

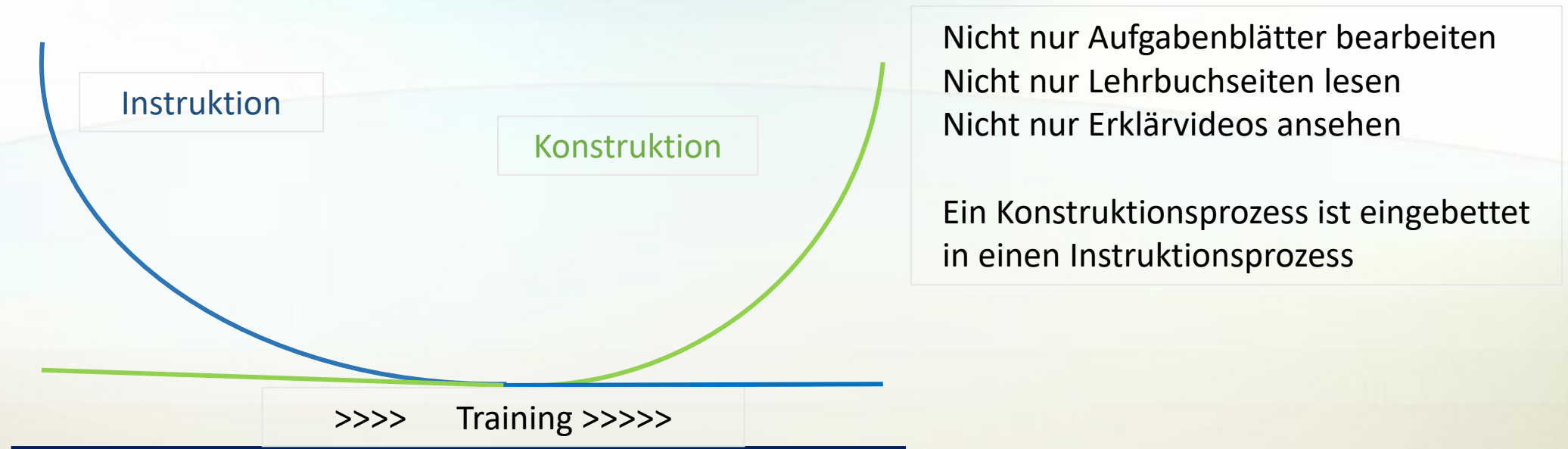
# Digitale Lernumgebung

Physik-Leistungskurs in Q2 und Q3 während der Pandemie

StD Klaus-Peter Haupt  
Leiter des  
Schülerforschungszentrums Nordhessen SFN

Homepage: [www.natur-science-schule.info](http://www.natur-science-schule.info)

# Digitales Lernen: Chance für Eigenständigkeit?



**Offenheit wird erst durch instruktive Impulse für das selbständige Lernen der Schülerinnen und Schüler nach dem Prinzip „Hilf mir, es selbst zu tun!“ ermöglicht.**

Rudolf Messner, Werner Blum

# Lernen lernen

- Unterrichtskonzept enthält Metaebene zu Lernprozessen
- Konzentrieren
- Merken
- Pausen
- Schreiben und formulieren (Dörner)
- Rolle der Fragen
- Rolle des Gesprächs
- Erfahrungen mit längerem eigenständigem Erarbeiten
- Ergebnissicherung in Schülerhand, Tafel als mein Notizbuch
- Mitschreibtraining

# Die letzte Woche

- Absprachen
- Funktion der zur Verfügung stehenden Systeme bewerten
- Blogerfahrung: Astronomie, SOFIA, Sibirien, China
- Die letzte Stunde
- Verabredungen

# Die Vorbereitung

- Grundgerüst stand in letzter Stunde
- Blogadresse persönlich mitgeteilt
- Samstag war Post der letzten Stunde drin
- Beginn mit Wiederholung, Bekanntem
- Dann erst Übergang zu neuen Inhalten



# Der Aufbau

## LK Physik Q2 ASS Corona 2020

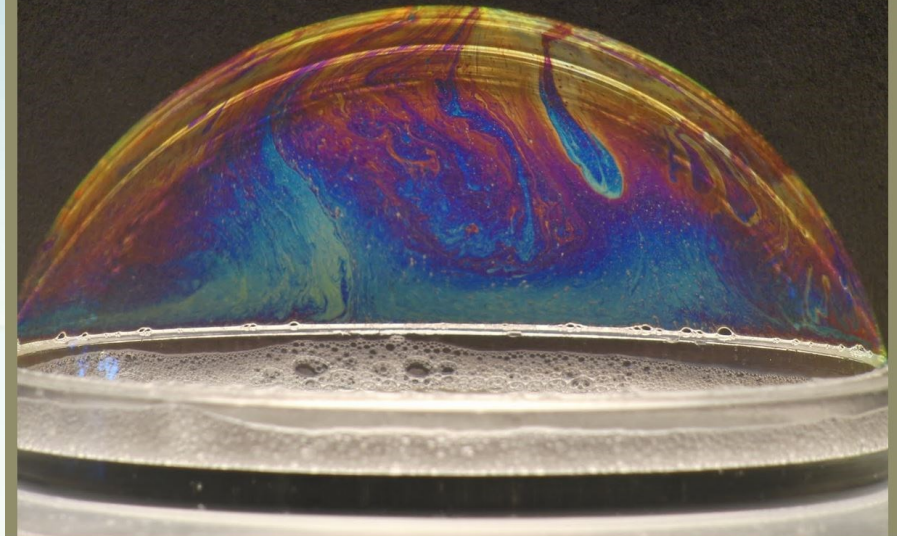
Lerninhalte Physik LK Q2 während der Schulschließung: Wechselstromtechnik, Schwingkreis, Dipol

<https://lkphysik2020corona.blogspot.com/>

Bisher 8000 Zugriffe

## LK Physik Q2 ASS Corona 2020

Lerninhalte Physik LK Q2 während der Schulschließung: Wechselstromtechnik, Schwingkreis, Dipol



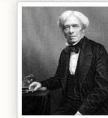
Startseite | Leitphysik | Wichtige Inhalte, Merke | Was sind Induktivitäten? | Was sind Induktivitäten? | Glossar | Erzeugene Schwingungen, Resonanz | Wechselstromwiderstände und komplexe Zahlen | Von Supraleitern und schwebenden Früchten | Riesenmagnete bei CERN | Klausurthemen | Klausurenstellungstipps und Lösungen | Klausurenstellung

Sonntag, 26. April 2020

### Rückblick und Ausblick

Dieser Blog hat 4 Wochen Unterrichtsausfall ersetzt.  
Schauen wir mal zurück:

In Q1 und Q2 beschäftigt man sich mit elektrischen und magnetischen Feldern. Eigentlich haben wir uns ausschließlich mit dem Lebenswerk von Michael Faraday auseinandergesetzt. Michael Faraday (1791-1867), ein Laborgehilfe ohne Schulbildung, aber mit immenser Vorstellungskraft, hat den Begriff des Feldes erfunden und damit dann anschaulich, ohne jegliche Formel, beschrieben, wie sich Kraftwirkungen ausbreiten. Ihm war schon klar, dass die Felder aus Substanzen bestehen, auch wenn er keine Ideehalte ausweichen.



Faraday, Michael



Maxwell, James Clerk

James Clerk Maxwell (1831 - 1879) war ein hochgebildeter Aristokrat, mathematisch hochbegabt. Er hat Faradays Visionen in mathematische Gleichungen umgesetzt. Seine Maxwellschen Gleichungen, die eigentlich nichts anderes sind als geometrische Regeln, mit denen man Pfeile und Kreise zeichnen kann, haben wir ebenfalls schon kennengelernt. Und ich habe zumindest gesagt, dass man alle (1) elektrischen und magnetischen Phänomene durch zwei Formeln beschreiben kann:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho$$
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

Dabei ist das  $\nabla$  das Integral und unter dem Integral als  $d$  beim  $dx$  kennen. \* ist eine besondere Rechenanweisung,  $\mathbf{E}$  ein Vektorschema (ein mehrdimensionaler Vektor, ein sog. Tensor), das im wesentlichen die Feldstärken enthält, und  $j$  die Stromdichte.

Maxwell und Faraday, das Dreamteam der Physik, haben gezeigt, dass unsere Welt neben den bekannten Teilchen auch noch eine zweite Art von Substanz enthält, das Feld.

In Q3 werden wir lernen, dass es nur eine Substanz gibt, die Quanten.

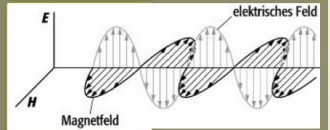
Maxwell und Faraday haben Regeln gefunden, mit denen wir selbst modernste Geräte wie Computer und Laser verstehen können. Wir haben entsprechend ja auch schon die Halbleitertechnik und die digitale Elektronik kennengelernt.

Wie geht es weiter:

Maxwell hat erkannt, dass seine Gleichungen zeigen, dass Faradays Feldlinien auch Wackeln können... und dass sich dieses Wackeln auch durch Raum und Zeit ausbreitet. Er hat die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit seinen Gleichungen berechnet und bemerkt, dass die Lichtgeschwindigkeit herauskommt.

Ihm war klar, dass Licht aus wackelnden faradayschen Linien bestehen muss.

Und Heinrich Hertz hat kurze Zeit später wackelnde elektrische Feldlinien niedriger Wackelfrequenz als Radiowellen nachweisen können.



Lerninhalte Physik LK Q2 während der Schulschließung: Wechselstromtechnik, Schwingkreis, Dipol

Plasmabögen im Sonnenmagnetfeld



Blog-Archiv

▼ 2020 (89)  
▼ Juli 2020 (1)  
▼ 11 Mai (1)  
Inhaltsverzeichnis  
► April 2020 (24)  
► März 2020 (44)

Dieses Blog durchsuchen

Suchen

Wikipedia: Direkt vom Blog

W

# Der Inhalt

## Inhaltsverzeichnis Blog

1. **Maxwell und elektrische Wirbelfelder (wdh)**
2. **Wechselstromtechnik, Teil 1**
  - 2.1 Kapazitiver und induktiver Widerstand (wdh)
  - 2.2 Effektivwerte von Strom und Spannung
    - 2.2.1 Theorie
    - 2.2.2 Experiment
  - 2.3 Impedanzen (Wechselstromwiderstände)
    - 2.3.1 Kondensator
    - 2.3.2 Darstellung von Schwingungen über Sinuskurven (wdh)
    - 2.3.3 Spule
    - 2.3.4 Zusammenfassung
    - 2.3.5 Übungsaufgabe
    - 2.3.6 Phasenänderungen
  - 2.4 Addition von Impedanzen oder was Widerstände mit Pfeilen zu tun haben
    - 2.4.1 Problembeschreibung
    - 2.4.2 Zeigerdiagramme
    - 2.4.3 Reale Spule
  - 2.5 Blindleistung
  - 2.6 Sperrkreis
    - 2.6.1 Experiment und Aufgaben
    - 2.6.2 Lösungen
    - 2.6.3 Deutung der Sperrwirkung
    - 2.6.4 Bestimmung von  $\mu_R$
    - 2.6.5 Innehalten und Wiederholen
3. **Schwingkreis**
  - 3.1 Entladen eines Kondensators
    - 3.1.1 Ein- und Ausschalten eines Kondensatorstromes (wdh)
    - 3.1.2 Versuche zur Entladung eines Kondensators über eine Spule
  - 3.2 Erklärung des Schwingungsablaufs
    - 3.2.1 Felder
    - 3.2.2 Aufstellen der Differenzialgleichung
    - 3.2.3 Lösen der Differenzialgleichung
    - 3.2.4 Verlauf von  $Q(t)$ ,  $U(t)$ ,  $I(t)$
    - 3.2.5 Schwingungsphasen
  - 3.3 Induktion als treibende Kraft
  - 3.4 Rückblick und Ausblick
  - 3.5 Beschreibung der Dämpfung
    - 3.5.1 Experimente
    - 3.5.2 Mathematik, k-Bestimmung

#### **4. Wechselstromtechnik Teil 2**

##### **4.1 Stromerzeugung durch einen Generator**

- 4.1.1 Wiederholung Elektromotor (wdh)
- 4.1.2 Prinzip des Generators
- 4.1.3 Magnetischer Fluss
- 4.1.4 Herleitung der Generatorformel
- 4.1.5 Erklärung durch die Lorentzkraft
- 4.1.6 Drehstrom
- 4.1.7 Lehrvideo

##### **4.2 Anpassung durch Transformatoren**

- 4.2.1 Wofür braucht man einen Trafo?
- 4.2.2 Trafos transformieren Spannungen
- 4.2.3 Experimente
- 4.2.4 Leistung und Windungszahl
- 4.2.5 Lehrvideo
- 4.2.6 Phasenverschiebungen
- 4.2.7 Hochspannungstrafo
- 4.2.8 Tesla-Trafo macht Musik
- 4.2.9 Schmelzen und Schweißen

##### **4.3 Struktur des deutschen Stromnetzes**

- 4.3.1 Aufbau
- 4.3.2 Energieverluste
- 4.3.3 Übungsaufgabe

#### **5. Rückblick und Ausblick**



- [Startseite](#)
- [Leifiphysik](#)
- [Wichtige Inhalte, Merke](#)
- [Was sind Kapazitäten?](#)
- [Was sind Induktivitäten?](#)
- [Glossar](#)
- [Erzwungene Schwingungen, Resonanz](#)
- [Wechselstromwiderstände und komplexe Zahlen](#)
- [Von Supraleitern und schwebenden Fröschen](#)
- [Riesenmagnete bei CERN](#)
- [Klausurthemen](#)
- [Klausurersatzleistungstipps und Lösungen](#)
- [Klausurersatzleistung](#)

# Bauteile

- Eigene Texte
- Links u.a. zu Leifi-Physik, aber mit gezielten Arbeitsaufträgen
- Eigene Mitschriften als Bildbeitrag
- Handyvideos: Experimente
- Videos: Lehrererkklärungen an Tafel
- Handyvideos mit Erklärungen und eigenen Notizen
- Arbeitsaufträge
- Übungsaufgaben
- Persönliche Botschaften
- Videos und Bilder aus bekannter Lernumgebung, teils von mir
- Tägliche Erreichbarkeit in Discord
- Diskussionsforum der Lernenden untereinander in Discord

Posts sollen kognitiv aktivieren und Unterstützung bei der Anleitung zur Wissenskonstruktion bieten

# Beispiele

Freitag, 13. März 2020

## Herzlich willkommen

Nun ist das passiert, was wohl nur die wenigsten erwartet haben und was ich in 40 Jahren Schuldienst noch nicht erlebt habe.

Zum Glück habe ich nur euch und kann mich deshalb in den kommenden Wochen voll auf euch konzentrieren.... 😊

Im Ernst...es wird genau die Abiaufgaben geben, die schon seit längerem geplant sind, auch wenn euch drei Wochen Unterricht fehlen.

Bitte arbeitet deshalb die einzelnen Posts durch, macht euch in eurem Heft Notizen.

Seht die Links an, die Videos und was auch immer ich einfüge, damit ihr gut alles lernen und begreifen könnt.

Vielleicht filme ich auch mal ein Experiment oder eine Erklärung, die ich an die Tafel schreibe, und baue das dann als Video ein.

Ich hab die Kommentarfunktion aktiviert, dann könnt ihr direkt Fragen stellen, die alle lesen können, ebenso meine Antworten.

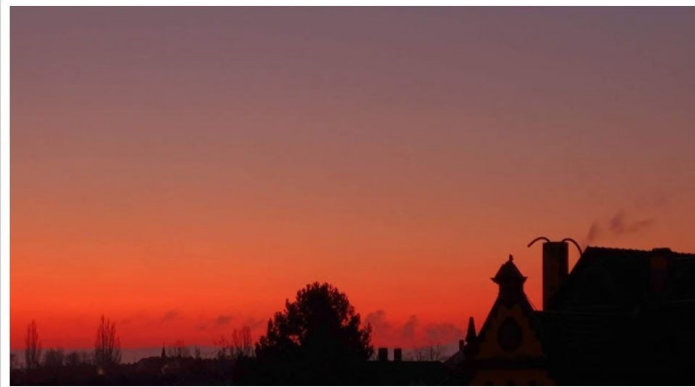
Ihr könnt mir auch Mails schreiben oder mich anrufen.

Wenn es keine Ausgangssperre gibt, werde ich täglich gegen 15 Uhr im SFN sein, wer etwas persönlich klären will, kann gerne vorbei kommen.

Der Klausurtermin wird nicht nachgeholt. Ich würde euch eine schriftliche Bearbeitungsaufgabe aus dem Klausurstoff schicken schicken, die ihr mir per Mail abgeben oder in den SFN Briefkasten werfen könnt. Damit habt ihr eine zweite schriftliche Note und der Druck auf der einen verbleibenden Klausur ist nicht so hoch. Das ist also so wie eine Klausurersatzleistung.

Zumindest in Physik werdet ihr keine Nachteile haben, falls ihr hier mitspielt und regelmäßig arbeitet.  
Reserviert euch am besten bestimmte Zeiten dafür.

Trotz allem: Ich fände es schöner euch zu sehen, geht nicht. Aber am allerwichtigsten ist, dass wir alle gesund bleiben und lernen mit diesem neuen Virus umzugehen.



PS: Diesen Blog könnt ihr auch in einer besonderen handytauglichen Version auf dem Smartphone abrufen.

um 20:35 Keine Kommentare:     

## Hinweis

Oben steht immer der neueste Post.

Rechts findet ihr ein Archiv, in dem ihr Posts anklicken könnt.

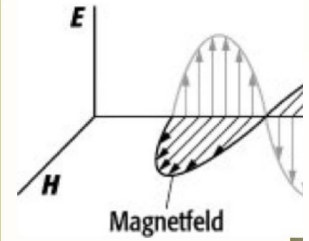
Darunter eine Suchmaschine für Blog-Inhalte.

Ganz unten könnt ihr Benachrichtigungen abonnieren, wenn ich neue Posts online stelle.

Bilder können durch Anklicken vergrößert werden.

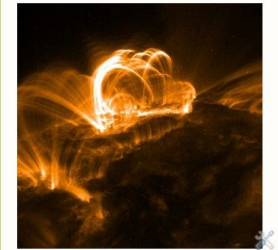
Am Ende der Postanzeige findet ihr meine Kontaktdaten.

Das Hintergrundbild zeigt Interferenzen an einer dünnen Seifenblasenhaut



Lerninhalte Physik LK  
Q2 während der  
Schulschließung:  
Wechselstromtechnik  
, Schwingkreis, Dipol

Plasmabögen im  
Sonnenmagnetfeld



Blog-Archiv

▼ 2020 (69)

► Mai 2020 (1)

► April 2020 (24)

▼ März 2020 (44)

► 30 Mär (2)

► 29 Mär (2)

► 28 Mär (2)

► 27 Mär (2)

► 26 Mär (2)

► 25 Mär (4)

► 24 Mär (2)

► 23 Mär (6)

► 22 Mär (2)

► 21 Mär (4)

► 20 Mär (1)

► 19 Mär (2)

► 18 Mär (3)

► 17 Mär (2)

► 16 Mär (2)

► 15 Mär (3)

Was mein ich mit dem letzten Satz? Welcher Moment ist gemeint?

Hinweis: Umax bzw. Imax bedeutet das Gleiche wie Uo bzw. Io, es sind die Amplituden.

um 00:01 [Kommentare:](#)    

Sonntag, 15. März 2020

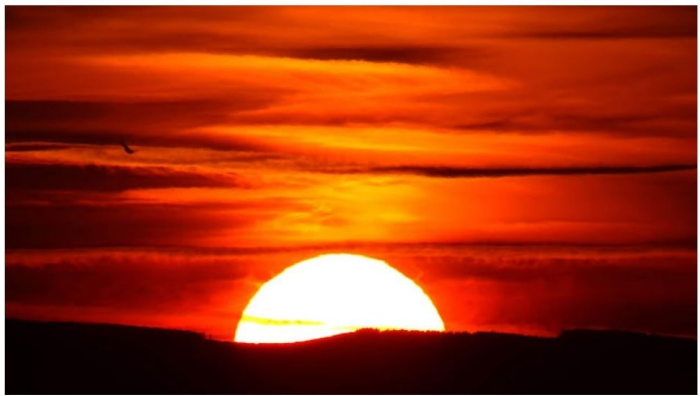
## Intermezzo: Vergesst nicht das Schöne dieser Welt!

Das Bild entstand heute Abend am Essigberg, der Film von Mark aus Zierenberg (18) gestern in Liebenau....

Er schreibt dazu:

*Ich muss etwas an Corona dabei denken: Von Beginn an war es zwar da, aber wurde nicht wahrgenommen, bis Corona Europa förmlich überflutete. Der Blick auf die schönen Dinge wird davon verdeckt, aber am Ende wird die Stunde wieder kommen, da sind die Gedanken wieder frei. Die Welt dreht sich weiter und das wird sie eben auch mit Corona tun.*

*Immer schön Hände waschen und gesund bleiben!*

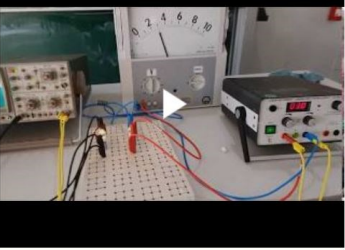


um 20:24 [Keine Kommentare:](#)   

## Wechselstromtechnik Teil2: Effektivwerte von Strom und Spannung

### Definition des Wechselstromwiderstandes

Durch die Bauweise der Generatoren (kommt später) ergibt sich ein sinusförmiger-Verlauf von Spannung und Stromstärke (in der Regel erst einmal gleichphasig)




Frage: Was bedeutet das, wenn man von 230 V Wechselspannung in unserem Haushaltsnetz spricht?

Man meint den Effektivwert, d.h. ein Gleichstrom mit der Spannung 230 V hat die gleiche Wirkung.

Nie im Film angekündigt, können wir jetzt die Wechselstromwiderstände (auch Impedanzen genannt) für Spule und Kondensator behandeln.

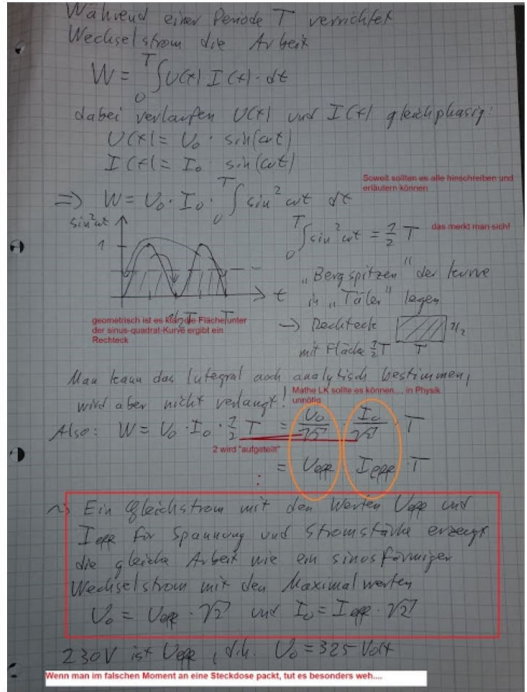
Schaut euch noch mal den Post ([Kapazitiver und induktiver Widerstand hier im Blog](#)) zu kapazitiven und induktiven Widerstand an. Jetzt kommt die Mathematik dazu.

Stundenplanmäßig gesehen sind wir jetzt in der 1.Stunde am Do, 19.3. angekommen ....

um 18:44 [Kommentare:](#)    

## Wechselstromtechnik: Teil 2 Effektivwerte von Strom und Spannung, Ergänzung

hier mein eigenes Arbeitsblatt....





# Wechselstromtechnik: Teil 2 Effektivwerte von Strom und Spannung, Experiment

## Experiment zum Vergleich von Wechselspannung und Gleichspannung:

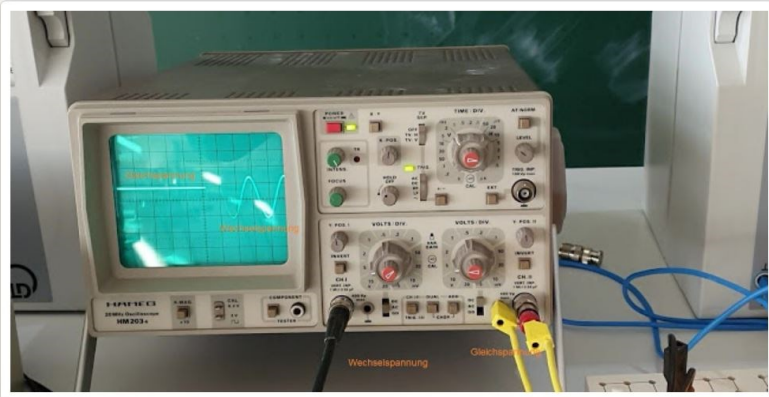
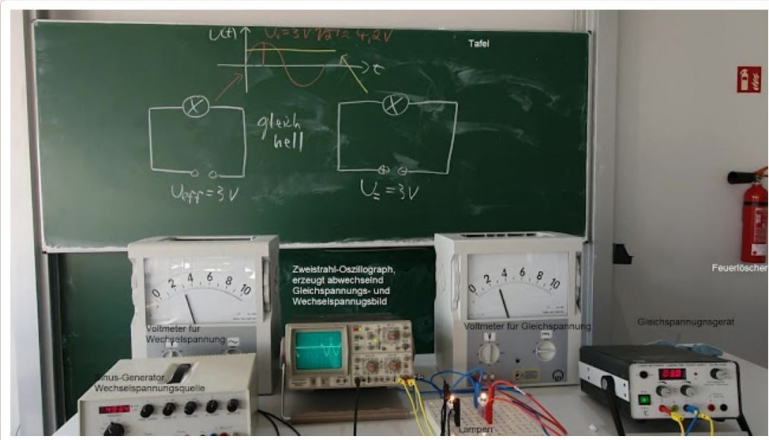
Alle Messgeräte sind so geeicht, dass sie bei der Einstellung "Wechselspannung" oder "Wechselstrom" die Effektivwerte anzeigen. Man erkennt also sofort welche Leistung der Strom hat:

Leistung  $P = U_{eff} \cdot I_{eff}$

Arbeit  $W = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot t$

Ein Gleichstrom mit den Werten  $U_{eff}$  und  $I_{eff}$  hat die gleiche Wirkung wie ein Wechselstrom mit diesen Effektivwerten.

Das zeigt das kleine Experiment:



Bitte seht euch das Video (1m35s) an und tragt euch wichtige Informationen in euer Heft ein!

Wechselspannung anlegt:

Je schneller die Spannung ihre Polung ändert und je größer die Kapazität ist, desto weniger spielt die "volle" Aufladung eine Rolle und desto weniger Widerstand setzt dem Wechselstrom entgegen.

Hier habe ich das ja am Anfang noch einmal wiederholt:

Link: Wiederholung der Versuche zum Wechselstromwiderstand

Nun geht es um die Formeln und deren Herleitung.

Schaut euch das erste Video an und macht euch Notizen:

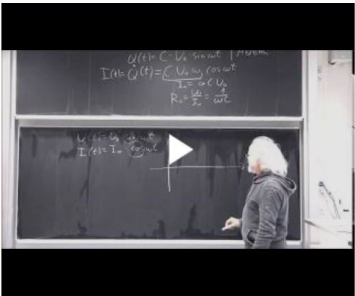


Im zweiten Video erläutere ich die wichtigste Konsequenz der Herleitung:

Liegt ein Kondensator an Wechselspannung an, so sind Spannungsverlauf und Stromstärke nicht mehr in Phase!

Ist außer dem Kondensator nichts anderes mehr im Stromkreis, beträgt die Phasenverschiebung 90° oder eine Viertel Periode! Dabei erreicht die Stromstärke vor der Spannung ihr Maximum.

Video ansehen und Notizen machen!



Ein Blick auf das Filmteam..., Kollegin Nina Illmer hat einen Vortrag für die Vernadski-Lesungen in Sibirien aufgenommen...

In Leifi ist eine wirklich gelungene Animation zu sehen. Schaut euch das für den normalen ohmschen Widerstand und dann für den Kondensator an (Spule kommt später).

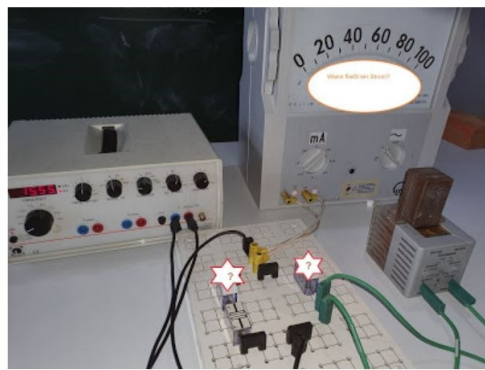
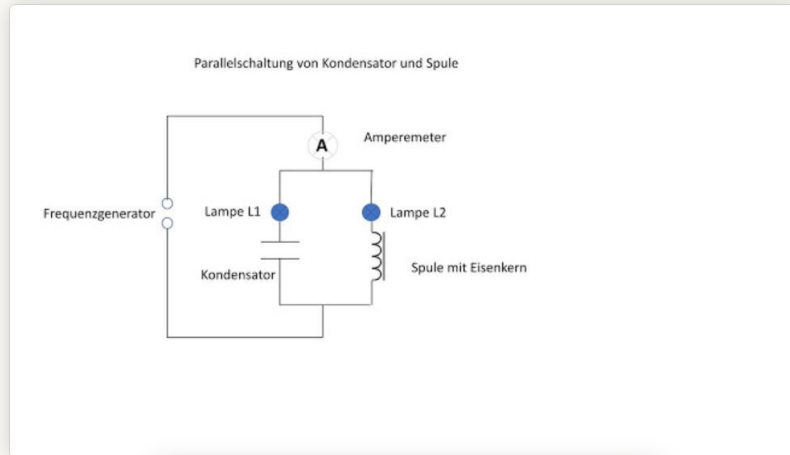
## Sperrkreis = Parallelschaltung von Spule und Kondensator

Bevor ich euch die Filme zeige und alles erkläre, solltet ihr die Möglichkeit haben, erst einmal selbst alles zu verstehen...

Das müsstet ihr eigentlich schaffen...geht notfalls einfach mal Posts zurück oder auf die Seite mit den wichtigsten Erkenntnissen.

Dann wird auch klar, warum man diese Schaltung Sperrkreis nennt.

Hier das Schaltbild und ein Szenebild des Films:



Mit dem Frequenzgenerator (auch Sinusgenerator genannt) ändere ich die Frequenz eines Wechselstromes von niedrigen Werten bis zu hohen Werten.

- 1) Beschreibe das Verhalten der beiden Lampen L1 und L2 und erkläre es.
- 2) Was wird das Amperemeter anzeigen (keine Zahlen, Zeigerverhalten beschreiben)? Was misst es eigentlich?

Schwere Frage:

- 3) Entwickel eine Formel für eine charakteristische Frequenz und erkläre das Wort Sperrkreis.

Noch schwerer:

- 4) Was würde passieren, wenn die Spule keinen ohmschen Widerstand hat, sondern ideal ist, also eine reine Induktivität?

Viele Spaß beim Lösen...bis später...

## Zur Entspannung

Abendstimmung

Auch alleine kann man die Natur genießen...





**Beantwortung der Fragen:**

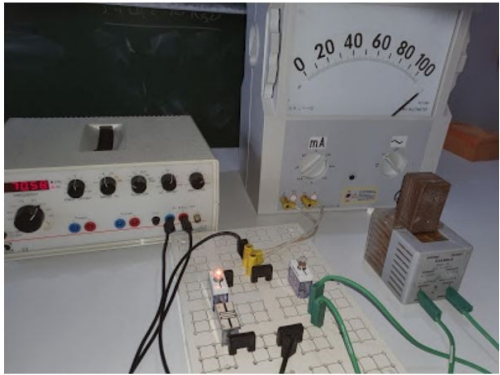
- 1) Beschreibe das Verhalten der beiden Lampen L1 und L2 und erkläre es.
- 2) Was wird das Amperemeter anzeigen (keine Zahlen, Zeigerverhalten beschreiben)? Was misst es eigentlich?

Zur Antwort schaut euch den ersten Film an....

Vorerst die wichtigsten Infos in Bildform:

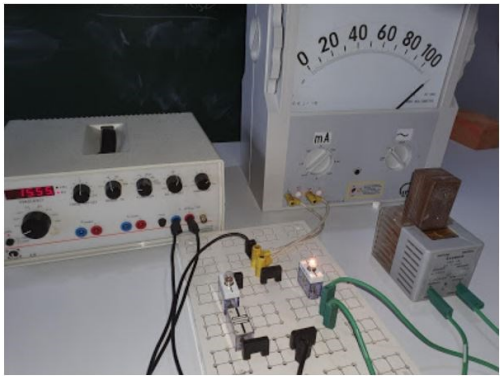
Hohe Frequenz des Wechselstroms:

Der Strom fließt über den Kondensator, da nur er bei hohen Frequenzen einen kleinen Widerstand hat.



Niedrige Frequenz des Wechselstroms:

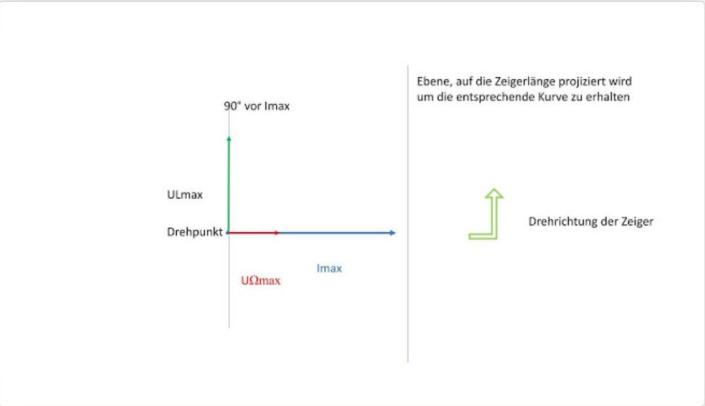
Der Strom fließt über die Spule, da nun der Kondensator einen zu großen Wechselstromwiderstand besitzt.



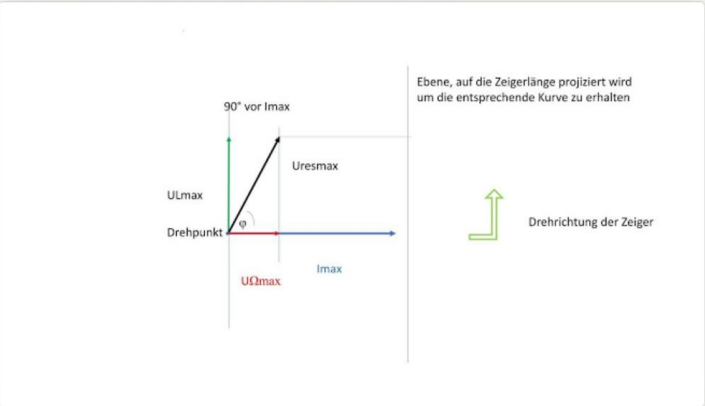
"Kritische"Frtequenz (wir sprechen später von der Resonanzfrequenz):

Wir wissen, dass an der Spule U vor I gilt. "Vor" heißt hier in Drehrichtung gesehen davor...wieviel? 90°!

Damit ist klar wo der Zeiger für ULmax hinkommt (die Länge mache ich beliebig, da wir ja die angelegte Spannung nicht festgelegt haben, in der Regel ist sie g Widerstand ist größer als der ohmsche...).



Ich hoffe, jetzt wird es klar...wir addieren jetzt die beiden U-Zeiger zum Zeiger der resultierenden Spannung



Wir sehen: Bei der realen Spule gibt es eine Phasenverschiebung φ zwischen U(t) und I(t) die kleiner als 90° ist.

Macht euch an der Zeichnung klar und antworte! laut auf meine folgenden Fragen (ich höre euch!):

- 1) Was muss man machen, damit die Phasenverschiebung 90° ist (ideale Spule, induktiver Widerstand)?
- 2) Was passiert dabei mit den Zeigern und mit dem Phasenwinkel φ? Produziert einen Film bei euch im Kopf...
- 3) Welcher Zeiger ändert sich wie, wenn man den Eisenkern aus der Spule herausnimmt? Was passiert mit der Phasenverschiebung φ?
- 4) Wie kriegt man trotz Spule im Stromkreis die Phasenverschiebung wieder auf φ = 0°? Es gibt zwei mögliche Antworten...von der einen hab ich euch schon mal erzählt...

Und:  
Könnt ihr jetzt eine Formel herleiten für die resultierende Spannung und den resultierenden Widerstand und für die Phasenverschiebung?

Jetzt müsste es ein lautes: JA geben...  
Versucht es mal...der olle Grieche lässt euch tangential grüßen...

# Kontrollen

- Bilder von Ausarbeitungen
- Persönliche Gespräche am Telefon, Discord, Zoom
- Einzelne gemeinsame Stunden
- Online-Klausur mit Vorbereitung
- Klausur im anschließenden Präsenzunterricht, mit Aufgaben aus der Lockdown-Zeit statt der Zeit davor.

# Videos

- Mit Handy erhält man ausreichend gute Videos
- Schneiden mit Movie Maker problemlos
- Perfektionismus ist hinderlich
- Versuche filmen, live kommentieren
- Persönliches, direkte Ansprache
- Szenenbilder mit Paint beschriften und voranstellen (advanced organizer)
- >>> Video ist in Lernprozess eingebunden
- Herleitungen erläutern
- Lehrervortrag
- Experimente
- Podcasts
- Später über YouTube Kanal einbinden

# Der zweite Blog Q3

- Ende der Sommerferien: Blog parallel zum Unterricht
- Hilfreich bei Krankheit, Quarantäne
- Kontinuierlicher Übergang beim nächsten Lockdown
- Übungsmöglichkeit: Wie arbeite ich mit dem Blog
- Lesebuch zum Unterricht
- Materialsammlung

<https://physikkursq3lichtundquanten.blogspot.com/>

Bisher 12 000 Zugriffe





# Was ist denn nun Licht? Von Maxwells elektromagnetischen Wellen zu gequetschten Photonen

In meinen Physik-LK der Q3 fragen wir uns: Was ist Licht? Dabei lernen wir viele optische Erscheinungen kennen, die auch in der Abiturprüfung eine Rolle spielen werden, müssen uns aber auch mit philosophischen Konzepten auseinandersetzen: Die Frage "Was ist Licht?" führt uns zur Frage nach dem, was überhaupt in dieser Welt real ist.

ABONNIEREN

Spezielle Inhalte, Herleitungen

[STARTSEITE](#)

[BRECHUNG UND BEUGUNG](#)

[VIDEO: HUYGENSCHES PRINZIP BEI BRECHUNG UND BEUGUNG](#)

[MEHR...](#)

## P 106: Von nackten und nassen Hunden oder Zurück in die Zukunft IV



Von [KP Haupt](#) - Dienstag, Januar 05, 2021



Wir haben in E1 mit den über 400 Jahre alten Vorstellungen von Galilei und Newton begonnen. Jetzt sind wir bei der besten und genauesten Theorie der Physik angekommen, der QED. Die Erweiterung zu einer allgemeinen QFT ist noch nicht abgeschlossen...da könnt ihr euch noch austoben. 18.4 Quantenelektrodynamik Die ersten Versuche, Felder durch Quanten zu beschreiben, sind schon 1927 von Dirac, Pauli und Jordan unternommen worden. Sie scheiterten daran, dass in ihren Formeln unendlich große Summanden auftraten. Nach 1945 hatten Richard Feynman, Freeman Dyson, Julian Schwinger und S. Tomonaga eine bahnbrechende Idee: Man lässt einfach die unendlich großen Summanden weg und rechnet mit dem Rest weiter. Ich gebe zu, das ist etwas respektlos formuliert, aber letztlich ist es das, auch wenn sehr viel mehr Mathematik und Theorie dahintersteht und die Bezeichnung "Renormierung" etwas professioneller klingt. 1965 erhielten Feynman, Schwinger und Tomonaga dafür den Nobelpreis für Physi

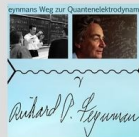
[Kommentar posten](#)

[MEHR ANZEIGEN](#)

## P105: Die Wiederkehr des elektrischen Feldes



Von [KP Haupt](#) - Dienstag, Januar 05, 2021



Die einzige logische Konsequenz ist: Die Wellen, die man in der QM den Photonen zuordnet sind Wahrscheinlichkeitswellen . >>> Also müssen die Wahrscheinlichkeitswellen den EMW entsprechen. Die Auslenkung einer Wahrscheinlichkeitswelle beschreibt (nicht ist!) die Wahrscheinlichkeit ein Photon anzutreffen. Die Auslenkung einer EMW beschreibt die Feldstärke. >>> Also ist die Feldstärke ein Maß für die Wahrscheinlichkeit ein Photon anzutreffen . >>> Also muss es in den Feldern Photonen geben. >>> Also bestehen elektrische und magnetische Felder aus Photonen! >>> Die elektrische Feldstärke (und auch dann die magnetische Feldstärke) ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit , an dieser bestimmten Stelle ein Photon anzutreffen. >>> EMW sind also Wahrscheinlichkeitswellen für Photonen. Die elektrische Feldstärke ist aber ein Maß für die elektrische Kraft. Da, wo man viele Photonen antrifft, wirken starke Kräfte. >>> Also: Photonen

[Kommentar posten](#)

[MEHR ANZEIGEN](#)



In meinen Physik-LK der Q3 fragen wir uns: Was ist Licht? Dabei lernen wir viele optische Erscheinungen kennen, die auch in der Abiturprüfung eine Rolle spielen werden, müssen uns aber auch mit philosophischen Konzepten auseinandersetzen: Die Frage "Was ist Licht?" führt uns zur Frage nach dem, was überhaupt in dieser Welt real ist.

### Vom Laser zum Beamen

In diesem Blog geht es nicht nur um physikalisches Wissen und abiturrelevante Formeln, sondern auch darum, ob wir die Realität erkennen können. Oder entsteht die Welt erst durch Beobachtungen?

Plotin (205 - 270):

Die Natur hat ein Schauen in sich, und das was sie erschafft, erschafft sie wegen des Schauens.

### Inhaltsverzeichnis:

[0. Einleitung](#)

# Inhalt

## **0. Einleitung**

- 0.1 Willkommen im Blog
- 0.2 Unser gemeinsamer Weg zur Teleportation
- 0.3 Benutzerhinweise

## **Teil 1: Wellenmodell des Lichts**

### **1. Licht als EMW**

- 1.1 Maxwell und die Lichtgeschwindigkeit
- 1.2 Messungen der Lichtgeschwindigkeit
- 1.3 Newtons Teilchenvorstellung widerlegt
- 1.4 Einstein und die Lichtgeschwindigkeit
- 1.5 Äther und das Michelson-Morley-Experiment
- 1.6 Anwendung: Nachweis von Gravitationswellen
- 1.7 Anwendung:  $\lambda$ -Messung und Brechungsindex von Luft
- 1.8 Poissonscher Fleck und stehende Lichtwellen
- 1.9 Faraday- und Kerreffekt
- 1.10 Übungen

## **2. Interferenz und Beugungserscheinungen**

- 2.1 Brechung und Beugung: Nicht verwechseln
- 2.2 Ohne Kohärenz keine Interferenz
- 2.3 Interferenz am Doppelspalt
- 2.4 Interferenz und Beugung am Spalt
- 2.5 Der echte Doppelspalt
- 2.6 Video, Übungen, Klausur
- 2.7 Beugung an Öffnungen und Hindernissen
- 2.8 Beugung am Gitter und Mehrfachspalte
- 2.9 Schillernde Farben an dünnen Schichten
- 2.10: Interferenzen und Farben überall: Flügel, Glimmer, Keil und Newton
- 2.11 Polarisieren macht alles bunt
- 2.12 Tanzendes Licht in einer Seifenblase

Neu:

Mehr Zusatzmaterial

Freiwillige Posts

Viele Zusatzseiten

Ausführliches Glossar

Label

>>> Lese- und Arbeitsbuch

Trotzdem: Auch eigene Videos



## **Teil 2: Spektren, Strahlungsgesetze und Treibhauseffekt**

### **3. Spektren**

3.1 Erzeugung von Spektren durch Prismen

3.2 Gitterspektren

3.3 Das Sonnenspektrum

### **4. Strahlungsgesetze oder: Wie kann man Glühlampen verbessern?**

4.1 Die Wiege der modernen Physik

4.2 Schwarze Körper: Schwarz wie die Nacht

4.3 Plancks Kurven

4.4 Das Wiensche Verschiebungsgesetz

4.5 Die Temperatur der Sterne und des Raumes

4.6 Stefan-Boltzmannsches Gesetz

### **5. Treibhauseffekt**

5.1 Bestimmung der Solarkonstante

5.2 Aufgabenstellung

5.3 Bestimmung der Sonnentemperatur 5.4 Bestimmung der Erdtemperatur

5.5 Erklärung des Treibhauseffektes

5.6 Der anthropogene Treibhauseffekt

5.7 Klausuraufgaben (Beispiele)

## **Teil 3: Probleme der klassischen Physik und ihre Lösungen**

### **6. Überblick über Probleme der klassischen Physik**

6.1 Heute und vor 140 Jahren

6.2 Die Probleme der klassischen Physik

### **7. Planck erfindet das Wirkungsquantum**

7.1 Der falsche Ansatz: Gleichverteilung der Energie

7.2 Planck probiert etwas Neues

7.3 Energiequantelung

7.4  $h$  - das bit der Wirkung

7.5 Planck macht einen Rückzieher

7.6 Übungsaufgabe: Lichtenergie einpacken

## **8. Einsteins Deutung des Photoeffektes**

8.1 Wellen lösen Elektronen und Steine

8.2 Der Versuch von Hallwachs

8.3 Es kann verdammt lang dauern

8.4 Einsteins Idee

8.5 Widersprüche zur Wellenvorstellung

8.6 Plädoyer gegen die Welle und für die Photonen

8.7 Einsteins Formel zum Photoeffekt

8.8  $h$  - Bestimmung

8.9  $h$ - Bestimmung mit LEDs

8.10 Kennlinie einer Photozelle

8.11 Übungsklausur

## **Teil 4: Was sind eigentlich Photonen??**

### **9. Zwei Vorstellungen treffen aufeinander**

9.1 Licht muss eine Welle sein!

9.2 Licht kann keine Welle sein!

9.3 Licht besteht aus Photonen

9.4 Licht kann nicht aus Photonen bestehen

9.5 Das Duell der Modelle

9.6: Mögliche Szenarien: Ein Hauch von Philosophie

### **10. Teilcheneigenschaften der Photonen**

10.1 Photonen haben Masse

10.2 Photonen sind träge und haben Schwung

10.3 Eigenschaften der Photonen

10.4 Dualismus Welle-Teilchen

## **Teil 5: Der Prinz und die Wellen**

### **11. Sind Elektronen etwa Wellen??**

11.1 Materiewellen

11.2 Berechnung von Wellenlängen

11.3 Elektronenbeugung am Doppelspalt

11.4 Elektronenbeugung an Kristallen

11.5 Versuch von Möllenstedt und Düker

### **12. Die Wahrscheinlichkeits- Interpretation der QM**

12.1. Doppelspaltversuch mit vielen Photonen

12.2 Doppelspaltversuch mit einzelnen Photonen

12.3 Das Bunching verhidnert Ein-Photonen-Experiment

12.4 Spielen mit einzelnen Elektronen

12.5 Die Bornsche statistische Deutung

12.6 Mathematische und philosophische Vertiefung

## **Teil 6: Was ist noch real?**

### **13. Interpretationen der QM**

13.1 Zufälle und andere Quanteneigenschaften

13.2. Wahrscheinlichkeitsinterpretation und Kopenhagener Deutung

13.3 Führungswelle von de Broglie

13.4 Die Bellsche Ungleichung

13.5 Plotin

13.6 Die Viel-Welten-Interpretation

### **14. Das Kuriositätenkabinett**

14.1. Heisenberg wird abstrakt

14.2 Eine Wellengleichung, die keine ist

14.3 Schrödinger, der Katzenhasser

14.4 Bertlmanns Socken

14.5 Ein Elektron auf Reisen

## **Intermezzo: Zusatzmaterial**

## **15. Wellenpakete und Unbestimmtheiten**

15.1 Frag nie nach dem Weg

15.2 Ort und Impuls

15.3 Ortsbestimmung mit Spalt

15.4 Abweichende Quantenrealität

15.5 Energie und Zeit

15.6 Vakuumfluktuationen

15.7 Kausalität und das Ding an sich

15.8 Ein Universum aus dem Nichts

## **16. Teleportation, Verschränkung und Einflüsse aus der Vergangenheit**

16.1 Verschränkung

16.2 Teleportation

16.3 Experimente mit verzögerter Wahl

16.4 Quantenmechanischer Bombentest

16.5 Ausblick

## **17. Dekohärenz und die Konstruktion von Welten**

17.1 Zusammenfassung: Eigenschaften der Quantenwelt

17.2 Gequetschte Photonen

17.3 Die Quantenwelt erschafft die Alltagswelt

17.4 Realität und Wirklichkeit

17.5 Der Unterschied zwischen Verstehen und Erklären

## **18. Licht: eine EMW??? Quantenfeldtheorie**

18.1. Was waren nochmal EMW?

18.2 Was waren noch mal Felder?

18.3 Licht in der Quantenmechanik

18.4 Quantenelektrodynamik QED

## **Teil 7: Eingespernte Quanten**

19. Potenzialtöpfe

20. Lichtentstehung

21. Der Frank-Hertz-Versuch

22. Das Wasserstoffatom

23. Atomphysik

24. Kernphysik

Teil 8: Quanten im Gleichtakt: Laser aus Photonen und Atomen

Teil 9. Dopplereffekt: Im Abitur, der Medizin und der Astronomie

Teil 10: Röntgenstrahlung und Kristallstrukturen

Teil 11: Vom Anfang und Ende der Welt: Elementarteilchen und Kosmologie

Startseite
Brechung und Beugung
Video: Huygensches Prinzip bei Brechung und Beugung <a href="https://www.youtube.com/watch?v=mqv86ZuQl0Q">https://www.youtube.com/watch?v=mqv86ZuQl0Q</a>
Grundwissen: Interferenzen
Grundwissen Stehende Welle
Doppelspalt, einfaches Modell
Spalttheorie
Gitter
Auflösungsvermögen
Totalreflexion
Polarisation: himmlisch
Zirkular polarisiertes Licht und Lissajous-Figuren, aktualisiert
Hinweise zur Physik der Spektrentypen
Formen der Spektrallinien: Zipfelmützenprofile
Relativistische Rechnungen
Herleitung der Braggschen Formel
Zum Dualismus Welle-Teilchen, aktualisiert 31.12.20
Herleitungen der Unbestimmtheitsbeziehungen
Nachruf auf Dieter Zeh
Philosophie der Quantenmechanik <a href="https://www.youtube.com/watch?v=XQ25E9gu4qI">https://www.youtube.com/watch?v=XQ25E9gu4qI</a>

### Zusatzseiten:

- Ergänzungen
- Bereitstellung von Inhalten aus E2, Q2
- Herleitungen, die mehrfach genutzt werden

Vortragsreihe 14-tägig Online mit abrufbaren Videos:  
Quantenmechanik am Beispiel des Photonenbegriffs

### Experimentiermöglichkeit beim Schülerkongress im Quantenlabor:

- Michelson-Morley mit  
Einzelphotonen
- Verschränkung



# Beispielseiten

Plotin (205 - 270):

Die Natur hat ein Schauen in sich,  
und das was sie erschafft, erschafft  
sie wegen des Schauens.

Inhaltsverzeichnis:

0. Einleitung

- 0.1 Willkommen im Blog
- 0.2 Unser gemeinsamer Weg zur Teleportation
- 0.3 Benutzerhinweise

Teil 1: Wellenmodell des Lichts

1. Licht als EMW

- 1.1 Maxwell und die Lichtgeschwindigkeit
- 1.2 Messungen der Lichtgeschwindigkeit
- 1.3 Newtons Teilchenvorstellung widerlegt
- 1.4 Einstein und die Lichtgeschwindigkeit
- 1.5 Äther und das Michelson-Morley-Experiment
- 1.6 Anwendung: Nachweis von Gravitationswellen
- 1.7 Anwendung:  $\lambda$ -Messung und Brechungsindex von Luft
- 1.8 Poissonscher Fleck und stehende Lichtwellen
- 1.9 Faraday- und Kerreffekt
- 1.10 Übungen

2. Interferenz und

Beugungserscheinungen

- 2.1 Brechung und Beugung: Nicht verwechseln
- 2.2 Ohne Kohärenz keine Interferenz
- 2.3 Interferenz am Doppelspalt
- 2.4 Interferenz und Beugung am Spalt
- 2.5 Der echte Doppelspalt
- 2.6 Video, Übungen, Klausur
- 2.7 Beugung an Öffnungen nund Hindernissen
- 2.8 Beugung am Gitter und Mehrfachspalte
- 2.9 Schillernde Farben an dünnen Schichten
- 2.10: Interferenzen und Farben überall: Flügel, Glimmer, Keil und Newton
- 2.11 Polarisieren macht alles bunt
- 2.12 Tanzendes Licht in einer Seifenblase

Teil 2: Spektren, Strahlungsgesetze und Treibhauseffekt

3. Spektren

- 3.1 Erzeugung von Spektren durch Prismen
- 3.2 Gitterspektren
- 3.3 Das Sonnenspektrum

4. Strahlungsgesetze oder: Wie kann man Glühlampen verbessern?

- 4.1 Die Wiege der modernen Physik

Kennengabe:

Wie die unter dem Aktenzeichen

<https://physikkursq3lichtundquanten.blogspot.com/2020/11/berechnung-der-wartezeit-bis-zu.html>

abgelegte Rechnung zeigt, würde eine Welle dazu viel zu viel Zeit benötigen.

Wenn aber Photonen der richtigen Energie  $E = h \cdot f > W_a$  im Lichtstrom sind, dann übertragen sie diese Energie sofort an die Elektronen (jeweils ein Photon an ein Elektron).

Beobachtung:

Die Entladung wird gestoppt, sobald eine Glasplatte vor die UV- Lampe gehalten wird.

Erklärung:

Die Energie einer Welle wird von ihrer Intensität bestimmt. Die ändert sich wegen des geringen UV-Anteils im Licht durch die Glasplatte fast nicht. Die Vorstellung, dass Licht eine Welle sei, lässt sich mit dieser Beobachtung nicht vereinen, denn es kommt immer noch viel Licht : Welleneigenschaft Intensität hat keine Auswirkung!

Da die Glasplatte das kurzwellige Licht absorbiert, haben die durchkommenden Photonen zu wenig Energie:  $h \cdot f < W_a$ . Sie können nichts ausrichten.

Herr Staatsanwalt, wenn die Energie der Photonen nicht reicht, dann nützt es auch nichts ,wenn wir viel hinschicken...die Auslösung der Elektronen findet nicht statt.

Wäre eine Welle der entscheidende Energieträger, so müsste man nur lange genug warten und auch die langwelligste Welle würde irgendwann genug Energie geliefert haben.

Und, Euer Ehren, dass Glas UV-Strahlen absorbiert, sollten Sie wissen. Hinter den Glasscheiben Ihrer Villa werden Sie nicht braun! Sie müssen sich schon neben Ihren Swimmingpool legen...

Einspruch vom Staatsanwalt:

Vielleicht ist die Lichtwelle ja geladen?

Verteidiger:

Aber Herr Staatsanwalt, dann kann sie ja nur positiv geladen sein, wenn sie zusätzliche Elektronenladung kompensieren soll. Aber wenn man die Glasplatte mit Licht bestrahlt, zeigt das Elektroskop keine zusätzliche Ladung an.

Lassen Sie mich zusammenfassen:

Wir haben die folgenden Widersprüche zur Vorstellung von Licht als Welle erkannt:

- Die Auslösung von Elektronen hängt nicht von der Intensität sondern nur von der Frequenz ab!

- Eine Welle liefert Energie kontinuierlich. Aber da die Auslösung der Elektronen sofort passiert, muss die Energie in Energiepaketen und nicht auf einer Welle transportiert werden.

Lassen Sie mich zusammenfassen:

Staatsanwaltschaft:

Aber Licht zeigt doch Interferenzererscheinungen! Das zeigt doch, dass die Idee der Lichtkorpuskel vollkommener Blödsinn ist!



4.2 Schwarze Körper: Schwarz wie die Nacht  
4.3 Plancks Kurven  
4.4 Das Wiensche Verschiebungsgesetz  
4.5 Die Temperatur der Sterne und des Raumes  
4.6 Stefan-Boltzmannsches Gesetz

## 5. Treibhauseffekt

5.1 Bestimmung der Solarkonstante  
5.2 Aufgabenstellung  
5.3 Bestimmung der Sonnentemperatur  
5.4 Bestimmung der Erdtemperatur  
5.5 Erklärung des Treibhauseffektes  
5.6 Der anthropogene Treibhauseffekt  
5.7 Klausuraufgaben (Beispiele)

## Teil 3: Probleme der klassischen Physik und ihre Lösungen

### 6. Überblick über Probleme der klassischen Physik

6.1 Heute und vor 140 Jahren  
6.2 Die Probleme der klassischen Physik

### 7. Planck erfindet das Wirkungsquantum

7.1 Der falsche Ansatz: Gleichverteilung der Energie  
7.2 Planck probiert etwas Neues  
7.3 Energiequantelung  
7.4  $h$  - das bit der Wirkung  
7.5 Planck macht einen Rückzieher  
7.6 Übungsaufgabe: Lichtenergie einpacken

### 8. Einsteins Deutung des Photoeffektes

8.1 Wellen lösen Elektronen und Steine  
8.2 Der Versuch von Hallwachs  
8.3 Es kann verdammt lang dauern  
8.4 Einsteins Idee  
8.5 Widersprüche zur Wellenvorstellung  
8.6 Plädoyer gegen die Welle und für die Photonen  
8.7 Einsteins Formel zum Photoeffekt  
8.8  $h$  - Bestimmung  
8.9  $h$  - Bestimmung mit LEDs  
8.10 Kennlinie einer Photozelle  
8.11 Übungsklausur

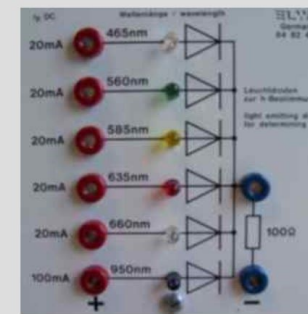
### Teil 4: Was sind eigentlich Photonen??

### 9. Zwei Vorstellungen treffen aufeinander

9.1 Licht muss eine Welle sein!  
9.2 Licht kann keine Welle sein!  
9.3 Licht besteht aus Photonen  
9.4 Licht kann nicht aus Photonen bestehen  
9.5 Das Duell der Modelle  
9.6: Mögliche Szenarien: Ein Hauch von Philosophie

### 10. Teilcheneigenschaften der Photonen

10.1 Photonen haben Masse  
10.2 Photonen sind träge und haben



In der Schalttafel ist kein Vorwiderstand eingebaut (100 Ohm). Die Spannung wird direkt an der Diode gemessen.

(Sie ist etwas kleiner als die angelegte Spannung, da noch ein Schutzwiderstand von 100 Ohm in Reihe geschaltet ist).



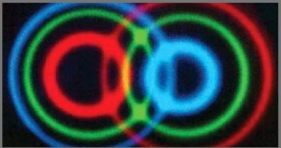
Und nun kommen wir zur Aufnahme der Messwerte.

Schreibt Wellenlänge und Spannung auf und bestimmt damit die Plancksche Konstante  $h$ .

Blau:







In meinen Physik-LK der Q3 fragen wir uns: Was ist Licht? Dabei lernen wir viele optische Erscheinungen kennen, die auch in der Abiturprüfung eine Rolle spielen werden, müssen uns aber auch mit philosophischen Konzepten auseinandersetzen: Die Frage "Was ist Licht?" führt uns zur Frage nach dem, was überhaupt in dieser Welt real ist.

Vom Laser zum Beamen

In diesem Blog geht es nicht nur um physikalisches Wissen und abiturrelevante Formeln, sondern auch darum, ob wir die Realität erkennen können. Oder entsteht die Welt erst durch Beobachtungen?

Plotin (205 - 270):

Die Natur hat ein Schauen in sich, und das was sie erschafft, erschafft sie wegen des Schauens.

Inhaltsverzeichnis:

0. Einleitung

0.1 Willkommen im Blog

0.2 Unser gemeinsamer Weg zur Teleportation

0.3 Benutzerhinweise

Teil 1: Wellenmodell des Lichts

1. Licht als EMW

1.1 Maxwell und die

Lichtgeschwindigkeit

1.2 Messungen der

Lichtgeschwindigkeit

1.3 Newtons Teilchenvorstellung widerlegt

1.4 Einstein und die

Lichtgeschwindigkeit

1.5 Äther und das Michelson-Morley-Experiment

1.6 Anwendung: Nachweis von Gravitationswellen

1.7 Anwendung:  $\lambda$ -Messung und Brechungsindex von Luft

1.8 Poissonscher Fleck und stehende Lichtwellen

Den schaut euch an...und dann reden wir über die fehlenden Formeln zur Auswertung...



Und num die moderne Version:

Auch hier sieht man schön die Abhängigkeit der Beugungsstruktur von der Wellenlänge, d.h. der Beschleunigungsspannung. Beeindruckend ist aber, wie sich das gesamte Beugungsbild im Magnetfeld verschiebt. Die Lorentzkraft wirkt auf jedes einzelnen Magnetfeldrichtung und zur Bewegungsrichtung, so wie wir es aus der Q2 kennen.



11.4.6 Herleitung der Formeln und Auswertung

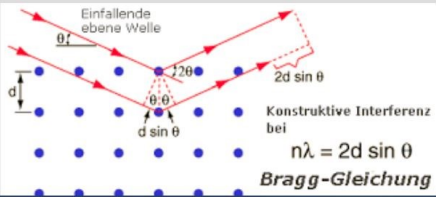
a) An verschiedenen Ebenen im Kristall reflektierte Elektronenwellen erzeugen ein Interferenzmaximum (wir betrachten nur die Ordnung  $n=1$ ), wenn in einer bestimmten Richtung ihr Gangunterschied  $1 \lambda$  ist.

Dafür gilt die Bragg-Formel, die wir auf einer [Zusatzseite](#) herleiten werden, denn wir brauchen sie später auch bei Röntgenstrahlung.

Sie lautet

$2d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda = \lambda$

bzw.  $\sin \theta = \lambda / (2d) \quad (*)$



dieser Welt real ist.

Vom Laser zum Beamen

In diesem Blog geht es nicht nur um physikalisches Wissen und abiturrelevante Formeln, sondern auch darum, ob wir die Realität erkennen können. Oder entsteht die Welt erst durch Beobachtungen?

Plotin (205 - 270):

Die Natur hat ein Schauen in sich, und das was sie erschafft, erschafft sie wegen des Schauens.

Inhaltsverzeichnis:

0. Einleitung

- 0.1 Willkommen im Blog
- 0.2 Unser gemeinsamer Weg zur Teleportation
- 0.3 Benutzerhinweise

Teil 1: Wellenmodell des Lichts

- 1. Licht als EMW
  - 1.1 Maxwell und die Lichtgeschwindigkeit
  - 1.2 Messungen der Lichtgeschwindigkeit
  - 1.3 Newtons Teilchenvorstellung widerlegt
  - 1.4 Einstein und die Lichtgeschwindigkeit
  - 1.5 Äther und das Michelson-Morley-Experiment
  - 1.6 Anwendung: Nachweis von Gravitationswellen
  - 1.7 Anwendung:  $\lambda$ -Messung und Brechungsindex von Luft
  - 1.8 Poissonscher Fleck und stehende Lichtwellen
  - 1.9 Faraday- und Kerreffekt
  - 1.10 Übungen

2. Interferenz und Beugungserscheinungen

- 2.1 Brechung und Beugung: Nicht verwechseln
- 2.2 Ohne Kohärenz keine Interferenz
- 2.3 Interferenz am Doppelspalt
- 2.4 Interferenz und Beugung am Spalt
- 2.5 Der echte Doppelspalt
- 2.6 Video, Übungen, Klausur
- 2.7 Beugung an Öffnungen nund Hindernissen
- 2.8 Beugung am Gitter und Mehrfachspalte
- 2.9 Schillernde Farben an dünnen Schichten
- 2.10: Interferenzen und Farben überall: Flügel, Glimmer, Keil und Newton
- 2.11 Polarisieren macht alles bunt
- 2.12 Tanzendes Licht in einer Seifenblase

Teil 2: Spektren, Strahlungsgesetze und Treibhauseffekt



Ein Satz daraus zeigt die Tragweite von Zehs Interpretation an:

Gegen die Vorstellungen, die Dieter Zeh uns zumutet, sind die Paradigmenwechsel der Kopernikanischen Wende freilich Pipifax. Nach Zeh gibt es weder Sonne, noch Erde noch Planeten. Unsere klassische, makroskopische Welt entpuppt sich als Täuschung

Die alles prägende Kopenhagener Deutung hat immer die Quanten und ihre Beobachter getrennt. Jetzt verschmelzen beide Aspekte zu einem Modell.

In der Realitätsebene II erscheinen Objekte im Raum als lokalisiert (einen Ort besitzend). Dieser Ort ist eine neu entstandene, emergente, Eigenschaft.

Die neue Philosophie der Quantenmechanik hat folgende Kernaspekte:

Die Welt besteht aus Beziehungen nicht aus Dingen.

Beziehungen erzeugen Eigenschaften, die wir wahrnehmen können.

Erkenntnisse über Dinge können wir nur über ihre Beziehungen erhalten, das „Ding an sich“ (Kant) bleibt uns verborgen.



Insofern ist die QM vollständig, sie beschreibt genau das, was wir erkennen können.

Die Experimente zur Bellschen Ungleichung zeigen, dass die Quantenmechanik auch alles beschreibt, was es an Beziehungen gibt.

Es gibt keine Natur der Dinge jenseits ihrer Beziehungen zueinander.

Die Entstehung der Dekohärenz ist kein neuer Prozess, sondern wird vollständig durch die bekannten quantenmechanischen Regeln und Wechselwirkungen beschrieben. Damit kann die Quantenmechanik erklären, wie es zur klassischen Welt kommt. Sprachliche Konstrukte, wie Dualismus oder Komplementarität (Ort und Impuls sind zueinander komplementäre Größen), müssen nicht länger unser Unvermögen, die Quantenwelt zu verstehen, kaschieren.

Alle Messergebnisse, Quantensprünge und Lokalisierungen sind das Ergebnis von sehr schnellen aber stetig ablaufenden Dekohärenzvorgängen. Der Zusammenbruch der Wellenfunktion bei einem Messvorgang, wie er noch in der Kopenhagener Deutung ein großes Problem war, als eigenständiges, aber nicht erklärtes, Prinzip der Quantenmechanik ist nicht mehr nötig. Der Messprozess scheint durch die Dekohärenz erklärbar und beschreibbar zu sein. Natürlich ist, da die Dekohärenz ja eine quantenmechanische Eigenschaft ist, das

Ergebnis des Messprozesses nicht vorhersagbar. Das fordert die Quantenwelt auch nicht, nur unsere klassisch geprägte Vorstellung würde sich das wünschen.

In der Aussage des griechischen Philosophen Plotin (205 – 270) steht eigentlich alles drin:

Die Natur hat ein Schauen in sich, und das was sie erschafft, erschafft sie wegen des Schauens.



Interferenz Plancksche Kurve Realität Schwierigkeiten Zufall

# Einsatz des Bloglesebuchs für digitales Lernen

- Simulation von Lernen im Lockdown
- Vorführen wie man mit Posts umgeht (Modelling)
- Posts als HA, dafür Präsenzstunden weg (Tram)
- Quarantäne
- Digitaler Unterricht vor W-Ferien und ????

# Drei mögliche Arbeitsmethoden:

Im Lockdown:

- Freiarbeit
- Wochenpläne
- ZOOM-Stunden mit Posts als Tafelbild und Arbeitsaufträgen in der Stunde



# Fazit

## Fazit:

- Blog- Mitlesebuch erleichtert Nacharbeit, lernen, Anschluss bei Krankheit oder Quarantäne
- Tägliche Erreichbarkeit und Rückmeldungen durch „Online-Klassenraum“ sind wesentlich gewesen
- Präsenzunterricht mit Masken, Abständen, laufenden Klimageräten erschwert Kommunikation >>> wird durch Blog erleichtert
- Videos erhöhen Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Experimenten, gerade bei Abstandsregeln
- Arbeitsaufwand deutlich höher als bei jeder anderen Unterrichtsmethode

Klausur Anfang Juni:

15 .....4

14 .....4

13 .... 1 ---9 mal Note 1 (50%)

12 .....2

11 .....2

10 ....0 ---- 4 mal Note 2

9 ....1

8 ....1

7 ....0 ----2 mal Note 3

6 ....1

5 ....1

4 ....0 ---- 2 mal Note 4

3....0

2 ...0

1 ...1

0 ...0 ---- 1 mal Note 5

Durchschnitt: 11,3 (11,9)

Q3: 11,2 und 11,6



# Weitere Blogs:

- Extra-Futter in Physik:  
<https://www.natur-science-schule.info/phy>
- Astronomie:  
<https://astronomiekassel.blogspot.com>
- Mathematik:
  - Gruppentheorie  
<https://www.natur-science-schule.info/mathematik-blog>
  - Komplexe Zahlen und Fraktale:  
<https://sfnkomplexezahlen.blogspot.com/>