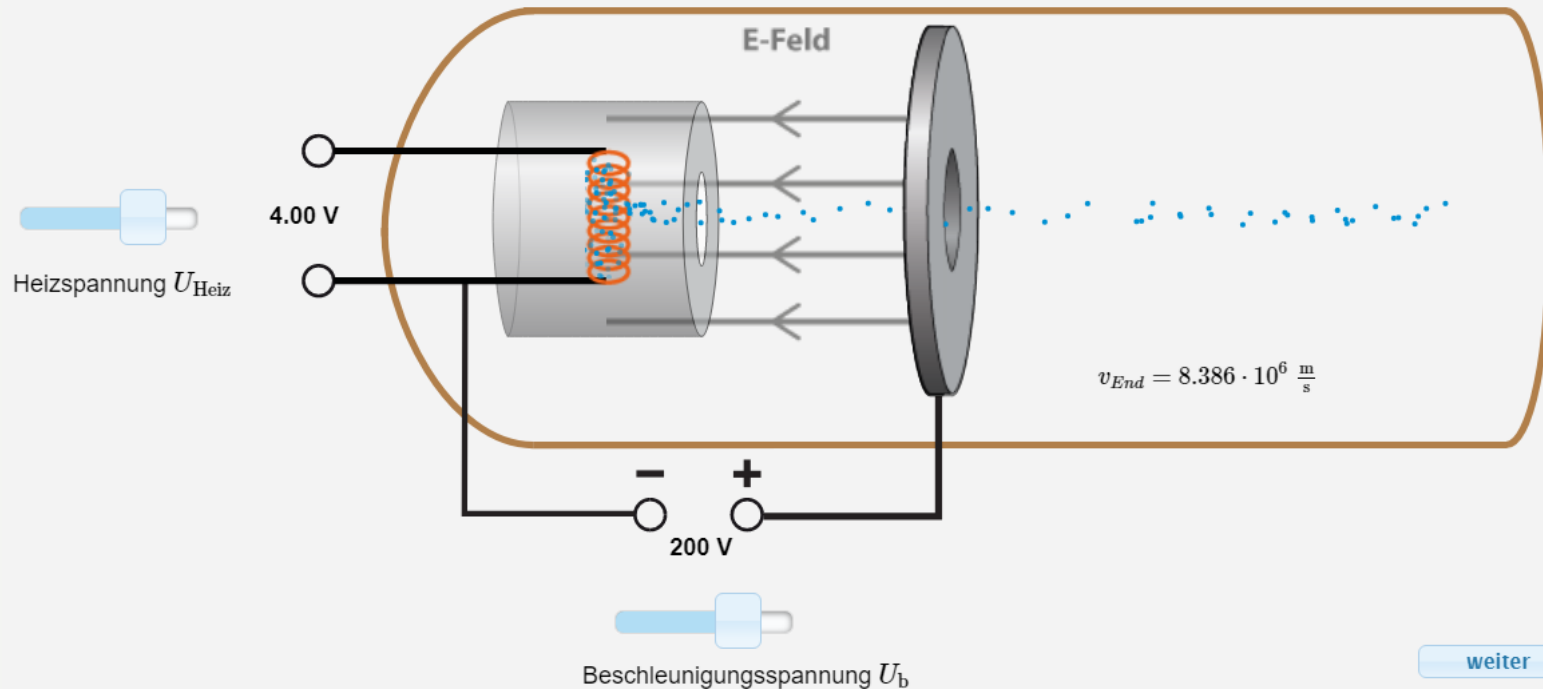


Einsatz von Multimedia sinnvoll

Lernumgebung www.virtuelle-experimente.de

Simulation einer Elektronenkanone

Erkunden Sie mit der Simulation den Einfluss der Heizspannung und der Beschleunigungsspannung auf den Elektronenstrahl.



Literatur: Richtberg, Stefan; Girwidz, Raimund (2013): Elektronenstrahlen im E- und B-Feld. Eine interaktive Lernumgebung zum Informieren, Experimentieren und Üben. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 24 (138), S. 34–37.

Mathematischen Beschreibung der Flugbahn

Aufgabe:

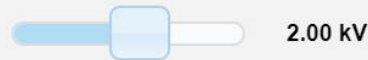
Finden Sie mithilfe der Formelbausteine eine Funktionsgleichung, die die Bewegung der Elektronen im E-Feld des Plattenkondensators beschreibt.

Steuerung:

Beschleunigungsspannung U_b

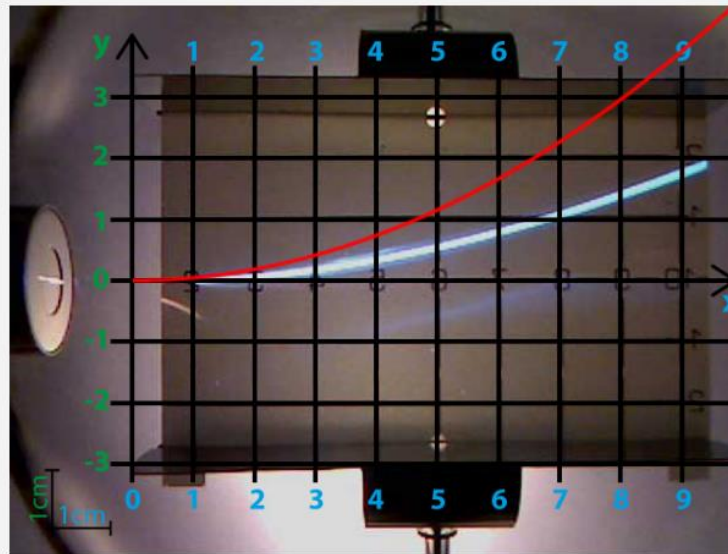
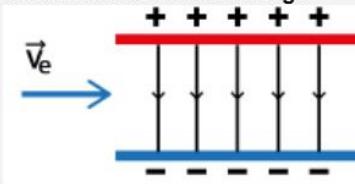


Plattenspannung U_p



$$E = \frac{U_p}{d} = 3.70 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$$

Schematische Darstellung:



Plattenspannung			
$\frac{U_p^2}{d}$	$\frac{U_p}{d}$	$\frac{d}{U_p}$	$d \cdot U_p$
Beschleunigungsspannung			
U_b^2	U_b	$\frac{1}{U_b}$	$\frac{1}{U_b^2}$
Kurvenform			
x^3	x^2	x	$\frac{1}{x}$
Vorfaktor			
4	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

$$y(x) = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_p}{d} \cdot \frac{1}{U_b} \cdot x^2$$

Tipp

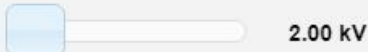
Reset

Besonderheit: Ein Plot direkt über dem Bild des Experimentes

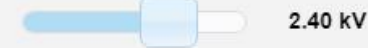
Mathematischen Beschreibung der Flugbahn

Steuerung:

Beschleunigungsspannung U_b

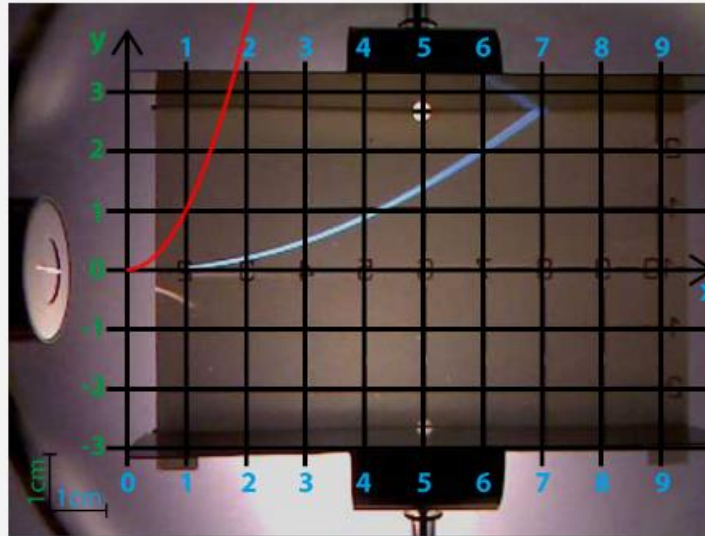
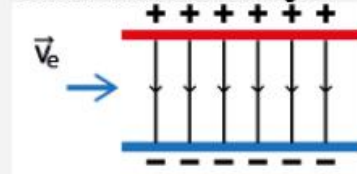


Plattenspannung U_p



$$E = \frac{U_p}{d} = 4.44 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Schematische Darstellung:



$$y(x) = \frac{x^2 \cdot x}{1}$$

Plot



Tipp

Zeit-Orts-Gesetz in x-Richtung	Zeit-Orts-Gesetz in y-Richtung
$x(t) = v_0 \cdot t$	$y(t) = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2$

beliebiger Plot direkt über dem Bild des Experimentes

Lernumgebung auf für B-Feld und e/m-Bestimmung

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Formel für den Radius der Elektronenbahn im B-Feld.

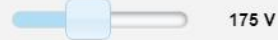
Vorgehen: Nutzen Sie die Gleichungen für $F_{Zentripetal}$ sowie $F_{Lorentz}$. Die Lorentzkraft ist die für die Kreisbahn nötige Zentripetalkraft.

$$F_{Zentripetal} = m_e \frac{v_0^2}{r}$$

$$F_{Lorentz} = e \cdot v_0 \cdot B$$

Steuerung:

Beschleunigungsspannung U_b



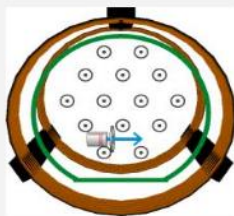
$$v_0 = 7.845 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Spulenstrom I



$$B = 1.50 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

schematische Darstellung:

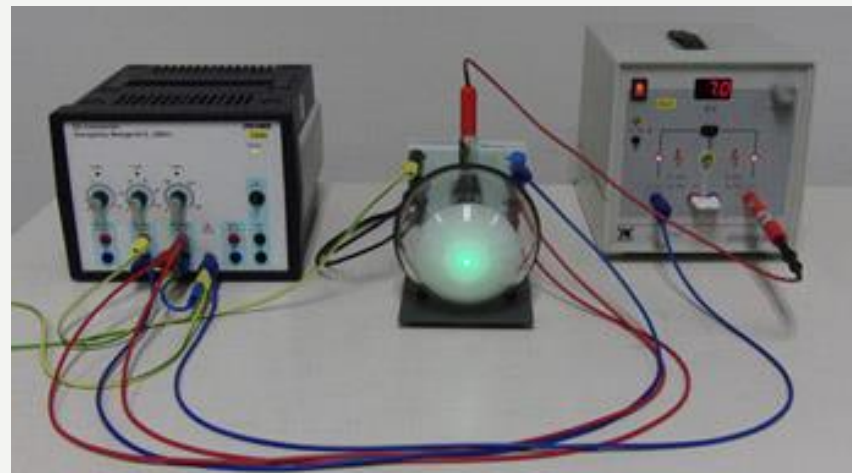


Richtung B-Feld: \odot

$r = \frac{0.02}{1}$

Quantenobjekte

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre. • ermitteln die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung. • nur eA: nennen in diesem Zusammenhang die Definition des Impulses. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern. • bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern oder mithilfe der Braggreflexion. • bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit.



Experimentelle Prüfung der Vermutung de Broglies


Aufgaben:

- 1.) Bestimmen Sie den Radius des inneren Interferenzmaximas bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen.
- 2.) Zeigen Sie anhand der Messwerte, dass die Vermutung der de-Broglie-Wellenlänge von Teilchen zutrifft.

Dazu sind gegeben: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J · s; $d = 2,13 \cdot 10^{-10}$ m; $L = 12,7$ cm; $R = 6,35$ cm

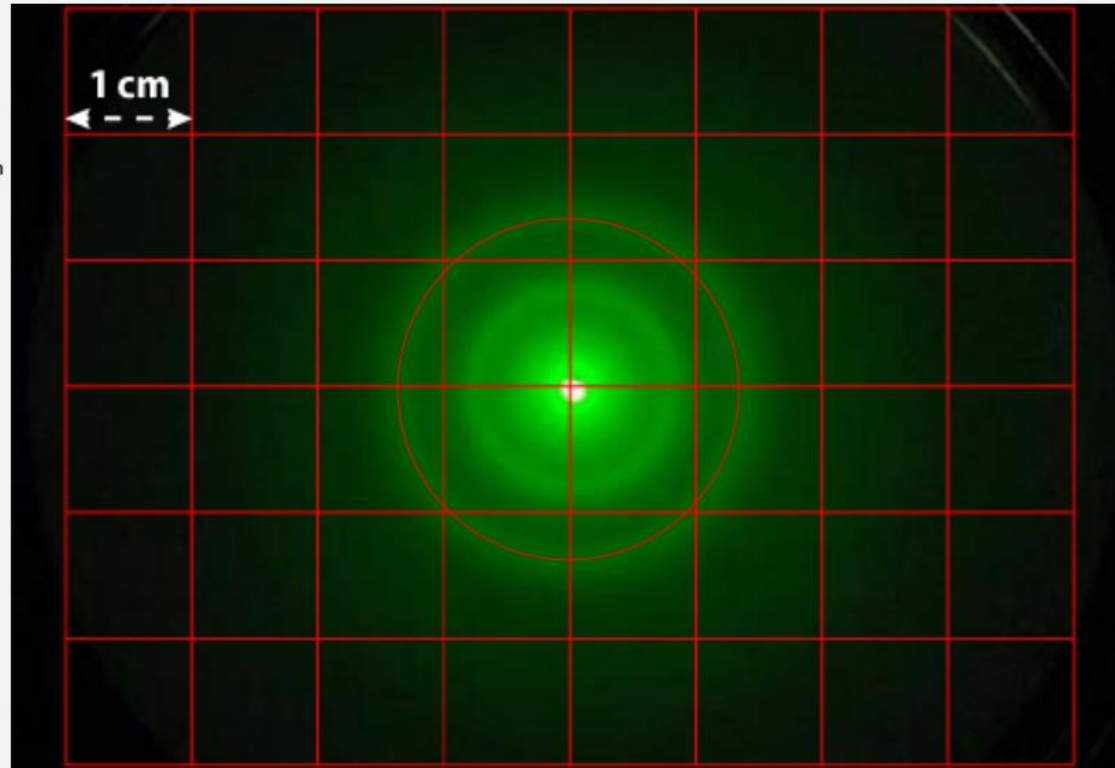
Tipp

Beschleunigungsspannung U_b

 8.5 kV

Radius des Kreises r

 1.35 cm



Einsatzszenarien:

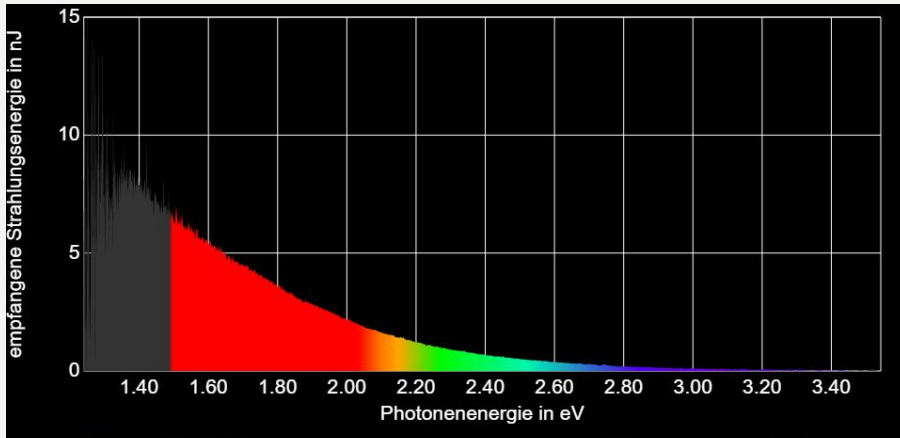
- Gruppenarbeit im Unterricht **kombiniert** mit Realexperiment
- Lehrerdemonstration eingebettet in Unterrichtsgespräch
- Selbstständiges Lernen, Üben, Wiederholen
- Flipped-Classroom-Ansatz



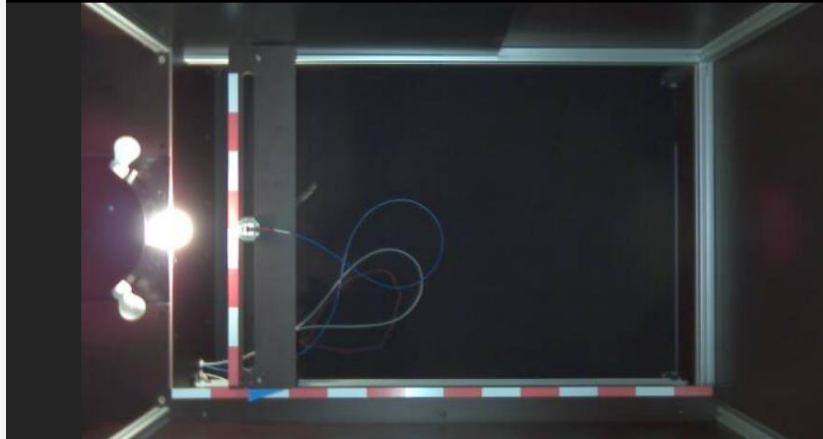
Atomhülle

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle. nennen die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell. 	<ul style="list-style-type: none"> wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an. beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells. 	<ul style="list-style-type: none"> wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an. leiten die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell her. beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells.
<ul style="list-style-type: none"> erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht ... nur eA: ... und Röntgenstrahlung. erläutern einen Franck-Hertz-Versuch. erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption. 	<ul style="list-style-type: none"> erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht. ermitteln eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie. 	<ul style="list-style-type: none"> erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht. ermitteln eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie.

Fernsteuerbares Spektrometer



Messgröße	Messwert	Einheit
Leuchtmittel	Glühlampe	
Nennleistung	75	W
Sättigung	ok	
Beleuchtungsstärke	2197	lx



Steuerung anfordern

Leuchtmittel: L1 L2 L3 L4 L5 L6

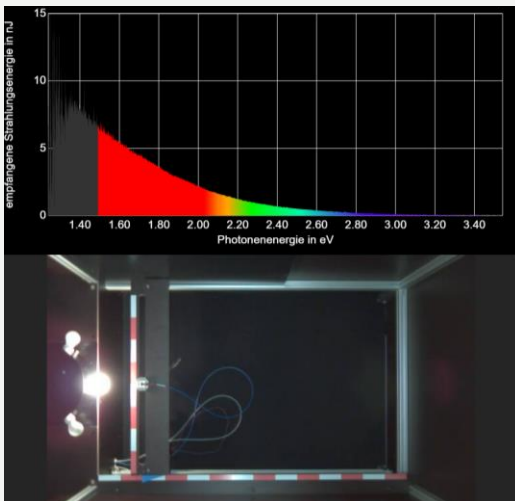
Raumlicht: An

x-Pos. in cm:

y-Pos. in cm:

Fernsteuerbares Spektrometer

- Virtual Lab + Remote Lab
- Kontextorientiertes Arbeitsmaterial als pdf verfügbar
- Gestufte Zielgruppen: 9. Klasse - Uni

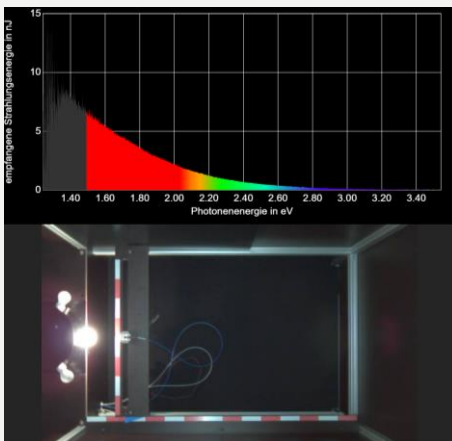


<http://www.virtualremotelab.net/>

Kombination von „analog“ und digital

Handyspektrometer vom MPG:

<https://www.ipp.mpg.de/handyspektrometer>



Virtuelles Labor:

<http://www.virtualremotelab.net/>

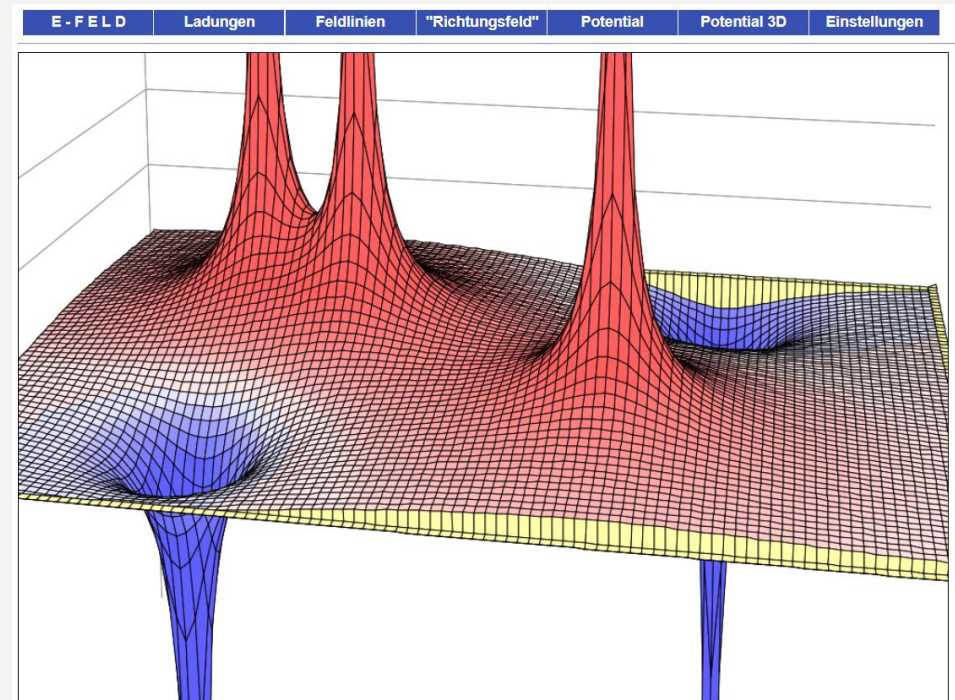
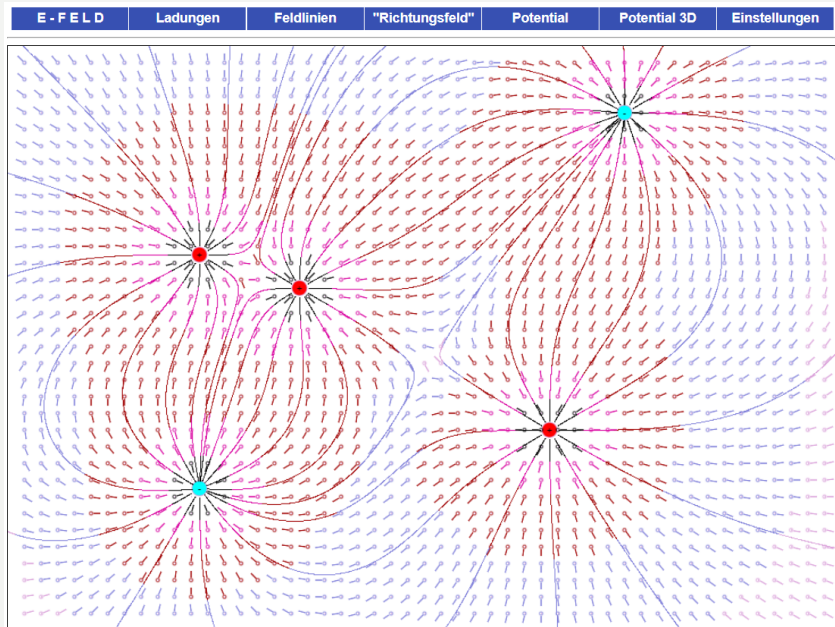


Felddarstellungen

Elektrizität

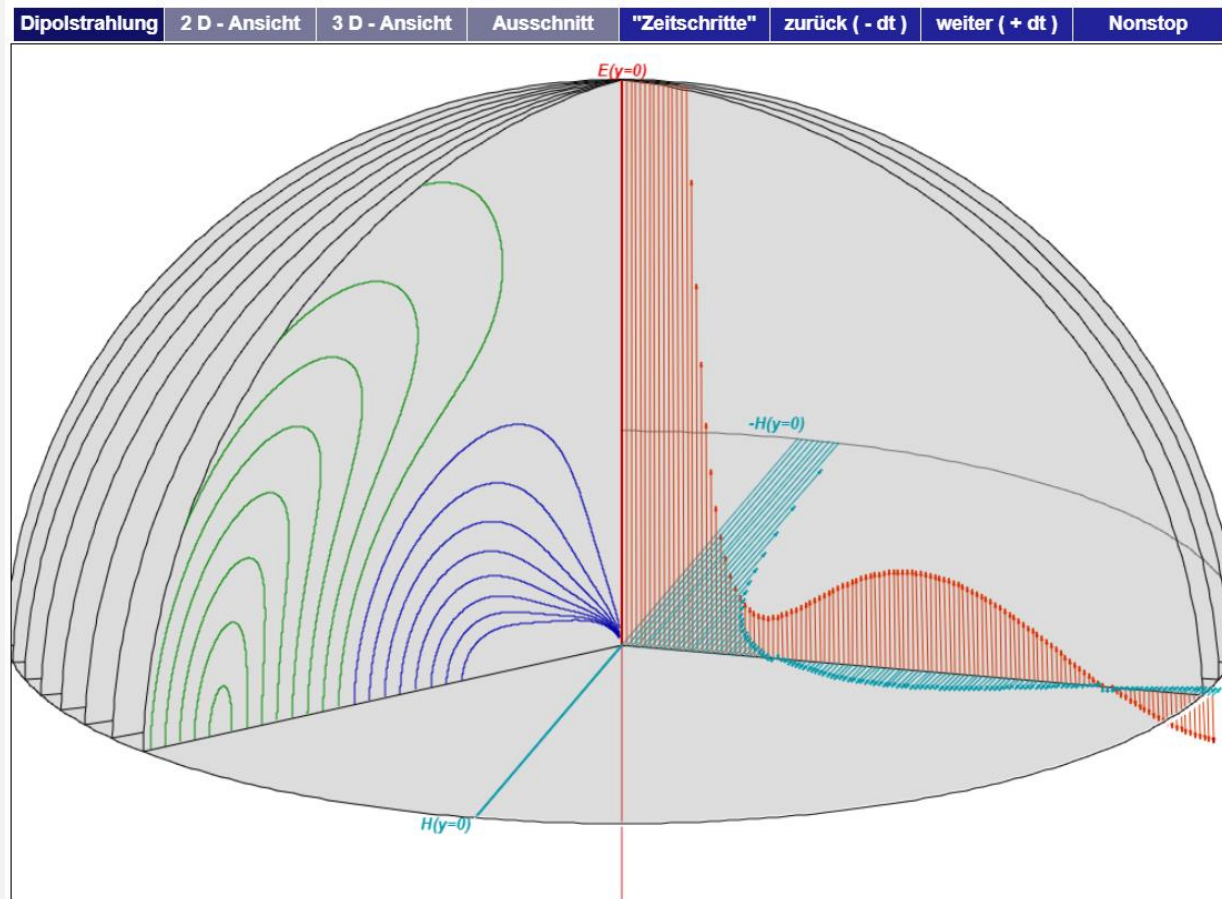
Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper. 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld und das Feld einer Punktladung. • beschreiben die Bedeutung elektrischer Felder für eine technische Anwendung. 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld und das Feld einer Punktladung. • beschreiben die Bedeutung elektrischer Felder für eine technische Anwendung.

Feldlinienbilder einfach generieren (2D + 3D)



http://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/programme/e_feld/E_Feld_min.html

Dipolstrahlung (Hertz- und Stabdipol)



<http://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/programme/dipolstr/Dipolstr1.html>

Visualisierung von Magnetfeldern

Sprache: [de](#) | [en](#)

Darstellung: **Eisenspäne farblich codiert**

|B| in Tesla

0 0.1 0.2 0.3 0.4

200

Vergleichsdatensatz einblenden: **On**

Steuerung

Koordinaten:

Polar **Karthesisch**

x: 60 mm

y: 14 mm

Position anfahren **Messung**

Hall Sensor bei (60,14)

Darstellung: **Magnetnadeln**

Vergleichsdatensatz einblenden: **On**

https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/sims/magneticfield/index_de.html



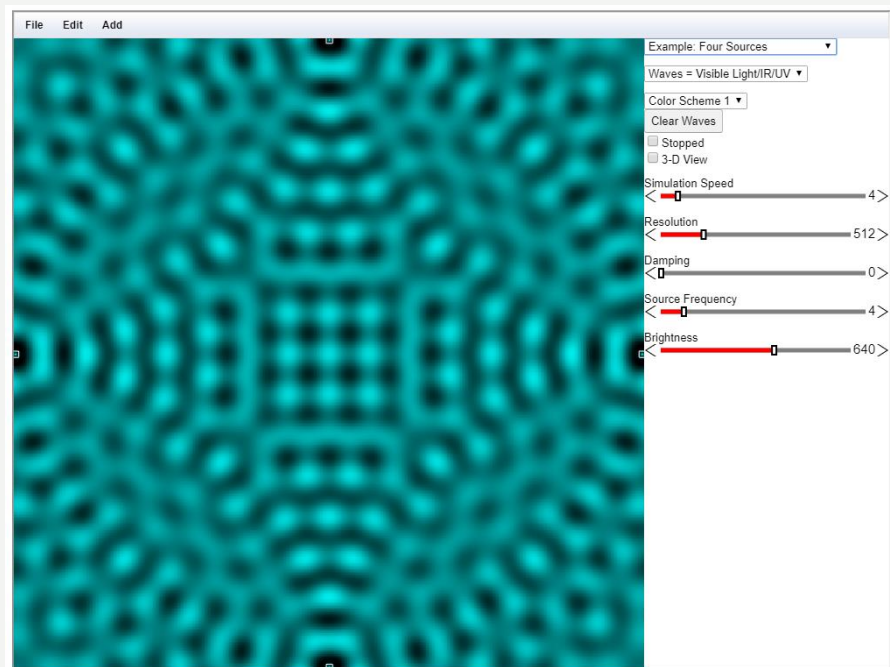
Interferenz von Wellen

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge von <ul style="list-style-type: none"> ○ nur eA: Ultraschall bei stehenden Wellen ○ Schall mit zwei Sendern, ○ Mikrowellen mit dem Michelson-Interferometer, ○ weißem und monochromatischem Licht mit einem Gitter (objektiv / nur eA: subjektiv), ○ nur eA: Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente angeleitet aus. • leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt vorstrukturiert und begründet her. • beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile auf der Grundlage einer vorgegebenen Skizze. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente aus. • leiten die zugehörigen Gleichungen selbstständig und begründet her. • wenden das Vorgehen auf Experimente mit anderen Wellenarten an. • beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile. • wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurbabstandes bei einer CD/DVD an. • erläutern ein Verfahren zur Strukturuntersuchung als technische Anwendung der Bragg-Reflexion.

Interferenz von Wellen

- 2D + 3D möglich
- vorgefertigte Settings
- individuelle Szenarien

<https://www.falstad.com/ripple/>



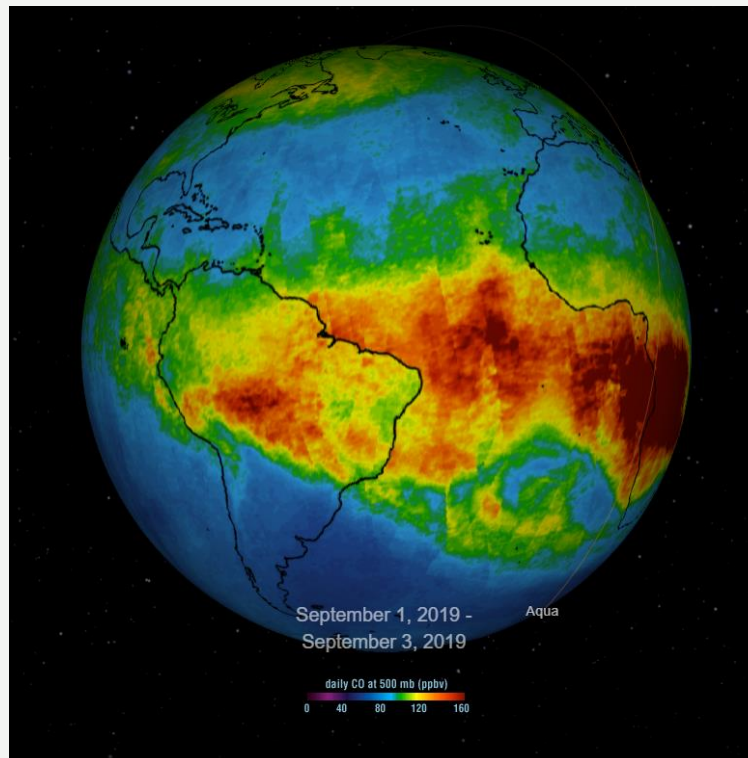
Earth-Now Vital Signs of the Planet

- Angebot der NASA (<https://climate.nasa.gov/earth-now/>)
- verfügbar als Webseite (hohe Systemanforderungen!)
- verfügbar als kostenfreie App (iOS, Android)

Mac OSX 10.12.6+	Safari 11+, Chrome 66+, Firefox 59.0.2+
iPhone iOS 11.2.5+	6S+, Safari 11+, Chrome 66+, Firefox 59.0.2+
iPad	iPad Air 2, iPad Pro
Windows 7+	Chrome 66+, Firefox 59.0.2+, Edge 41+
Android	Marshmallow 6.0.1+, Chrome 66+, Firefox 60.0.2+
CPU	PC Intel i7+, Mobile quad-core+
Memory	PC 8GB+, Mobile 2GB+
Graphics	PC mid-range+, Mobile Adreno 530+

Earth-Now Vital Signs of the Planet

- Visualisiert aktuelle Satellitendaten zum Zustand der Erde (Aussehen, Temperatur, CO, CO₂,...)



Earth-Now Vital Signs of the Planet

- Macht auf aktuelle, via Satellit sichtbare Ereignisse aufmerksam





Arbeitsphase Simulationen

- 1) Probieren Sie mehrere der gezeigten Simulationen/Webseiten/Apps aus.
- 2) Überlegen Sie, wie man die Angebote für einen schülerzentrierten Unterricht nutzen kann.
- 3) Falls Sie noch ein gutes Angebot kennen, ergänzen Sie es im zumpad.

**Linkliste unter zumpad.zum.de
Dokumentenname: Physikapps**



Ausblick: Hilfsmittel im Web

Rechnen können Smartphones schneller und besser
auch gedruckte Gleichungen sind kein Problem

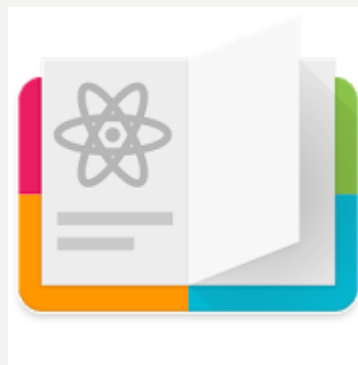
zusätzliche Möglichkeiten wie Visualisierung

Erklärungen und Zwischenschritte inbegriffen

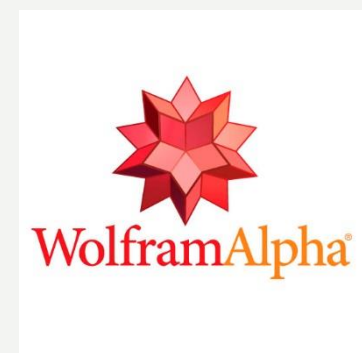
Beispiele:



Photomath



PhyWiz



WolframAlpha



Photomath - Automatisierte Erklärung von Rechenaufgaben

Gleichungslösen:

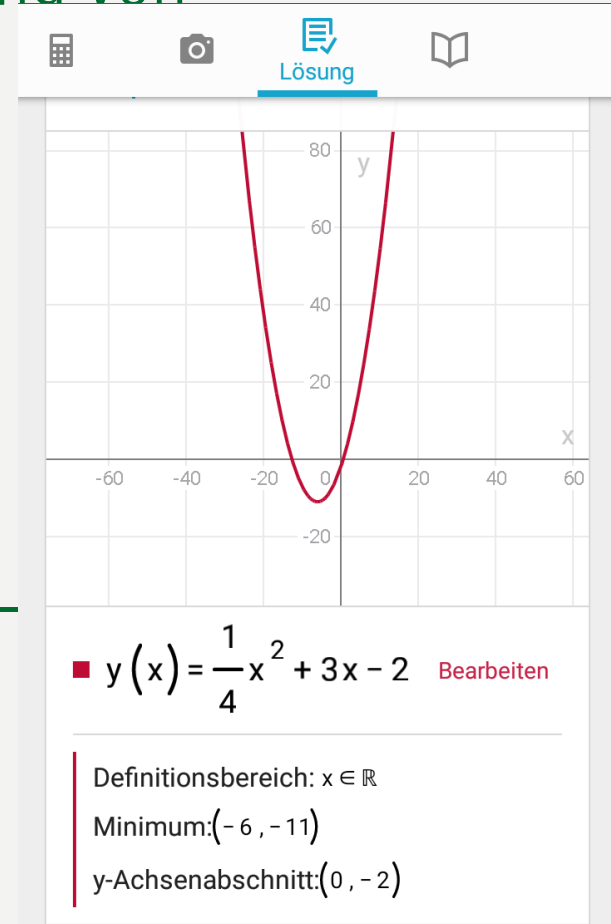
$$\begin{aligned} 3x - y &= 21 \\ 2x + y &= 4 \end{aligned}$$

Graphen zeichnen:

$$y(x) = \frac{1}{4}x^2 + 3x - 2$$

Integrieren:

$$\int_{-2}^3 2x^2 dx$$





Automatisierte Erklärung von Physik-Rechenaufgaben

Beispiele mit PhyWiz (nur Android):



<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/aufgabe/rechnungen-bei-einem-virtuellen-bild>

<https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/aufgabe/doppelspalt-einstiegsaufgabe-1>



Automatisierte Erklärung + Grafiken von Physikaufgaben mit WolframAlpha



Brennweite einer Linse, die ein 25cm entferntes Objekt im Abstand von 50cm scharf abbildet?

<http://www.wolframalpha.com/input/?i=lens,+o%3D25+cm+,+i%3D50cm>



Automatisierte Erklärung + Grafiken von Physikaufgaben mit WolframAlpha



Wieviel Wasser fließt durch ein 8,8 mm starkes Rohr bei einem Druck von 2 bar?

<http://www.wolframalpha.com/input/?i=water+flow+through+a+pipe+8.8mm+diameter+2bar>

Mehr Beispiele unter <http://www.wolframalpha.com/examples/science-and-technology/physics/>