

Experimente mit dem Digitalspeicheroszilloskop

MECHANIK · AKUSTIK · OPTIK · WÄRMELEHRE · ELEKTRIZITÄTSLEHRE · TEILCHENPHYSIK

Physik an der Wilhelm-von-Oranien-Schule (Dillenburg)
 Jahrgangsstufe E – Experimentelle Physik (Sek II)
 Jahrgangsstufe 10 (Sek I)

2016/18

Peter Brockhaus

Förderung durch das gemeinsame Förderprogramm „Physik für Schüler und Schülerinnen“
 der DPG und der WE-Heraeus-Stiftung (Nr. 44/2016),



Messung der Fallbeschleunigung

Messung der Schallgeschwindigkeit

Nachweis kosmischer Myonen (mit „Kamiokannen“)

Wirkung der Wirbelstrombremse
 am Free Fall Tower

Temperaturmessung mit Schall

Messung der Lichtgeschwindigkeit in Luft und Wasser

Laden / Entladen eines Kondensators

UV-Durchlässigkeit von Skibrille, Sonnenschutzcreme, Glas, ... (UV-Laser als Strahlungsquelle)

1 Einleitung

Längst hat das Digitalspeicheroszilloskop – im Folgenden auch DSO genannt – das Analogoszilloskop weitgehend verdrängt. Dafür gibt es viele gute Gründe. Langsame oder nur einmal ablaufende Vorgänge etwa lassen sich mit einem Analogoszilloskop (ohne Nachleuchtschirm) nicht ohne weiteres aufzeichnen.

Viele Gründe sprechen auch dafür, das „Werkzeug“ DSO im Physikunterricht einzusetzen. Einige seien genannt:

- Elektrische Spannungs- und Stromverläufe können – teilweise auch in Echtzeit – beobachtet werden.
- Schnelle einmalige Vorgänge (wie das Ein- und Ausschalten einer Spule) müssen nicht (etwa mit Hilfe eines Rechteckgenerators) periodisch wiederholt werden, damit sie sichtbar werden. Die Situation wird für Schüler/innen so leichter durchschaubar.
- Mit Hilfe entsprechender Sensoren kann der zeitliche Verlauf beliebiger physikalischer Größen (Ort, Druck, Kraft, Temperatur, Helligkeit, Schalldruck, elektrische oder magnetische Feldstärke, usw., usw.) aufgezeichnet werden.
- Aktuelle DSOs verfügen i.a. über die Möglichkeit, Daten, Einstellungen und Oszillogramme auf einem USB-Stick zu speichern. Via Schnittstelle kann das DSO durch einen PC gesteuert werden und Daten austauschen.
- Alternativ kann das Display mit Hilfe eines Smartphones abfotografiert werden.
- Ein DSO eignet sich hervorragend als universelle Stoppuhr. Wenn es sein muss, mit einer Auflösung im Sub-Nanosekundenbereich. Bei den im Folgenden beschriebenen Schülerexperimenten wird das DSO häufig als Stoppuhr verwendet. (Fallbeschleunigung, Schallgeschwindigkeit, Lichtgeschwindigkeit, Ausbreitung elektrischer Impulse, ...)
- In Verbindung mit Fotomultipliern eignet sich ein DSO bestens für Experimente mit einzelnen Photonen (z.B. Brockhaus/Engelhardt[13], S.15-19 und P.Engelhardt [14], S.20-25))

Inzwischen werden DSOs, die im Hinblick auf die Bedürfnisse eines zeitgemäßen Physikunterrichts kaum Wünsche offen lassen, preisgünstig angeboten. Daher erscheint es sinnvoll, DSOs nicht nur für Demonstrationsexperimente im Physikunterricht, sondern auch für Schülerexperimente einzusetzen.

Im Schuljahr 2016/17 hatte ich die Gelegenheit, in der Jahrgangsstufe 10 (Einführungsphase in der gymnasialen Oberstufe G8) ein Unterrichtsprojekt „Schülerexperimente mit dem Digitalspeicheroszilloskop“ auszuarbeiten und zu erproben. Zu diesem Zweck wurden 8 Oszilloskope GwInstek GDS-1072A-U (70MHz, 1GSa/s) angeschafft. Einige Experimente konnten auch in einem Physik-Leistungskurs sowie in der Sekundarstufe I (Jahrgangsstufe 10 – G9) erprobt werden.

Das Projekt ermöglicht es Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II, *anspruchsvolle* Versuche aus den Gebieten Mechanik, Optik, Akustik, Elektrik, Magnetismus, Wärme, Schwingungen & Wellen und Quantenphysik selbst durchzuführen. Es soll dazu beitragen, dass Schüler/innen

- Begeisterung für Physik und Technik entwickeln
- spannende Experimente in Verbindung mit aktueller Labor-Messtechnik spielerisch kennenlernen
- für zeitliche Abläufe im Bereich von Minuten, Sekunden, Millisekunden, Mikrosekunden, Nanosekunden sensibilisiert werden
- selbständig im 2er oder 3er-Team Versuche (nach Anleitung) durchführen
- ein vertieftes physikalisches Verständnis erlangen
- zu wissenschaftlichem Arbeiten angeleitet werden
- für die Teilnahme an Wettbewerben wie „Jugend forscht“ motiviert werden

Zu diesem Zweck mussten - schülergerecht - Versuche neu entwickelt bzw. neu arrangiert und Versuchsanleitungen erstellt werden. Ein wichtiges Auswahlkriterium war die physikalische Relevanz. Besonderer Wert wird auf die Vermittlung von Grundkenntnissen über den Einsatz von DSOs gelegt. (Die Anleitungen, die den DSOs beiliegen, sind dazu in der Regel ungeeignet.) Einen Großteil der Versuche sollten auch Sechstklässler durchführen können. Es ist m.E. überhaupt kein Problem, wenn Schüler/innen erst viel später die Theorie eines durchgeführten Experiments kennen lernen. Ein Beispiel: Laden eines Kondensa-

tors („Akkus“). Vielleicht möchte die Schülerin den Dingen noch weiter auf den Grund gehen und freut sich auf die Physik in der Oberstufe.

Der Projektunterricht bestand im Wesentlichen aus drei Phasen:

1. Gemeinsame Einführungsphase

Das „*Infoblatt: Was ist ein Digitalspeicheroszilloskop (DSO)?*“ wird ausgegeben. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Blatt zu Hause bis zur nächsten Stunde sorgfältig durcharbeiten. In der darauf folgenden Unterrichtsstunde wird das Blatt gemeinsam gelesen und diskutiert. Im Anschluss daran wird das „*Arbeitsblatt: Die Bedienungselemente des DSOs*“ in Partnerarbeit bearbeitet.

2. Gemeinsame Kennenlernphase

Die *Experimente 1 und 2* werden von allen Schüler/innen gemeinsam durchgeführt. Sie lernen, wie sie vor jeder Anwendung des DSOs einen RESET durchführen können. (Ein RESET ist sinnvoll, weil sich das DSO die Einstellungen vom letzten Einsatz „merkt“.) Sie sollen insbesondere lernen, wie sich das DSO durch Drücken der AUTOSET-Taste ohne weiteres Zutun automatisch auf ein anliegendes periodisches Signal einstellt. Und: Sie lernen, wie man das DSO (mit Hilfe der *Triggerfunktion*) veranlasst, einen einmaligen Vorgang automatisch aufzuzeichnen.

3. Experimentierphase

Der/Die Lehrer/in stellt eine Liste der verfügbaren Experimente auf. (Es müssen mindestens so viele Experimente sein, wie es Teams gibt.) Nachdem jedes Team ein Experiment ausgewählt hat, werden die zugehörigen Versuchsanleitungen ausgegeben. Dann beginnt jedes Team selbständig mit der Durchführung des ausgewählten Experiments.

Es ist denkbar, dass die Experimente auch alternativ eingesetzt werden, z.B.

- für den Ausbau der Theorie in der gymnasialen Oberstufe (Das Kapitel „Materialien“ enthält Anregungen und Aufgabe dazu)
- als Praktikumsversuche
- als Demonstrationsversuche
- in Verbindung mit Lernstationen
- als Bestandteil eines Schülerlabors
- als Lehrspielzeug

Von dem ursprünglichen Plan, Schülerexperimentiermaterial aus der Physiksammlung der Schule einzubeziehen, wurde weitgehend Abstand genommen. Die Elektrik-Versuche (wie „Schwingkreis“ oder „Ein- und Ausschalten einer Spule“) liegen fertig aufgebaut vor. Lediglich das DSO muss noch angeschlossen werden. Dafür sprechen mehrere Gründe:

- Der Lehrer wird erheblich entlastet, weil er die Teams, die ja alle unterschiedliche Versuche durchführen, nicht bei der Fehlersuche unterstützen muss.
- Die Versuche konnten durch entsprechende elektronische Komponenten optimiert werden
- Die DSOs sind gegen Überspannung besser geschützt (z.B. schützt eine Freilaufdiode vor Spannungsspitzen).
- Viel weniger Aufwand
- Die Experimente können auch in einer einfachen Unterrichtsstunde abgeschlossen werden.
- Nur wenig Experimentiermaterial muss bereitgehalten und nach dem Unterricht weggeräumt werden.

Die Elektrik-Versuche werden entweder über ein eingebautes Netzteil (Wechselstromkreis, Impulsgenerator) oder mit Batterien betrieben. Die Versuche „Schwingkreis“, „Laden eines Kondensators“ und „Ein-/Ausschalten einer Spule“ kommen jeweils mit einer einzigen 1,5V-Mignonzelle aus. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die drei letztgenannten Versuche so langsam ablaufen, dass man sie noch in Echtzeit beobachten kann.

Digitalspeicheroszilloskope (die inzwischen viel billiger als vergleichbare Analogoszilloskope sind) finden nur sehr zögerlich Eingang in Schulen. M.E. ist es ein Fehler,

- den Schülerinnen und Schülern die interessantesten Versuche, die zwingend ein DSO erfordern, vorzuenthalten
- im Physikunterricht Themen (wie „Schwingkreis“ oder „Laden/Entladen eines Kondensators“ oder „Ein/Ausschalten einer Spule“) durch den Einsatz eines Analogoszilloskops (in Verbindung mit einem Rechteckgenerator) unnötig zu verkomplizieren.

Nach meinen Erfahrungen kommen Schüler/innen mit der Bedienung eines modernen Digitalspeicheroszilloskops schnell klar. Mehrfach wurden solche Geräte im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ erfolgreich eingesetzt. (1998 Christoph Müller (Freiherr-vom-Stein-Schule Frankfurt a.M.) Bundeswettbewerb 2.Preis Physik; 2012 Nico Hofeditz u. Jonas Kölzer (Wilhelm-von-Oranien-Schule Dillenburg) Bundeswettbewerb 3.Preis Physik)

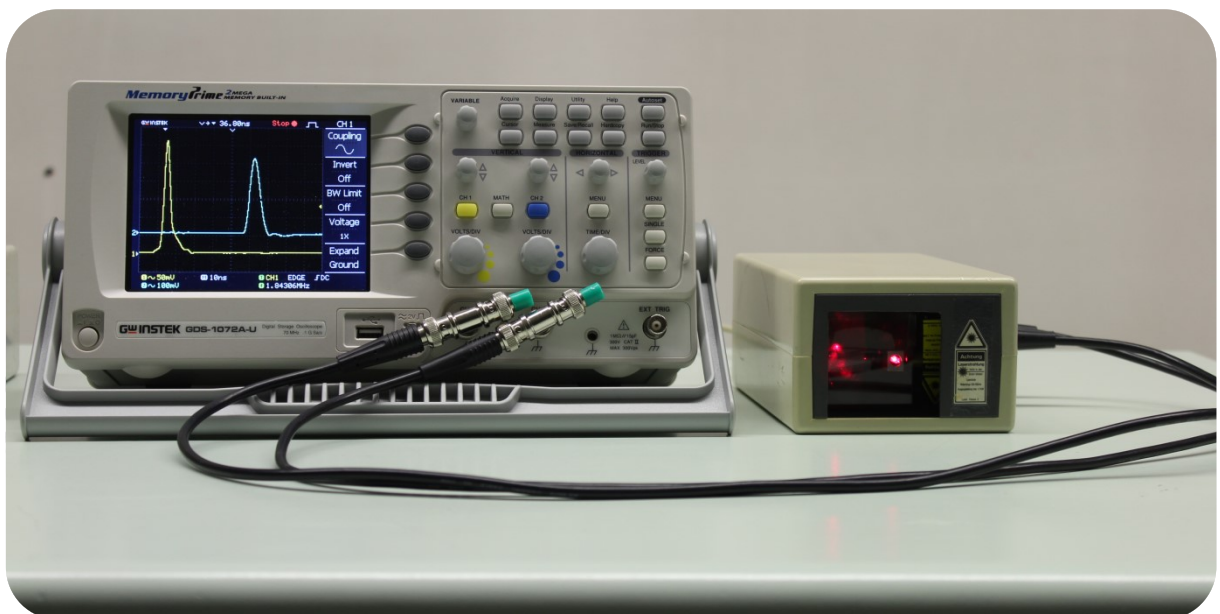
2 *Erfahrungen*

Im ersten Halbjahr 2016/17 konnte das Projekt „Schülerexperimente mit dem Digitalspeicheroszilloskop“ in einem Kurs „Experimentelle Physik“ in der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe (G8) erprobt werden (s. Titelfoto). Die 6 Schülerinnen und 11 Schüler der Wilhelm-von-Oranien-Schule (Dillenburg, Hessen) arbeiteten nach einer Einführung mit Hilfe des Arbeitsblattes „Was ist ein DSO?“ und der gemeinsamen Experimente (Morsesignale, Funktionsgenerator; wobei als Funktionsgenerator ein Wechselspannungsnetzgerät diente) weitgehend selbständig. Obwohl zu dieser Zeit nur ein geringer Teil der Versuche ausgearbeitet vorlag, kamen die Schüler/innen damit gut zurecht. (Hinsichtlich der Oszilloskope gab es Lieferengpässe. Der Start des Projekts musste daher auf Ende November verschoben werden. Insgesamt konnten 8 Oszilloskope eingesetzt werden.)

Eine anonyme Befragung am Ende des Halbjahres ergab unter anderem:

- Am liebsten experimentiere ich mit
 - Materialien aus dem Alltag (8)
 - Schülerübungsgeräten (aus den Schränken) (0)
 - Geräten (z.B. Messgeräten), die auch in einem Labor verwendet werden (7)
- Ich fand es gut, dass es ein Angebot gab, aus dem wir Versuche auswählen konnten.
 - Trifft (eher) zu (12)
 - Trifft (eher) nicht zu (2)
- Besonders gern baue ich Experimente auf, die ich mir selbst ausgedacht habe.
 - Trifft (eher) zu (11)
 - Trifft (eher) nicht zu (1)
- Am liebsten arbeite ich
 - Allein (0)
 - zu zweit (4)
 - in einer Gruppe (10)
- Ich hätte mir mehr Theorie zu den Experimenten gewünscht
 - Trifft (eher) zu (2)

- Trifft (eher) nicht zu (12)
 - Es macht nichts, wenn ein Versuch erst nach einigem Herumprobieren gelingt.
 - Trifft (eher) zu (15)
 - Trifft (eher) nicht zu (0)
 - Besonders gut haben mir folgende Experimente gefallen. *)
 - Messung der Fallbeschleunigung (4)
 - Free Fall Tower (6)
 - Messung der Schallgeschwindigkeit (5)
 - Messung der Lichtgeschwindigkeit (in Luft bzw. Wasser) (5)
 - Laden- /Entladen eines Kondensators (4)
 - UV-Durchlässigkeit von Skibrille, Sonnenschutzcreme, ... (4)
 - Kosmische Myonen (Kamiokande) (5)
 - (weitere wurden genannt)
 - Ich finde, dass die Experimente mit dem Digitalspeicheroszilloskop zu kompliziert sind.
 - Trifft (eher) zu (3)
 - Trifft (eher) nicht zu (11)
- *) Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die (meist 2er) Schülerteams aus Zeitgründen jeweils nur einen Teil der angebotenen Versuche durchgeführt haben.



Messung der Laufzeit von Licht (Zeitachse 10ns/div)

3 Erläuterungen zu den Arbeitsblättern und Materialien

Als nächstes soll eine kommentierte Übersicht über die Arbeitsblätter sowie die ergänzenden Materialien gegeben werden. Die Blätter „Experiment 1, 2, ... „28“ enthalten (meist ausführliche) Versuchsbeschreibungen. Zahlreiche Fotos und Zeichnungen ergänzen den Text. Die Experimente mit eher knapp gehaltenen Versuchsanleitungen sind eher für fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler vorgesehen.

- *Infoblatt* *Was ist ein Digitalspeicheroszilloskop (DSO)?*
- *Arbeitsblatt* *Die Bedienungselemente des DSOs*
- Experiment 1 *Sinus- und andere Schwingungen*

Die Schüler/innen lernen, wie man periodische Signale mit dem DSO erfassen und auswerten kann.

Wenn kein Funktionsgenerator verfügbar ist, kann man (z.B.) einen 6V-Netztrafo verwenden - in Reihe mit einem „Schutzwiderstand“ $1k\Omega$ oder mehr. (Grund: Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Schülerteam die Anschlüsse vertauscht und so einen Kurzschluss über den Schutzleiter verursacht.) Alternativ: Jedes Team verwendet einen eigenen potenzialfreien Netztrafo (vgl. Experiment 27; Versuch 1).

- Experiment 2 *Empfang von Morsesignalen*

Die Schüler/innen lernen, wie man nichtperiodische Signale mit dem DSO erfassen und auswerten kann.

- Experiment 3 *Ein schwebender Ton*

Die folgenden drei Experimente ermöglichen eine einheitliche theoretische Behandlung der (in Schulbüchern meist verstreuten) Themen „Laden/Entladen eines Kondensators“, „Ein-/Ausschalten einer Spule“, „Schwingkreis“. Der gemeinsame Ansatz $U_L + U_C + U_R = U$ - wobei je nach Bedarf U und/oder ein Summand gleich Null zu setzen ist - führt auf eine Differenzialgleichung, die jeweils mit einem geeigneten Ansatz gelöst wird. In den Materialien zu Experiment 6 (Schwingkreis) wird das konkretisiert. Selbstverständlich können die Versuche auch ohne theoretischen Überbau gewinnbringend eingesetzt werden.

- *Experiment 4* *Ein „Akku“ (Kondensator) wird geladen und wieder entladen*

Wenn die Versuchsanleitung genau befolgt wird, werden die Spannungen - bezogen auf die Spannungspfeile - vorzeichenrichtig vom DSO angezeigt. (Das gilt auch für die Experimente 5, 6, 7.) Der gemeinsame Kontakt von Kondensator und Widerstand ist dann mit dem gemeinsamen Masseanschluss des DSOs verbunden (sonst gibt's Kurzschlüsse). Kanal 2 muss daher durch die INVERT-Funktion „umgepolt“ werden.

- *Experiment 5* *Eine Spule wird ein- und ausgeschaltet*

Das Experiment kommt ohne den üblichen Rechteckgenerator aus. (Zweck des Rechteckgenerators: Er soll unterbrechungsfrei zwischen zwei Spannungen hin- und herschalten. Die Wiederholfrequenz ist relativ hoch, damit ein Analogoszilloskop ein flimmerfreies permanent sichtbares Bild zeichnen kann. Eine Beobachtung der Vorgänge in Echtzeit ist auf diese Weise nicht möglich. Schüler/innen können leicht den Durchblick verlieren.)

Das Hin- und Herschalten der Spannung U zwischen ca. $1,5V$ und $0V$ wird hier manuell ausgelöst und ermöglicht eine Beobachtung in Echtzeit. Die Umschaltung erfolgt durch Kurzschließen. Dafür gibt es einen Grund: Sie muss unterbrechungsfrei erfolgen!

- *Experiment 6* *Wir erzeugen eine elektrische Schwingung (Schwingkreis)*

In der Elektrotechnik ist die Verwendung von Strom- und Spannungspfeilen seit langer Zeit üblich (U.Tietze, Ch.Schenk [23]). H. Schwarze [22] plädiert für deren konsequente Verwendung auch im Schulunterricht.

Die Materialien zu Experiment 6 enthalten eine ausführliche theoretische Behandlung des Themas mit Hilfe von Pfeilen für Strom und Spannung.

Zusätzlich wird konkret festgelegt, welche Kondensatorplatte die mit Q bezeichnete Ladung trägt (die andere trägt dann die Ladung $-Q$). Diese Festlegung kann willkürlich getroffen werden. Damit erübrigt sich jede Diskussion über Minuszeichen bei der Anwendung der Maschenregel und bei der Aufstellung einer Differenzialgleichung. Die Lenzsche Regel wird entbehrlich.

- *Experiment 7* *Der Wechselstromkreis*

- *Experiment 8* *Wir zeichnen ein EKG auf*

Ausführliche Hinweise zu technischem Aufbau und medizinischem Einsatz von EKG-Geräten findet man in K.Meyer-Waarden [21].

Dem Experiment 8 liegt eine Schaltung von B.Basse-Lüsebrink [3] zu Grunde.

Im Jahr 1986 wurde die Serienproduktion einer neuen Klasse extrem starker Magnete angekündigt: „Fortschritte der Werkstofftechnologie sind nur in Ausnahmefällen so markant, daß sie mit Superlativen belegt werden können. Für die neue NdFeB-Legierung VACODYM[®] gilt diese Ausnahme von der Regel. ... Um der erwarteten Nachfrage gerecht zu werden, hat Vacuumschmelze GmbH (VAC), Hanau, eine neue Fertigungsanlage in Betrieb genommen. Damit ist die Lieferung von VACODYM in Serienquantitäten ab sofort möglich.“ *EEE Elektronik-Technologie/Elektronik-Anwendungen/Elektronik-Marketing* [1], S.74.

Bereits im Jahr 1986 hat die Fa. Isabellenhütte (Dillenburg) einige dieser „Neodym“-Magnete dem Verfasser für eigene Experimente zur Verfügung gestellt.

In den Experimenten 9, 10, 11, 12, 13, 18 kommen Neodym-Magnete zum Einsatz.

Ein Anstoß für die verschiedenen „Free-Fall-Experimente“ war eine Fahrt mit dem neu errichteten Free-Fall-Tower im „Holiday-Park“ sowie folgender Versuch - erstmals gesehen am Stand der Fa. ELWE auf dem 94. MNU-Kongress 2003 in Frankfurt a.M.: Ein zylindrischer axial magnetisierter Neodym-Magnet fällt langsam schwebend durch ein Kupfer- oder Aluminium-Rohr.

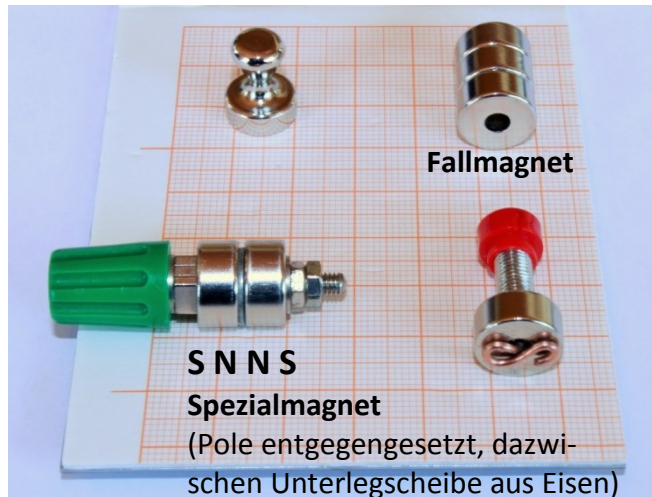
Für die Experimente 9, 10, 12 werden Induktionsspulen mit LEDs benötigt. Die Verwendung zweier jeweils antiparallel geschalteter LEDs dient als Überspannungsschutz. Eine Bauanleitung befindet sich in der Materialsammlung zu Experiment 9. (Es handelt sich um den Abdruck des Beitrages „Induktionslampe“ (P. Brockhaus) im Rahmen von SINUS-TRANSFER Hessen).

In mehreren Fallversuchen wird ein Spezialmagnet mit entgegengesetzt angeordneten Magnetpolen (s. Abbildung) eingesetzt. Wesentlicher Vorteil gegenüber einem (axial polarisierten) zylinderförmigen Magnet: Der Spezialmagnet verursacht schmale und unsymmetrische Peaks im Oszillogramm. Dies ermöglicht eine präzise Auswertung.

- *Experiment 9* *Transformator, Induktion*

- *Experiment 10* *Ein Versuch zur Bestimmung der Fallbeschleunigung*

- *Experiment 11* *Noch ein Versuch zur Bestimmung der Fallbeschleunigung*



„Free Fall Tower“-Modell

- **Experiment 12**
Free Fall Tower und Wirbelstrombremse

In Versuch 12a kommt das Modell eines Fallturms mit Wirbelstrombremse zum Einsatz. Die beiden Figuren sind an einer Aluminiumplatte befestigt, die sich - schienengeführt - im letzten Drittel dicht vor einer Magnetplatte bewegt. Die Magnetplatte besteht aus Neodym-Magneten, die im Schachbrettmuster mit wechselnder Polarität zusammengesetzt sind.

Im Anhang befinden sich zu Versuch 12a eine Stroboskopaufnahme mit Zeit-Weg-Diagramm und Übungsaufgaben für die Oberstufe.

Versuch 12f: Der Fallmagnet fällt durch zusammengesteckte und mit Klebstreifen fixierte Kunststoffrohre für die Elektroinstallation. Eine größere Anzahl von äquidistant aufgesteckten und fixierten Induktionsspulen mit LEDs ermöglichen es dem Zuschauer, den freien Fall des Magneten durch eine Blitzsequenz zu verfolgen. (Das Foto entstand am 10.09.2011 anlässlich der Einweihung des Anbaus der Wilhelm-von-Oranien-Schule Dillenburg.) Eine Variante kam anlässlich des Physiktags am 2.2.2005 in der Turnhalle der Freiherr-vom-Stein-Schule in Frankfurt a.M. zum Einsatz: Ein zylindrischer Magnet mit Mittelloch wird hier nicht in einem Kunststoffrohr, sondern an einem Nylonfaden geführt; am unteren Ende axial durch ein Kupferrohr. An der Oberkante des Kupferrohres befindet sich eine Induktionsspule mit LEDs. Die LEDs blitzen auf, wenn der Magnet durch die Induktionsspule fällt. Abbildungen dazu im Anhang.

Das rechts abgebildete funktionsfähige Modell verwendet als Fallkörper eine einfache Leiterschleife aus Kupferblech, welche an einem Schlitten aus Papier festgeklebt ist. Das Modell ist in seiner Funktion besonders leicht zu durchschauen.



- *Experiment 13* *Das Federpendel*
- *Experiment 14* *Untersuchung von Lärmquellen*
Mit diesem Thema befasst sich der Schüler Michael Starzecki im Rahmen eines Projekts an der Wilhelm-von Oranien-Schule (Dillenburg).
- *Experiment 15* *Wie weit kommt ein Geräusch in einer Sekunde?*
Für die Experimente 14 und 15 werden Grenzflächenmikrofone eingesetzt. Sie eignen sich zum Selbstbau ([6]) und haben sich in der Schule bei der Messung der Schallgeschwindigkeit bewährt ([10]; [2], S.175-178).
- *Experiment 16* *Temperaturmessung mit Schall*
Mit diesem Thema befassten sich die ehemaligen Schüler der Wilhelm-von-Oranien-Schule Nico Hofeditz und Jonas Kölzer im Rahmen eines Jugend-forscht-Projekts „Schallpyrometrie im Raumtemperaturbereich“. Mit ihrer Arbeit erzielten sie den 3.Preis im Bundeswettbewerb Jugend forscht 2012.

Die für Experiment 16 eingesetzte Kombination Impulsgenerator / Bändchen-Hochtonlautsprecher eignet sich für präzise Messungen (siehe [10]; [2], S.175-178). Schaltungsdetails siehe [10]).
- *Experiment 17* *Wie weit kommt das Licht in einer Nanosekunde? (in Luft, Wasser, ...)*
Verwendet wird ein Sendeempfänger für Laserimpulse, der seit 1998 regelmäßig im Unterricht eingesetzt wird; [5], [9]. Besonderheit: Der Auftreffleck ist auch in heller Umgebung deutlich zu sehen, weil ein Dauerstrichlaser periodisch für einige Nanosekunden dunkel getastet wird; Patent [4].
- *Experiment 18* *Ein Fidget-Spinner wird zum Wechselspannungsgenerator*
- *Experiment 19* *Der Sekundentakt einer Armbanduhr*
- *Experiment 20* *Brennt die Fahrradlampe durch, wenn man zu schnell fährt?*
- *Experiment 21* *Lichtschanke; Drehzahlmessung*
- *Experiment 22* *Leuchtturm-Signale*
Der Leuchtturm-Versuch kann auch als Demonstrationsexperiment im Regelunterricht eingesetzt werden - mit oder ohne DSO.
- *Experiment 23* *Wir zerlegen Licht in seine Spektralfarben*
Das Schülerexperiment „Versuch 2“ benutzt eine transparente CD als Spektroskop ([15]). Ein Arbeitsblatt mit Bauanleitung („Farbspektren“) befindet sich im Anhang. Der Versuch ist auch als Heimexperiment gut geeignet (Sek I,II). Es können sogar Fraunhofer-Linien sichtbar gemacht werden. Scharfe Spektrallinien entstehen, wenn eine annähernd punktförmige Lichtquelle verwendet wird bzw. wenn eine ausgedehnte Lichtquelle hinreichend weit entfernt ist. (Lochblenden sind i.a. entbehrlich.)
Außerdem ist der 1.Teil einer alten Abiturklausur als Übungsmaterial angehängt.
- *Experiment 24* *Ein Sonnenbrand unter dem T-Shirt - kann das sein?*
Als UV-Strahlungsquelle wird hier ein Stickstofflaser verwendet. Ein Stickstofflaser eignet sich gut zum Selbstbau und ist in seiner Funktion leicht durchschaubar. (Wöste, Kühn [24], D.Meschede [20], Krömer [18]). Der Laser spielt in fast allen Bereichen des Alltags eine wesentliche Rolle.

Viele Gründe sprechen dafür, das Thema Laser bereits in der Sekundarstufe I zu behandeln (C.Krömer [18], H.Lewinski [19], P.Brockhaus [8], Brockhaus/Lewinsky [11] und [12]).

- *Experiment 25 Sabotage*
Hier wird die Ausbreitung von Spannungsimpulsen auf einer Koaxialleitung untersucht. Das Experiment basiert auf einem Vorschlag von Ehret [25].
- *Experiment 26 Nachweis kosmischer Myonen mit „Kamiokannen“*
Die eingesetzten „Kamiokannen“ wurden mir im Rahmen eines Lehrgangs an der Universität Mainz unter Leitung der Professoren K.Kleinknecht, K.-G.Sander, T.Trefzger zur Verfügung gestellt. (M.Fuidl [17])
- *Experiment 27 Das Netzteil: Aus Wechselspannung wird Gleichspannung*
Netzteile sind aus dem Alltag nicht wegzudenken. Trotzdem wissen die meisten Schüler nicht, wie sie funktionieren.
- *Experiment 28 Handysignale*
Das Experiment folgt einem Vorschlag von R.Dengler [16].

(Geplant: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Funkwelle / Stehende akustische Wellen vor einer Wand; Ermittlung der Schallgeschwindigkeit / Messung der Lichtgeschwindigkeit mit dem Stickstofflaser / Aufzeichnung von Erdbebenwellen / Temperaturkurven)

4 Die Arbeitsblätter

Infoblatt Was ist ein Digitalspeicheroszilloskop ?

Im Anhang siehst du die Abbildung eines Digitalspeicheroszilloskops (DSO). Ein DSO hat ein Display und viele Tasten und Drehknöpfe, ist aber recht einfach zu verstehen:

Auf dem Display erscheint ein Koordinatensystem. Die waagerechte Achse ist die t -Achse, die senkrechte Achse ist die U -Achse. (t : Zeit, U : Spannung)

Mit Hilfe eines Drehknopfes - der meist durch seine Größe auffällt - wird die Zeitachse skaliert, z.B. 5 Sekunden pro Kästchen (kurz: $5s/div$), oder 10 Nanosekunden pro Kästchen ($10ns/div$).

Zur Erinnerung: $1ns = 0,000000001s$. Man kann deshalb das DSO als eine Stoppuhr mit ultrakurzer Zeitauflösung einsetzen.

Das DSO hat mindestens zwei Anschlüsse („Eingänge“, „Kanäle“, „Channel“), an die jeweils eine Spannungsquelle angeschlossen werden kann. (Eingang 2 darf auch unbenutzt bleiben). Für jeden freigeschalteten Eingang muss die U -Achse mit dem zugehörigen Drehknopf skaliert werden, z.B. 20 Millivolt pro Kästchen ($20mV/div$).

Wenn man die START/STOPP-Taste betätigt, beginnt das DSO mit der Aufzeichnung des Spannungsverlaufs. Auf dem Display entsteht für jeden Eingang eine Kurve, die den Spannungsverlauf beschreibt (t - U -Diagramm). Erneuter Tastendruck stoppt die Aufzeichnung.

Man kann an die Eingänge auch Sensoren anschließen, die etwa die Temperatur oder die Helligkeit oder den Schalldruck in eine Spannung umwandeln (Mikrofon). Dann erscheint auf dem Display der Temperaturverlauf bzw. der Helligkeitsverlauf bzw. der Schalldruckverlauf.

Das DSO wird zur Stoppuhr, wenn man über Eingang 1 einen elektrischen Startimpuls und über Eingang 2 einen elektrischen Stoppimpuls aufzeichnen lässt. Wir werden diese Funktion nutzen, um die Geschwindigkeit eines fallenden Gegenstandes, eines Knalls und eines Lichtblitzes zu bestimmen.

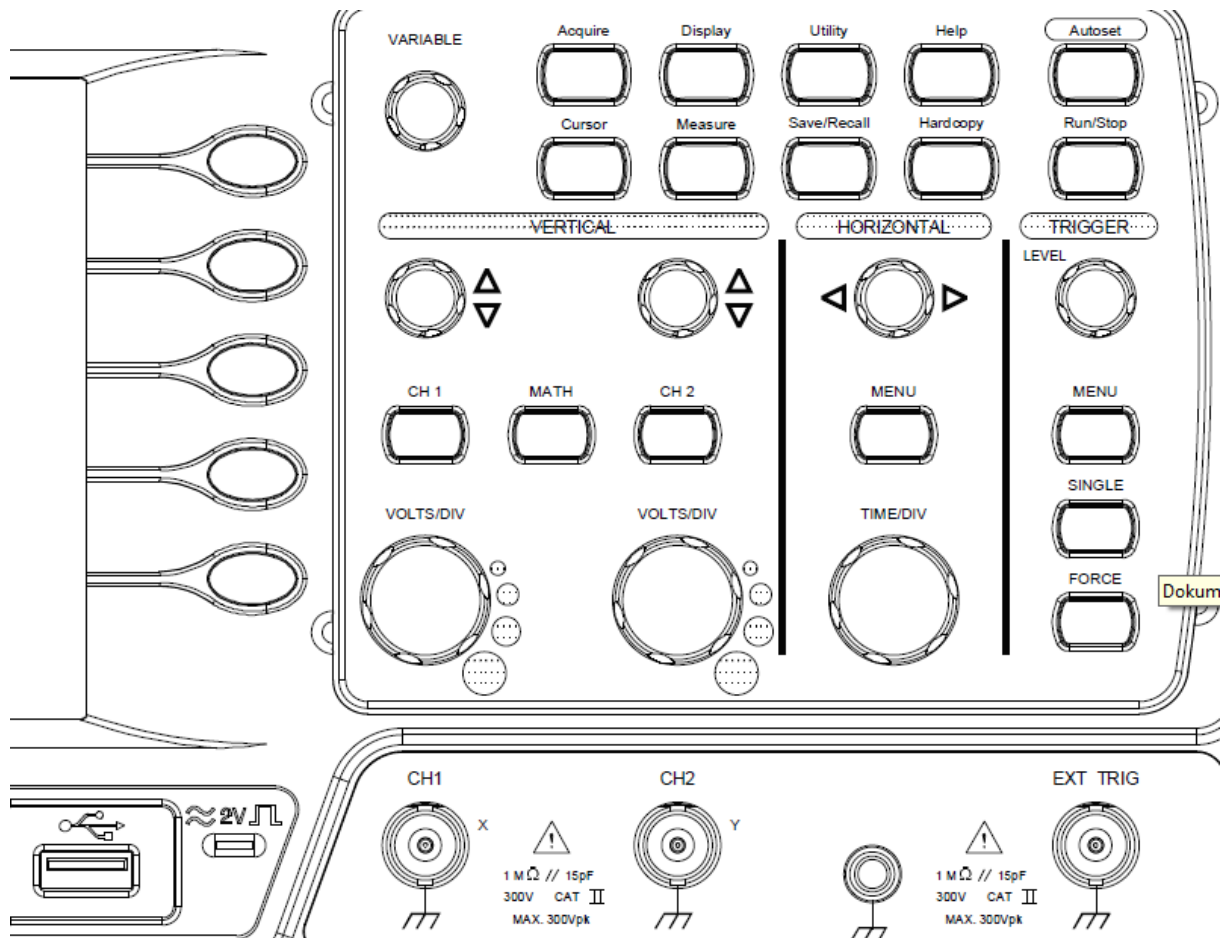
Im Aufzeichnungsmodus „AUTO“ kann man langsame Vorgänge auf dem Display verfolgen und im richtigen Augenblick durch Tastendruck starten bzw. stoppen. Schnelle einmalige Vorgänge kann man so nicht aufzeichnen. Die Aufzeichnung schneller Vorgänge muss automatisch ausgelöst und gestoppt werden (im Modus „NORMAL“). Sie beginnt üblicherweise, wenn die Spannung U einen bestimmten Wert über- bzw. unterschreitet. Dieser Wert („Trigger-Level“) muss vorher eingestellt werden.

Auf den folgenden Seiten werden viele Experimente mit dem DSO beschrieben. Mit den Experimenten 1 und 2 lernst du, wie man das DSO bedient. Probier einfach aus, was passiert, wenn man an den Knöpfen dreht oder die Tasten drückt. Es kann eigentlich nichts kaputt gehen. Sobald du den Überblick verlierst, führe einen Reset durch.

Eine Warnung muss jedoch beachtet werden: Wenn an den Eingängen die Spannung +/-200V übersteigt, droht die Zerstörung des DSOs! Insbesondere können elektrisch geladene Gegenstände bei Berührung das Gerät zerstören. Hochspannungsgeräte und Bandgeneratoren haben in der Nähe eines DSOs grundsätzlich nichts zu suchen!

Arbeitsblatt Die Bedienungselemente am Beispiel GwinSTEK GDS-1072A-U (70MHz, 1GSa/s)

Finde heraus, an welcher Stelle sich die unten aufgelisteten Tasten, Drehknöpfe und Anschlussbuchsen befinden und trage sie in die Abbildung ein. Der EIN/AUS-Schalter befindet sich links unten am Gerät und ist in der Abbildung nicht zu sehen.



- | | |
|---|---|
| (1) EIN / AUS | (10) Volt-Achse für Graph 2 skalieren |
| (2) CHANNEL 1 Eingangsbuchse | (11) t-Achse skalieren |
| (3) CHANNEL 2 Eingangsbuchse | (12) Automatische Skalierung Autoset |
| (4) CHANNEL 1 Freischaltung und Einstellungs-menü | (13) START / STOPP |
| (5) CHANNEL 2 Freischaltung und Einstellungs-menü | (14) SINGLE SHOT (Einzelaufzeichnung) |
| (6) Graph 1 verschieben $\uparrow\downarrow$ | (15) Trigger-Einstellungsmenü |
| (7) Graph 2 verschieben $\uparrow\downarrow$ | (16) Triggerpegel |
| (8) Graphen verschieben \leftrightarrow | (17) Menü Speichern/Aufrufen (z.B. Alle Einstellungen zurücksetzen „Default Setup“.
Oder: Speichern auf USB-Stick) |
| (9) Volt-Achse für Graph 1 skalieren | (18) Anschluss für USB-Stick |

Aufgabenstellung:

Jedes 3er-Team sucht sich ein Experiment (aus der Liste) aus, führt es durch und fertigt ein Protokoll an. (Versuchsskizze mit Beschreibung, Auflistung der gemessenen Werte, Auswertung. Eventuell: Um wieviel Prozent weicht das ermittelte Ergebnis vom „amtlichen“ Wert ab? Schlussfolgerung.) In der nächsten Stunde wird vor der Klasse kurz (5 min) über den Versuch berichtet.

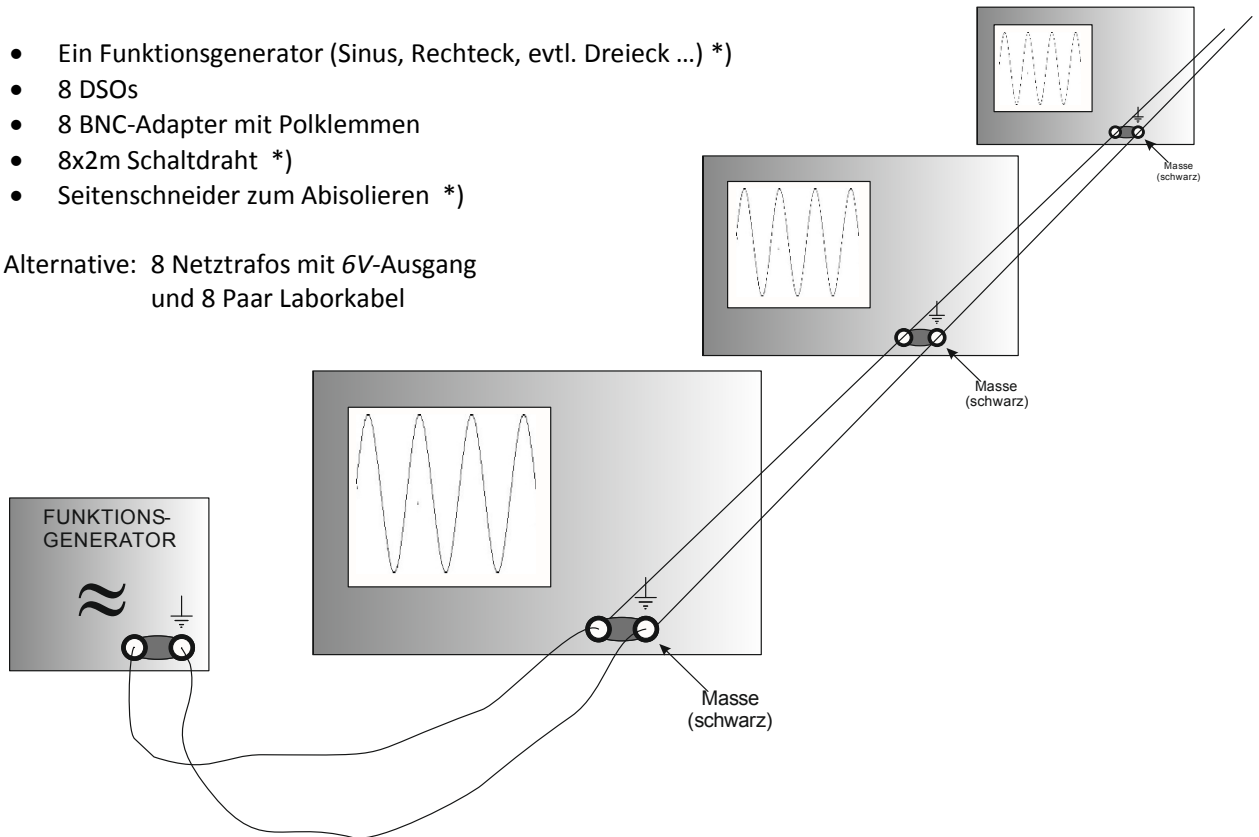
Experiment 1 Sinus- und andere Schwingungen

(Ein Versuch zum Kennenlernen des DSOs. Messungen: Spannung, Periodendauer, Frequenz)

Benötigte Teile

- Ein Funktionsgenerator (Sinus, Rechteck, evtl. Dreieck ...) *)
- 8 DSOs
- 8 BNC-Adapter mit Polklemmen
- 8x2m Schaltdraht *)
- Seitenschneider zum Abisolieren *)

*) Alternative: 8 Netztrafos mit 6V-Ausgang und 8 Paar Laborkabel



Versuch

An diesem Experiment sind z.B. acht 3er-Schülerteams sowie der Lehrer beteiligt.

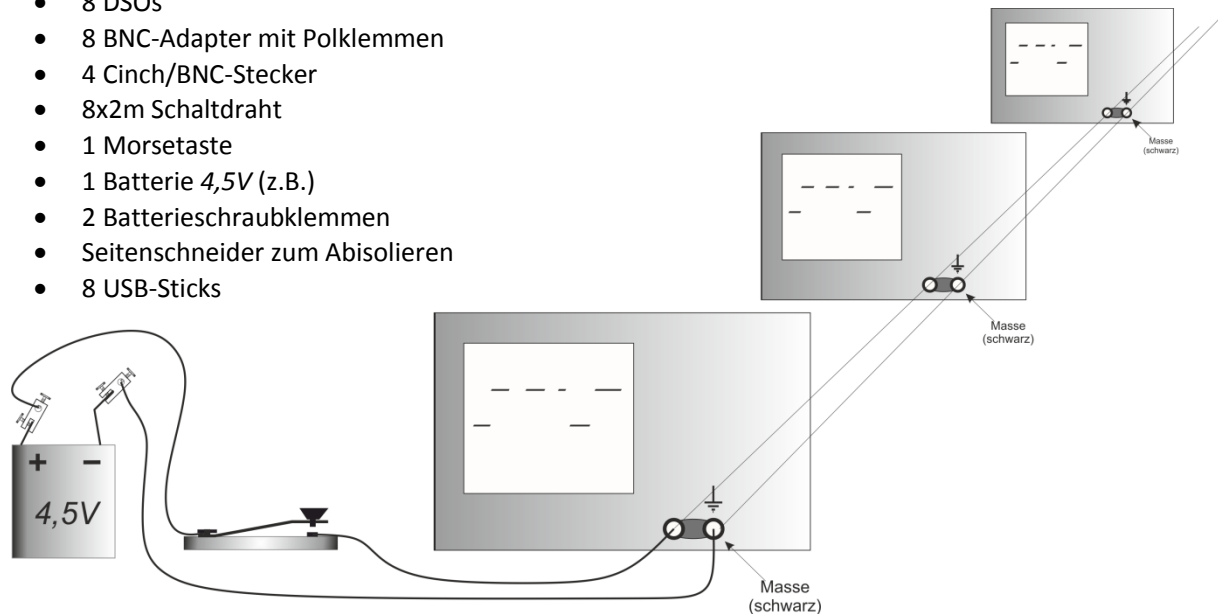
- Bau den Versuch gemäß Abbildung auf. Verwende den Eingang CH1. *Achte darauf, dass Masse mit Masse verbunden wird!* [Alternative: Jedes DSO wird separat mit dem 6V-Ausgang eines Netztrafos verbunden; vgl. Experiment 27.]
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift *RECALL* angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Sobald der Lehrer den Funktionsgenerator eingeschaltet hat, *AUTOSET* drücken. (Praktisch: Die Achsen werden dadurch automatisch skaliert.)
- Mit der *RUN/STOP*-Taste die Aufzeichnung stoppen.
- *MEASURE*-Taste drücken. Spannung und Frequenz ablesen und notieren.
- Falls eine Sinuskurve angezeigt wird: Miss den zeitlichen Abstand (die „Periodendauer“) benachbarter Maxima. Das geht so: Taste *CURSOR* drücken. *X1* drücken. Mit dem Drehknopf *VARIABLE* ein Maximum anpeilen. *X2* drücken. Mit dem Drehknopf *VARIABLE* das benachbarte Maximum rechts anpeilen. Unter *X1X2* die Periodendauer ablesen und notieren.
- Ändere die Skalierung der senkrechten Achse (den Drehknopf *VOLTS/DIV* von CH1 betätigen). Beobachte.
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf *TIME/DIV* betätigen). Beobachte.

Experiment 2 *Empfang von Morsesignalen*

Auf die richtige Einstellung des Triggerpegels kommt es an!

Benötigte Teile

- 8 DSOs
- 8 BNC-Adapter mit Polklemmen
- 4 Cinch/BNC-Stecker
- 8x2m Schaltdraht
- 1 Morsetaste
- 1 Batterie 4,5V (z.B.)
- 2 Batterieschraubklemmen
- Seitenschneider zum Abisolieren
- 8 USB-Sticks



Versuch

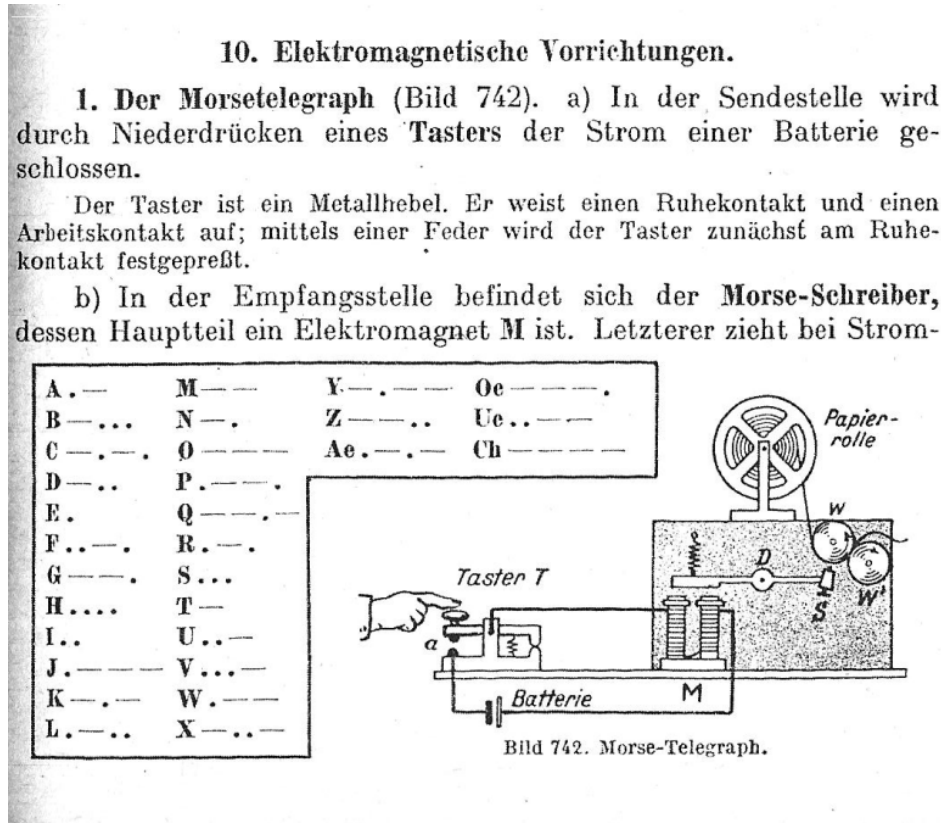
An diesem Experiment sind z.B. 8 2er-Schülerteams sowie der Lehrer beteiligt.

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Achte darauf, dass alle Masseanschlüsse mit dem Minuspol der Batterie verbunden sind!
- Schalte das DSO ein.
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift *RECALL* angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Schalte den Eingangskanal 1 (CH1) ein und skaliere die U-Achse mit $1V/div$.
- Skaliere die Zeitachse zunächst mit $1s/div$.
- Wähle als Triggerpegel ca. $1V$
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmtaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Stelle den Triggermodus *SINGLE(SHOT)* ein. Das DSO wartet jetzt auf ein „Eingangssignal“, das die Triggerbedingung erfüllt (hier: das den Triggerpegel $1V$ überschreitet). Selbiges wird dann aufgezeichnet und auf dem Display angezeigt.
- Wenn alle DSOs empfangsbereit sind, betätigt der Lehrer mehrmals die Morsetaste und erzeugt auf diese Weise Spannungssprünge $0V - 4,5V - 0V - 4,5V - \dots$
- Dekodiere das Morsesignal mit Hilfe der Tabelle
- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick. Alternativ: Nimm einen Screenshot mit dem Smartphone auf.
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

Wettspiel

Nachdem alle DSOs scharf gestellt sind, sendet jemand (z.B. der Lehrer) einen Morsecode, der so schnell wie möglich entschlüsselt werden soll.

Variante: Die Zeitachse wird so skaliert, dass eine längere Kette von Morsezeichen auf das Display passt, z.B. mit $0,1s/div$. Mit Hilfe der ZOOM-Funktion werden Details nach der Aufzeichnung sichtbar gemacht.



414

R. Lehre vom Gleichstrom.

schluß den vorgelagerten federnden Anker an; preßt dabei einen am Anker befestigten Schreibstift **S** gegen einen Papierstreifen, der durch zwei Walzen **WW** fortgezogen wird.

Je nach dem man bei **T** den Strom längere oder kürzere Zeit geschlossen hält, entstehen auf dem Papierstreifen Striche oder Punkte. Aus diesen wird das Morse-Alphabet gebildet.

Beim Telegraphieren auf größere Entfernungen wird zur Rückleitung des Stromes die Erde benutzt (**Erdleitung** entdeckt von **Steinheil 1840**).

Quelle: Kleiber-Karsten: Lehrbuch der Physik für Ingenieurschulen, technische Schulen sowie zum Selbstunterricht, Verlag R. Oldenbourg, München, Verkleinerte Kriegsausgabe 1944

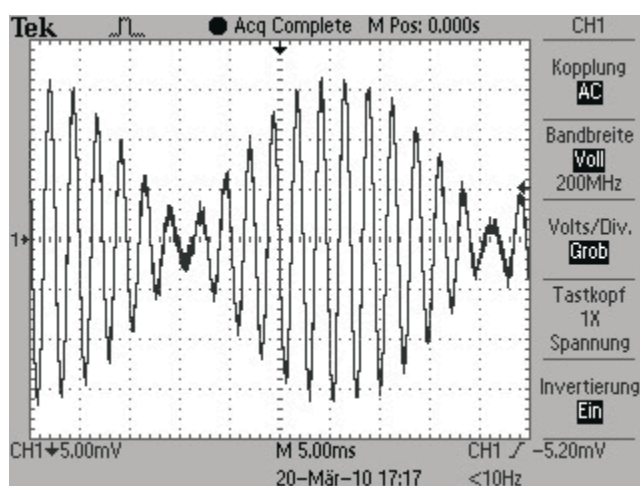
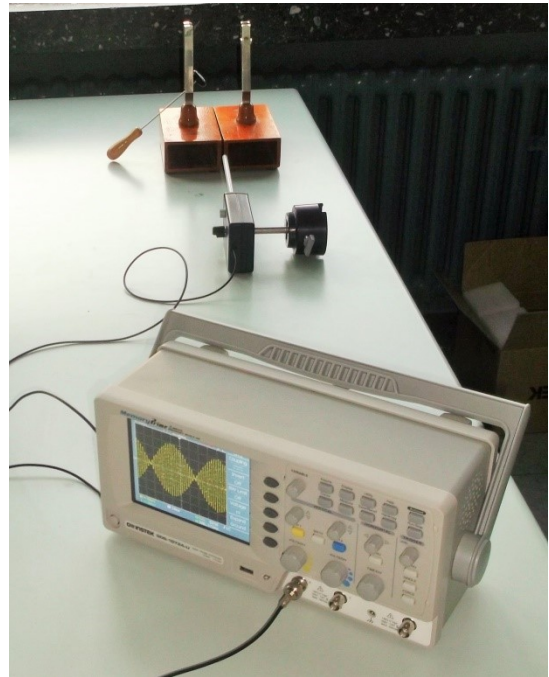
Experiment 3 *Ein schwebender Ton*

Benötigte Teile

- DSO
- 2 Stimmgabeln (a 440Hz) mit Resonanzkasten; die eine muss sich verstimmen lassen
- Mikrofon

Versuch

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Mikrofon einschalten
- Eine Stimmgabel anschlagen und AUTOSET drücken
- Mit der RUN/STOP-Taste die Aufzeichnung stoppen.
- MEASURE-Taste drücken. Frequenz ablesen und notieren. Sind es 440Hz?
- Beide Stimmgabeln mit unterschiedlicher Frequenz schwingen lassen, durch Drücken der RUN/STOP-Taste die Aufzeichnung starten und zu einem „günstigen“ Zeitpunkt wieder stoppen.
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf TIME/DIV betätigen). Beobachte.



Experiment 4

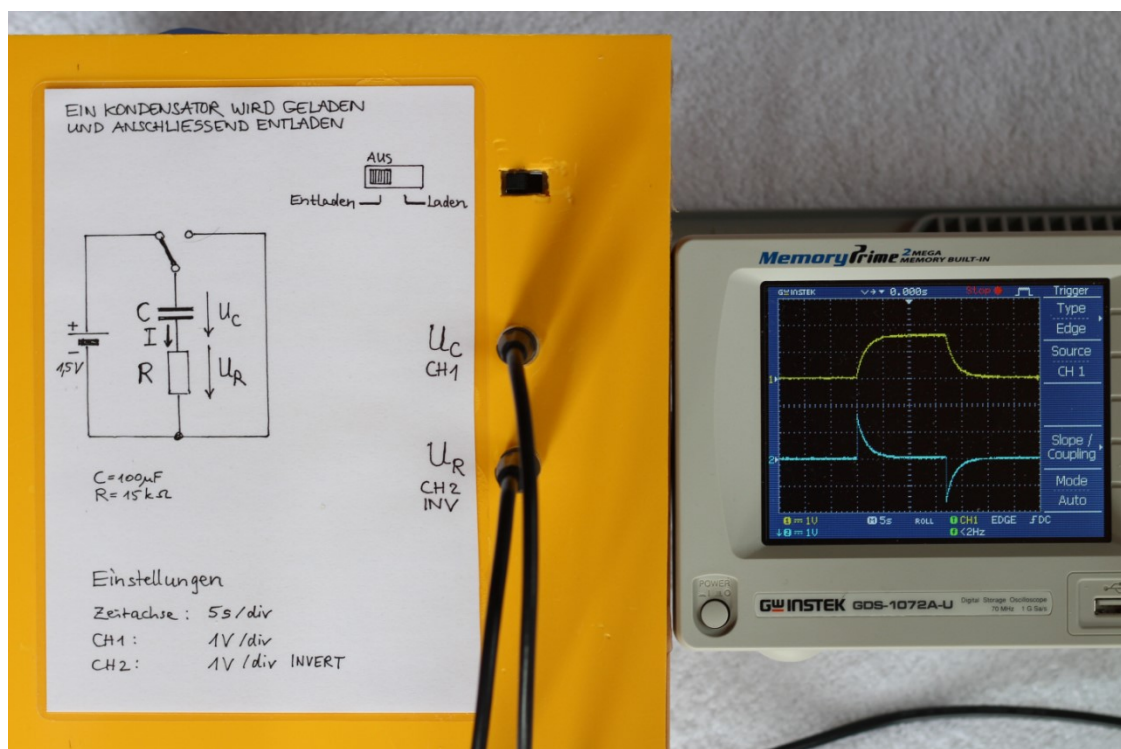
Ein Kondensator wird geladen und wieder entladen

Benötigte Teile

- DSO
- Experimentiertafel „Ein Kondensator wird geladen ...“
- 2 BNC-Verbindungskabel

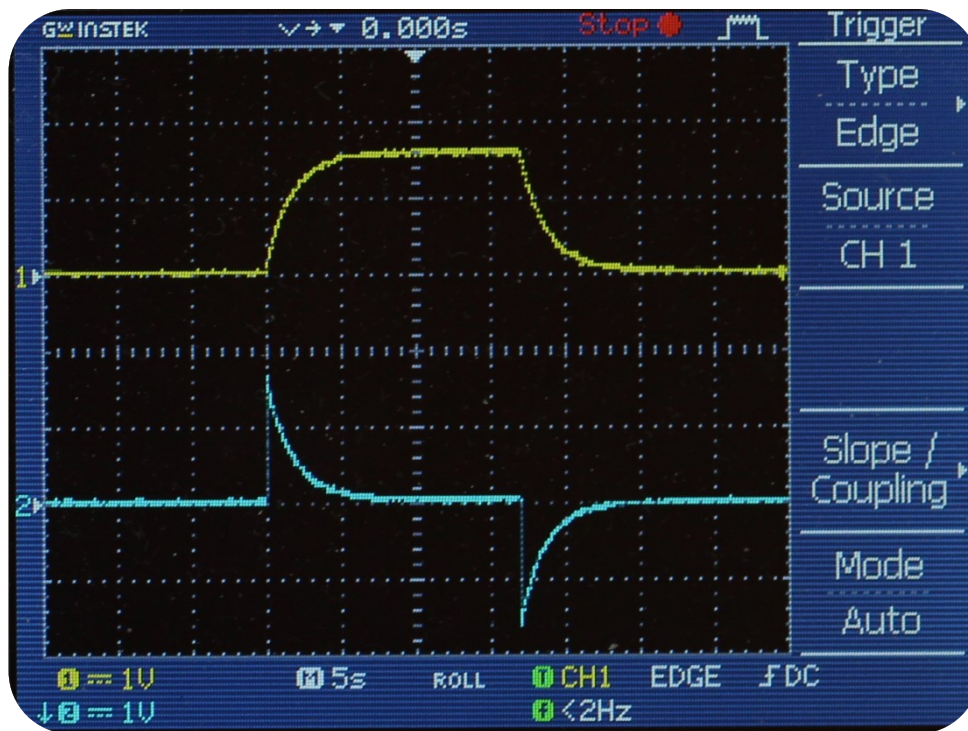
Versuch

- Verbinde die Experimentiertafel mit den Eingängen CH1 und CH2 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der Save/Recall-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann Default Setup drücken. Beide Kanäle sind jetzt eingeschaltet. (Kontrolle: Eine gelbe und eine blaue Linie muss sichtbar sein)
- Zeitachse 5s/div einstellen
- CH1 und 2: Jeweils 1V/div einstellen
- Gelben Knopf CH1 drücken. Kontrolle: Im Menü muss INVERT OFF angezeigt werden.
- Blauen Knopf „CH2“ : „Invert On“ einstellen, damit die Spannungen und die Stromstärke (relativ zu den Pfeilen) mit dem richtigen Vorzeichen dargestellt werden!
- Schiebeschalter am Experiment betätigen



- Laufende Aufzeichnung mit RUN/STOP stoppen bzw. wieder starten.

Gelbe Kurve: Spannung am Kondensator
Blaue Kurve: Stromstärke beim Laden/Entladen (bei passender Skalierung)



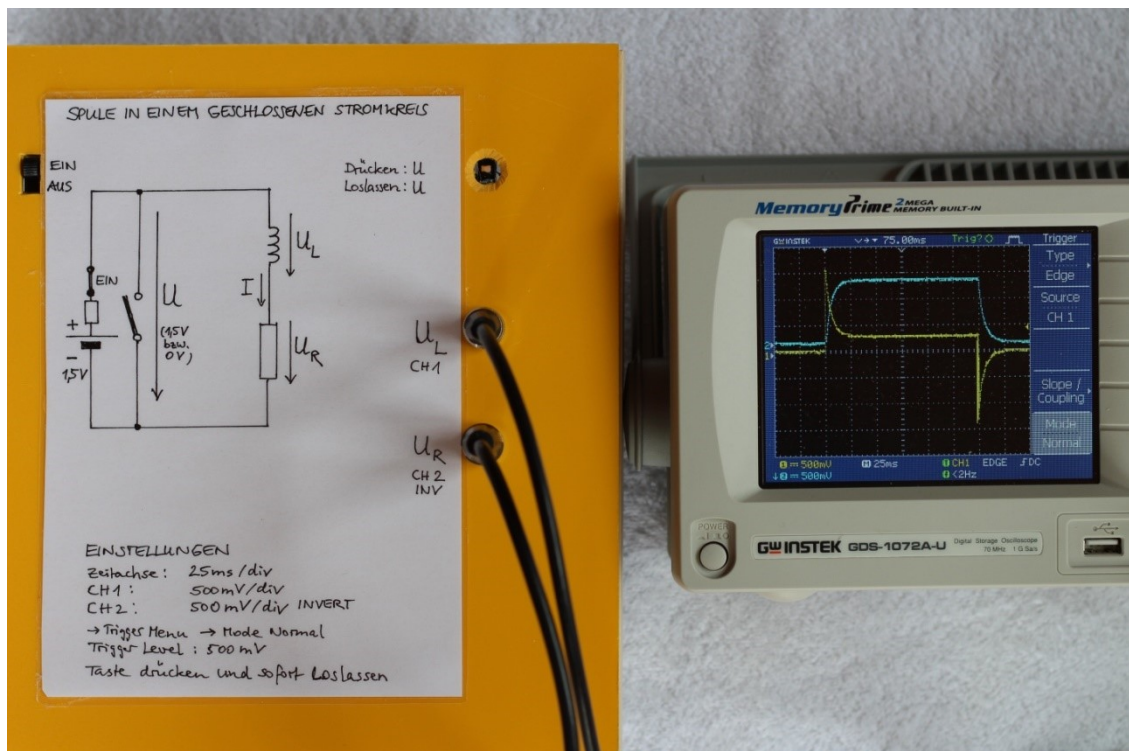
Experiment 5 *Eine Spule wird ein- und ausgeschaltet*

Benötigte Teile

- DSO
- Experimentiertafel „Spule in einem geschlossenen Stromkreis“
- 2 BNC-Verbindungskabel

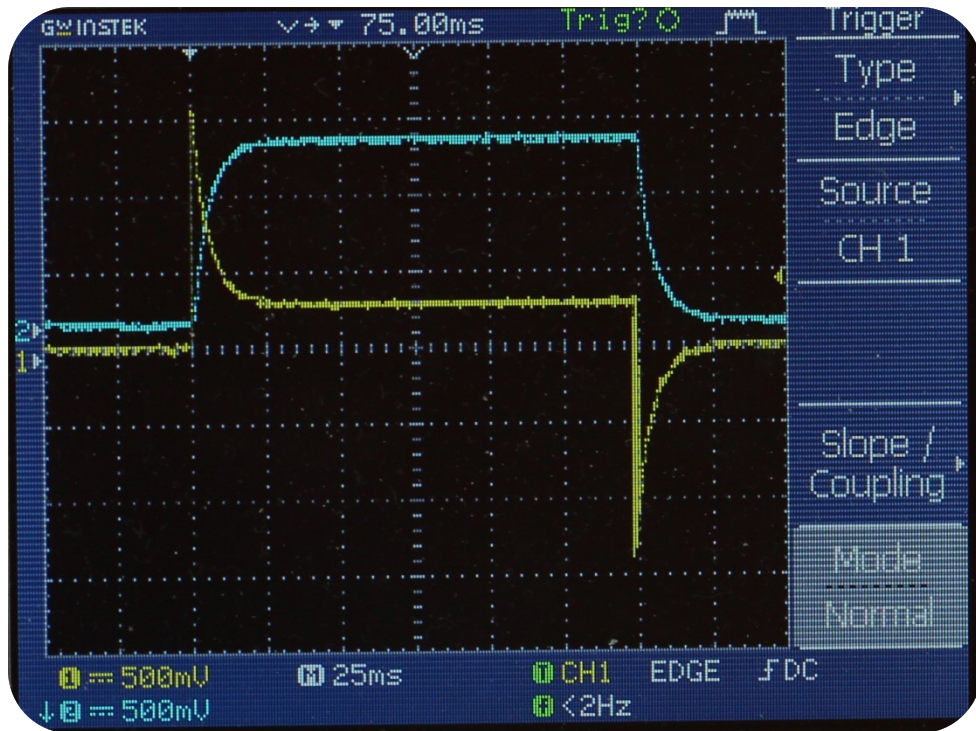
Versuch

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde die Experimentiertafel mit den Eingängen CH1 und CH2 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken. (Kontrolle: Eine gelbe und eine blaue Linie muss sichtbar sein)
- Zeitachse 25ms/div einstellen
- CH1 und 2: Jeweils 500mV/div einstellen
- Gelben Knopf CH1 drücken. Kontrolle: Im Menü muss INVERT OFF angezeigt werden.
- Blauen Knopf „CH2“ betätigen und am Display „Invert On“ einstellen, damit die Spannungen und die Stromstärke (relativ zu den Pfeilen) mit dem richtigen Vorzeichen dargestellt werden!
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmtaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel 500mV eingestellt.
- Schiebeschalter auf der Experimentiertafel in Stellung EIN bringen
- Experimentiertafel: Taste kurz drücken ($U=1,5V$) und sofort wieder loslassen ($U=0V$). (Die Aufzeichnung erfolgt automatisch.)
- Nach dem Versuch Schiebeschalter auf AUS, damit die Batterie geschont wird.



Gelbe Kurve: Spannung an der Spule

Blaue Kurve: Stromstärke (bei geeigneter Skalierung)



Experiment 6

Schwingkreis

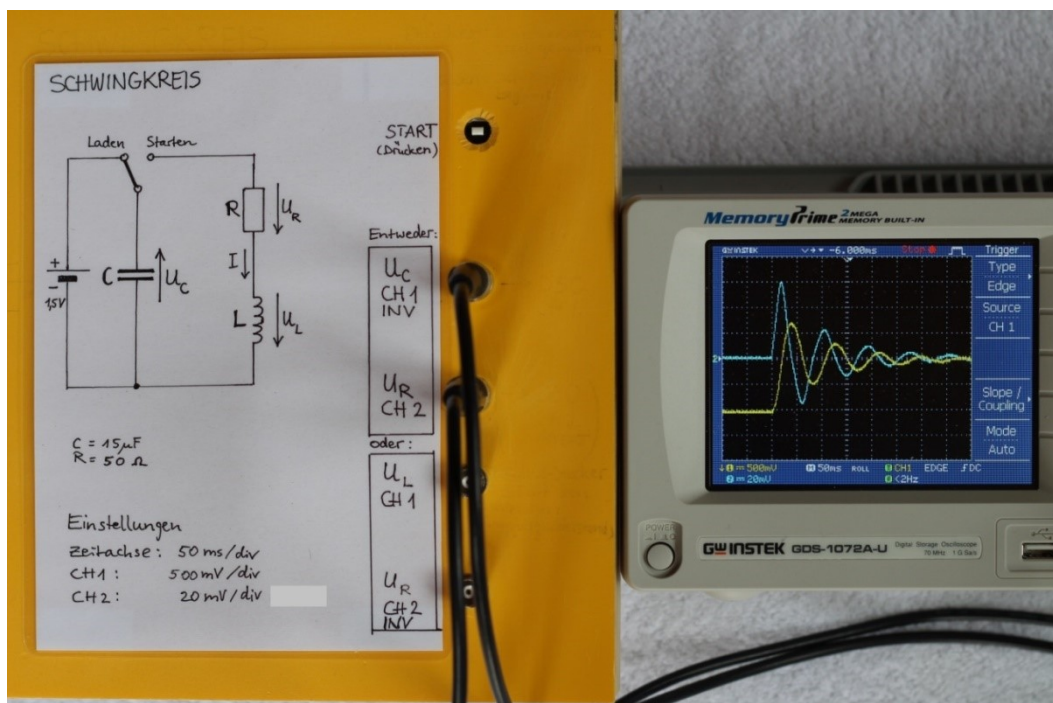
(mit Materialien)

Benötigte Teile

- DSO
- Experimentiertafel „Schwingkreis“
- 2 BNC-Verbindungskabel

Versuch 6a Aufzeichnung der Spannung am Kondensator sowie der Stromstärke

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde die Experimentiertafel mit den Eingängen CH1 und CH2 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 50ms/div
- Gelben Knopf CH1 drücken, und am Rand des Displays INVERT On drücken, damit die Spannung auch vorzeichenrichtig (relativ zu dem Spannungspfeil) angezeigt wird.
- Kontrolle: Blauen Knopf CH2 drücken; INVERT OFF muss angezeigt werden,
- Drehknopf CH1: 500mV/div einstellen
- Drehknopf CH2: 20mV/div einstellen
- Experimentiertafel: Taste drücken und mindestens 0,5s lang gedrückt halten. Den Vorgang mehrmals wiederholen. Die Wirkung kann man in Echtzeit auf dem Display beobachten. Wenn man im richtigen Moment am DSO die RUN/STOP-Taste betätigt, erhält man eine Momentaufnahme der Schwingung.
- Die Graphen werden mit den beiden entsprechenden Drehknöpfen vertikal so verschoben, wie es die Abbildung zeigt.



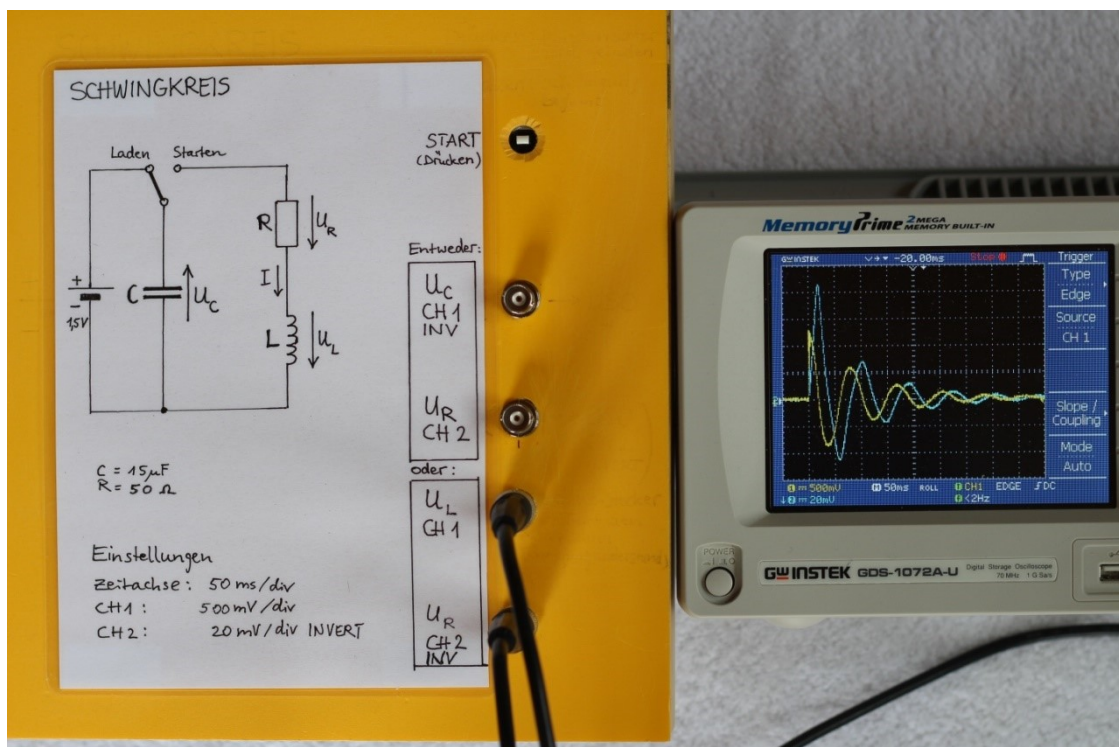
Gelbe Kurve: Spannung am Kondensator

Blaue Kurve: Stromstärke (bei geeigneter Skalierung)

Man erkennt deutlich: Der Strom eilt der Spannung am Kondensator voraus

Versuch 6b Aufzeichnung der Spannung an der Spule sowie der Stromstärke

- Verbinde die Experimentiertafel mit den Eingängen CH1 und CH2 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 50ms/div
- Blauen Knopf CH2 drücken, und am Rand des Displays INVERT On drücken, damit die Spannung auch vorzeichenrichtig (relativ zu dem Spannungspfeil) angezeigt wird.
- Kontrolle: Gelben Knopf CH1 drücken; INVERT OFF muss angezeigt werden,
- Drehknopf CH1: 500mV/div einstellen (wie im Versuch 6a)
- Drehknopf CH2: 20mV/div einstellen (wie im Versuch 6a)
- Experimentiertafel: Taste drücken und mindestens 0,5s lang gedrückt halten. Den Vorgang mehrmals wiederholen. Die Wirkung kann man in Echtzeit auf dem Display beobachten. Wenn man im richtigen Moment am DSO die RUN/STOP-Taste betätigt, erhält man eine Momentaufnahme der Schwingung.



Gelbe Kurve: Spannung an der Spule
 Blaue Kurve: Stromstärke (bei geeigneter Skalierung)

Man erkennt deutlich: Die Spannung an der Spule eilt dem Strom voraus

Experiment 7 Wechselstromkreis

Benötigte Teile

- DSO
- Experimentiertafel „Wechselstromkreis“
- 2 BNC-Verbindungskabel
- Multimeter

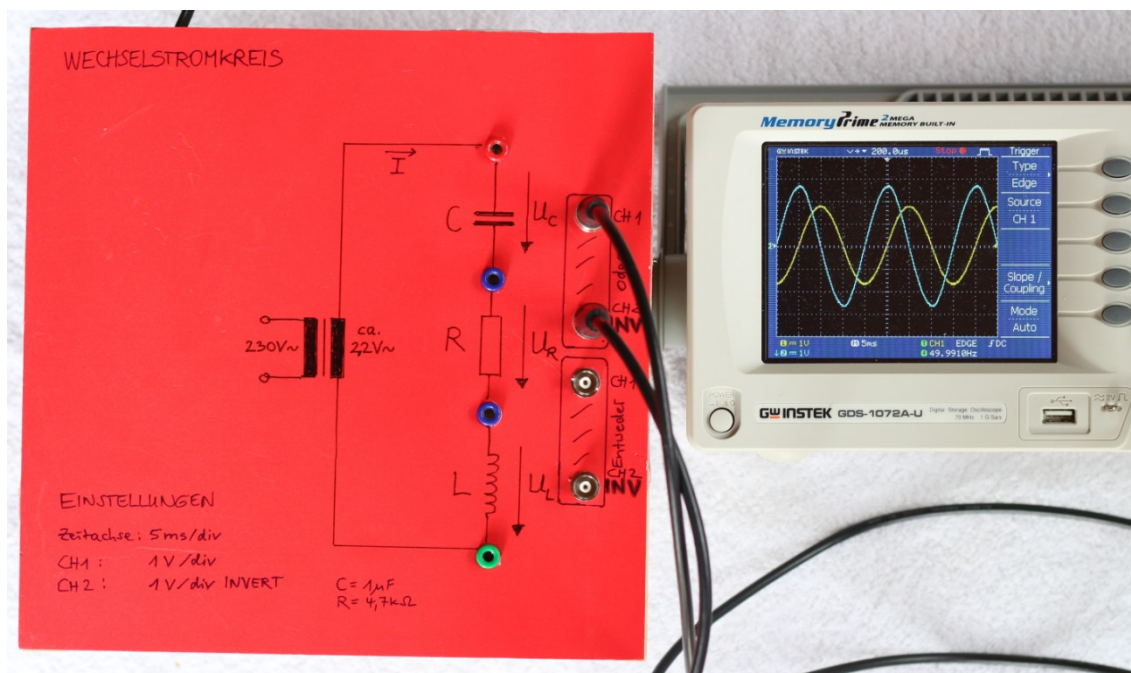
Versuch 7a Messung der Teilspannungen am Wechselspannung-Spannungsteiler

- Verbinde die Tafel mit dem Stromnetz
- Miss die Teilspannungen an Spule, Widerstand und Kondensator und die Gesamtspannung
- Addiere die Teilspannungen und vergleiche das Ergebnis mit der gemessenen Gesamtspannung
- Wundere dich und finde eine Erklärung

Versuch 7b Aufzeichnung der Spannung am Kondensator sowie der Stromstärke

- Schalte das DSO ein (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- AUTOSET drücken. (Praktisch: Die Achsen werden dadurch automatisch skaliert.)
- Mit der RUN/STOP-Taste die Aufzeichnung stoppen.

Gelbe Kurve: Spannung am Kondensator Blaue Kurve: Stromstärke (bei geeigneter Skalierung)



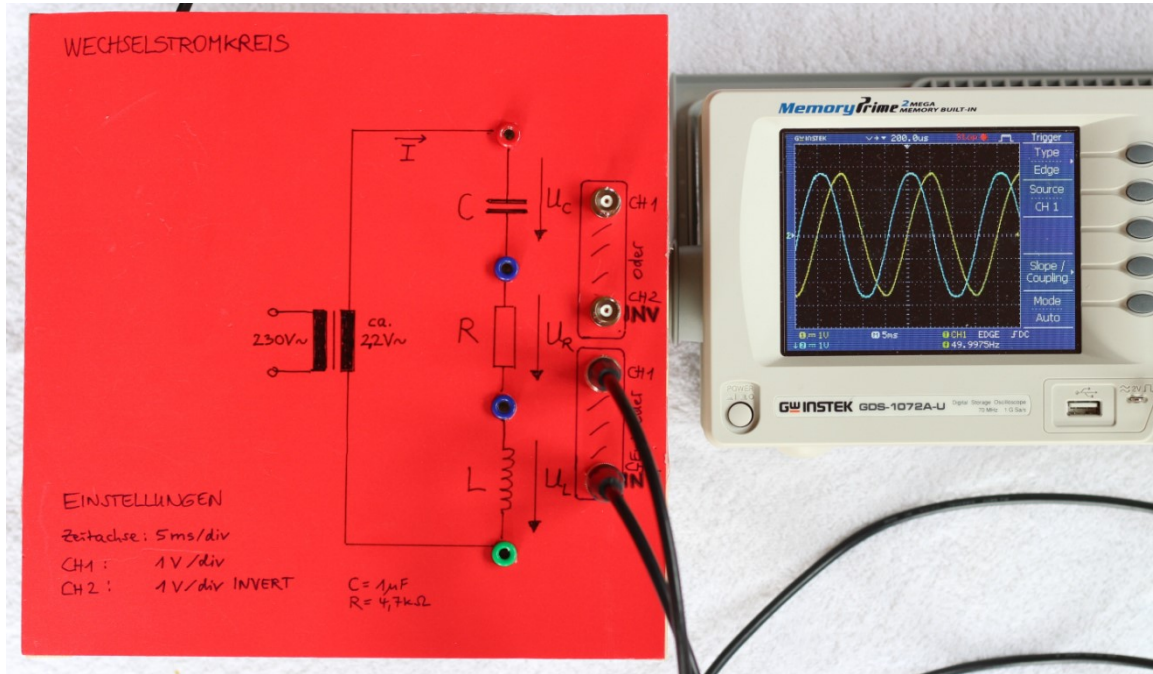
Man erkennt deutlich: Der Strom eilt der Spannung am Kondensator voraus

Versuch 7c Aufzeichnung der Spannung an der Spule sowie der Stromstärke

Wie Versuch 7b, jedoch werden die beiden Kabel mit den beiden unteren BNC-Buchsen verbunden.

Gelbe Kurve: Stromstärke (bei geeigneter Skalierung)

Blaue Kurve: Spannung an der Spule



Man erkennt deutlich: Die Spannung an der Spule eilt dem Strom voraus

Experiment 8 *Wir zeichnen ein EKG auf*

Benötigte Teile

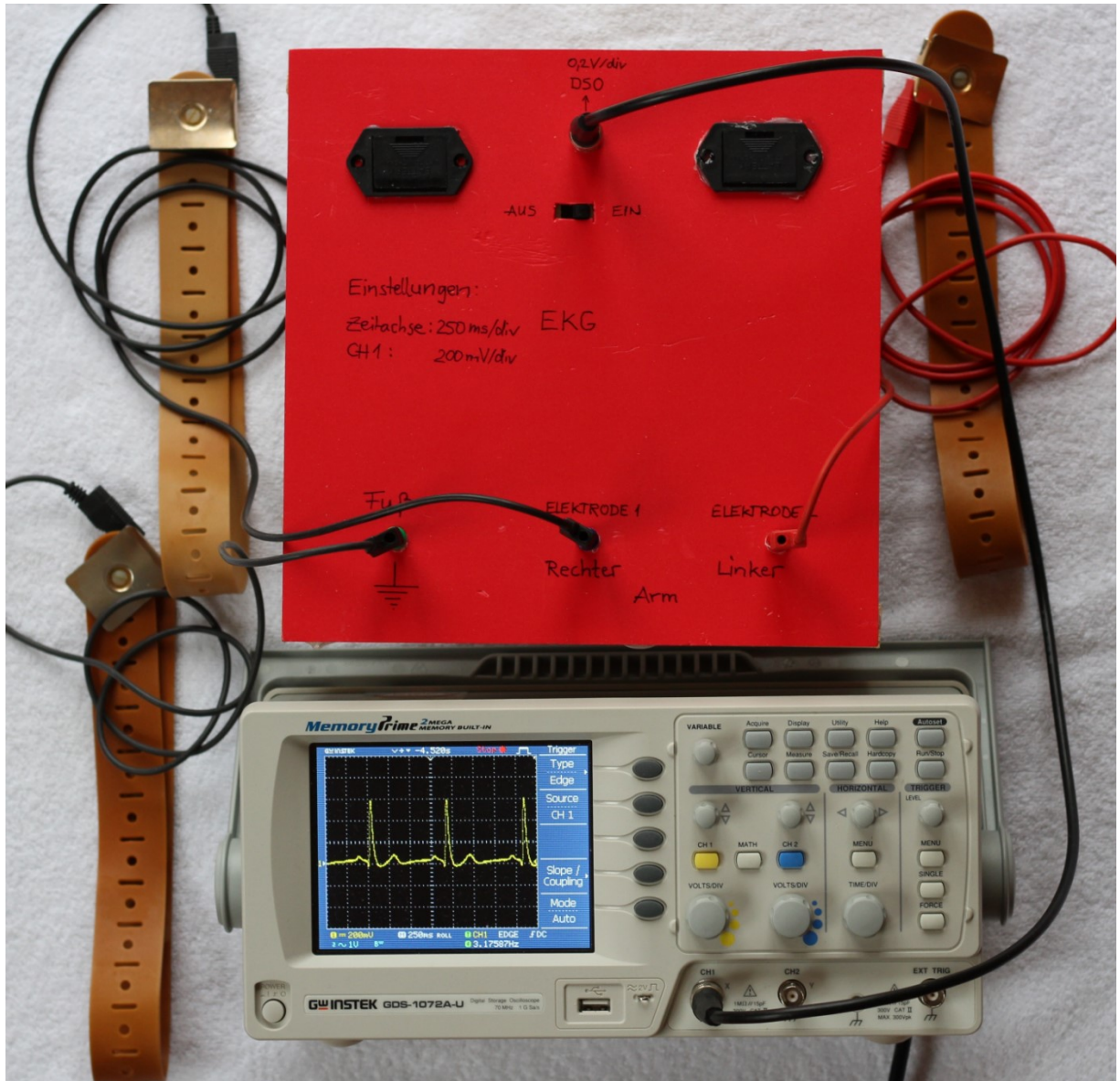
- DSO
- Experimentiertafel „EKG“
- 2 BNC-Verbindungskabel
- 3 Bioelektroden mit Anschlusskabeln
- Elektroden-Gel

Versuch

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde die Experimentiertafel mit dem Eingang CH1 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 250ms/div
- Gelben Knopf CH1 drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Drehknopf CH1: 250mV/div einstellen
- Aufzeichnung mit RUN/STOP anhalten
- Die drei Elektroden oberhalb der Handgelenke bzw. oberhalb des rechten Fußgelenks einer Mitschülerin /eines Mitschülers befestigen. Elektroden-Gel verwenden.
- Sobald der Mitschüler / die Mitschülerin eine entspannte Sitzposition eingenommen hat, wird die Aufzeichnung gestartet (RUN/STOP)

Hinweise

- Es muss sichergestellt sein, dass durch den Anschluss der Experimentiertafel an das Oszilloskop nicht die Gefahr eines gefährlichen Stromschlags besteht. (Die Experimentiertafel ist batteriebetrieben)
- Es versteht sich von selbst, dass die mit diesem einfachen Gerät erzeugten EKGs keinerlei medizinische Aussagekraft haben

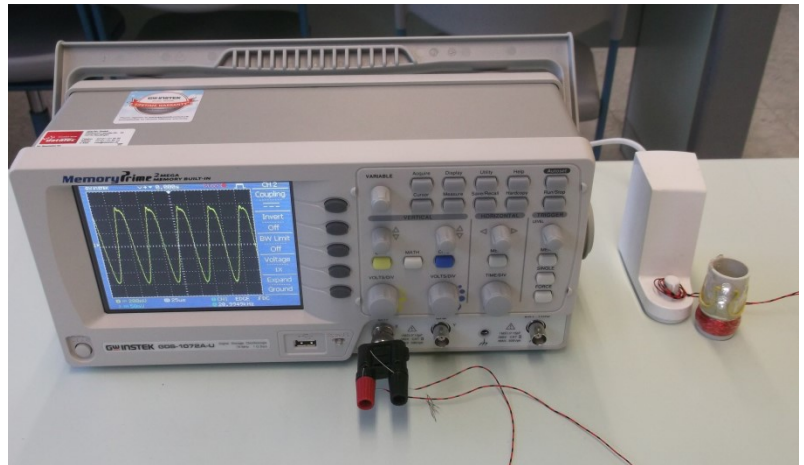


Experiment 9 *Transformator, Induktion*

(mit Materialien)

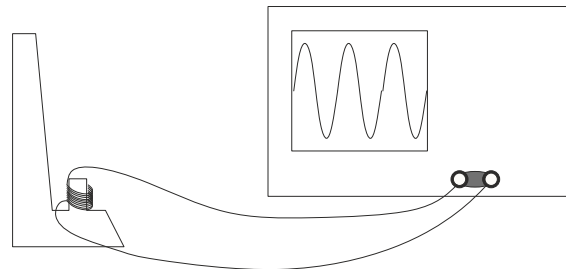
Benötigte Teile

- DSO
- BNC-Adapter mit Polklemmen
- Ladestation für eine elektrische Zahnbürste
- 1m Schaltdraht
- Seitenschneider zum Abisolieren
- Klebefilm
- USB-Stick
- Induktionsspule (mit LEDs)
- Zylindermagnet (Neodym)
- Acrylglasrohr
- Multimeter



Versuch 9a

- Schließe den Adapter an den Eingang 1 (CH1) des DSO an.
- Entferne die Isolierung auf ca. 2cm Länge an den Drahtenden
- Schließe die Drahtenden an die Polklemmen an
- Schlinge 10 Drahtwindungen um den „Dorn“ an der Ladestation. Fixiere die Drahtwindungen mit Klebefilm
- Schalte die Ladestation ein Bau den Versuch gemäß Abbildung auf. Verwende den Eingang CH1. *Achte darauf, dass Masse mit Masse verbunden wird!*
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift *RECALL* angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- *AUTOSET* drücken. (Praktisch: Die Achsen werden dadurch automatisch skaliert.)
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf *TIME/DIV* betätigen). Beobachte.
- Mit der *RUN/STOP*-Taste die Aufzeichnung stoppen.
- Versuche, mit Hilfe des Menüs „*Measure*“ die Frequenz und die Spannung zu messen.
FREQUENZ: _____ Hz
SPANNUNG: _____ V
- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

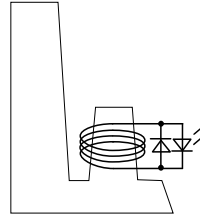


Info

Die 10 Drahtwindungen bilden in Verbindung mit dem Ladeteil einen Transformator.

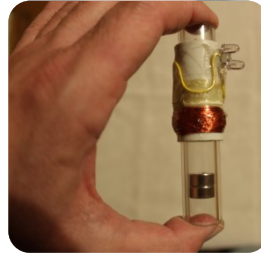
Versuch 9b

Ersetze die Drahtwindungen durch die Spule mit LEDs.
Die LEDs müssen leuchten.



Versuch 9c (Induktionslampe)

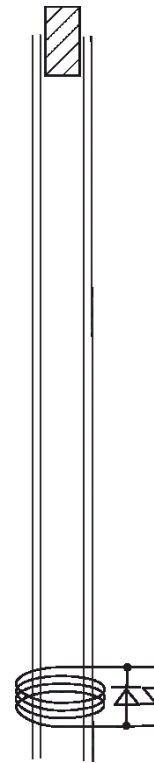
Schiebe die Induktionsspule mit LEDs über das Acrylglasrohr und den Magneten in das Rohr.
Halte die Rohrenden mit Daumen und Zeigefinger zu. Bewege den Magnet durch Schütteln im Rohr hin und her. Die LEDs müssen leuchten.



Experiment 10 Ein Versuch zur Bestimmung der Fallbeschleunigung

Benötigte Teile

- DSO
- Adapter mit Polklemmen
- Cinch/BNC-Stecker
- Fallrohr aus Acrylglas, eventuell mit „unmagnetischer“ Halterung
- Fallmagnet
- Spezialmagnet
- Induktionsspule mit LEDs
- Spulenpaar
- Schaumstoffunterlage
- USB-Stick
- Eventuell: Kupfer- oder Alurohr (ca. 20cm lang), das bündig über das Ende des Acrylglasrohrs geschoben werden kann



Versuch 10a

Schiebe die Induktionsspule mit LEDs am unteren Ende über das Fallrohr. (Das Fallrohr kann mit der Hand gehalten werden oder an einer Halterung befestigt werden.) Es können auch mehrere Induktionsspulen mit LEDs über die Länge des Fallrohrs verteilt aufgesteckt werden. Lass den Fallmagneten durch das Rohr auf die Schaumstoffunterlage fallen. (Wenn man das Kupfer- oder Alurohr über das Ende des Acrylglasrohrs schiebt, wird der Fall des Magneten gebremst. Man kann dann auf die Schaumstoffunterlage verzichten.)

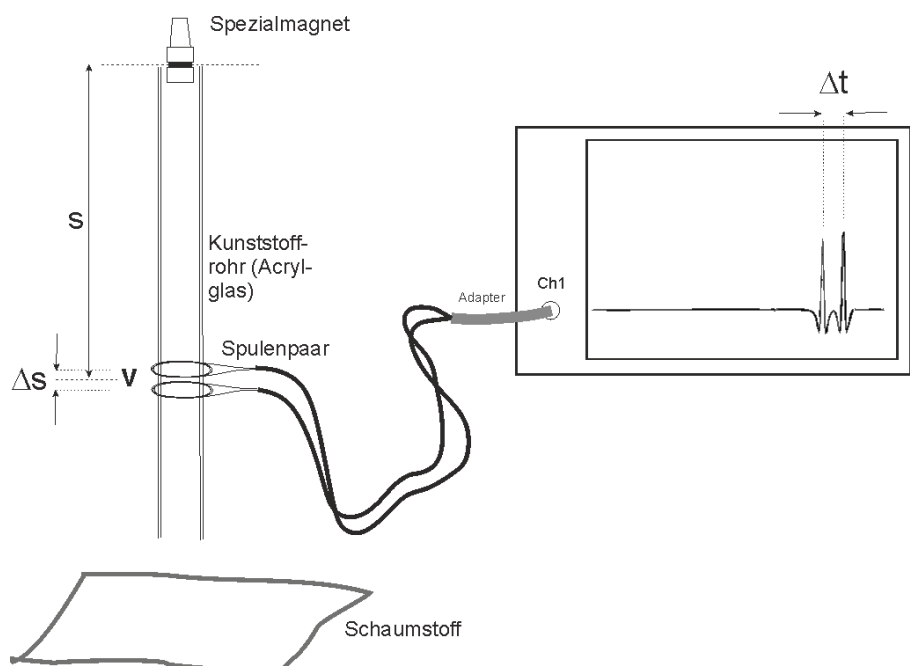
Was beobachtest du?

Info

Wenn man einen Magneten durch eine Spule fallen lässt, entsteht in der Spule ein Spannungsimpuls.

Versuch 10b

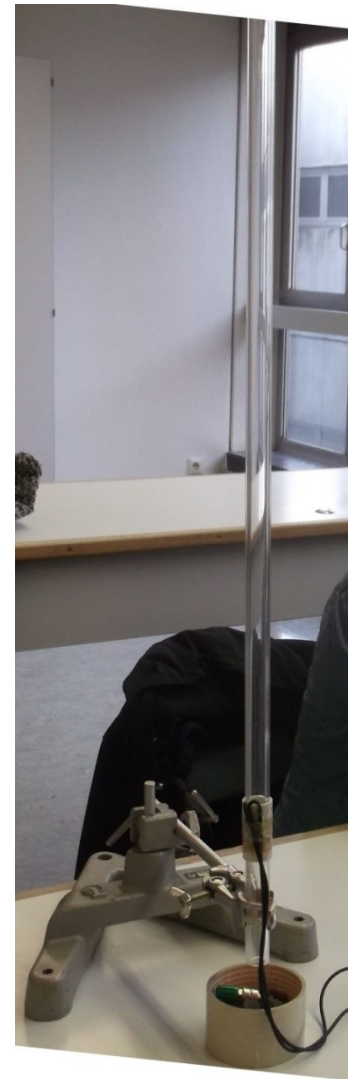
- Schiebe das Spulenpaar - der Spulenabstand beträgt $\Delta s = 3,5\text{cm}$ - über das Fallrohr.
- Verbinde das Spulenpaar mit Kanal 1 des DSOs. (Mit Hilfe des Adapters werden die Spulenpaare in Reihe geschaltet.)
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte



- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 5ms/div einstellen
- CH1: 200mV/div einstellen
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirm-taste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel ca.100mV eingestellt.
- Drücke „SINGLE(SHOT)“
- Halte den Spezialmagnet in der eingezeichneten Position und lass ihn durch das Rohr auf eine Schaumstoffunterlage fallen. (Das Fallrohr kann mit der Hand gehalten werden oder an einer Halterung befestigt werden, siehe Abbildungen.)
- Wenn nichts passiert, korrigiere den *Trigger-Level* und wiederhole den Vorgang.
- Ermittle mit Hilfe der zwei *Cursor* die Zeitspanne Δt . (Taste Cursor drücken / X1 drücken / mit Drehknopf VARIABLE linkes Maximum markieren / X2 drücken / mit Drehknopf VARIABLE rechtes Maximum markieren / Wert „ Δ “ ablesen)

$$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).



Aufgabe

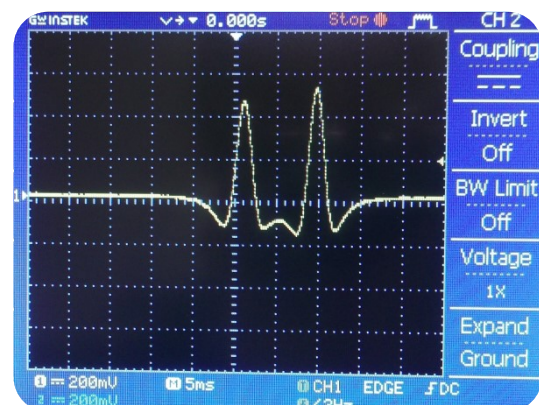
- a) Berechne die Geschwindigkeit v des Magneten zwischen den Spulen und daraus die Beschleunigung a .

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \dots$$

$$a = \frac{v^2}{2s} = \dots$$

- b) Leite die zweite Formel in a) her.
 c) Um wieviel % weicht der in a) bestimmte Wert von dem Tabellenwert $9,81 \frac{m}{s^2}$ ab? Nenne Gründe für eine mögliche Abweichung.

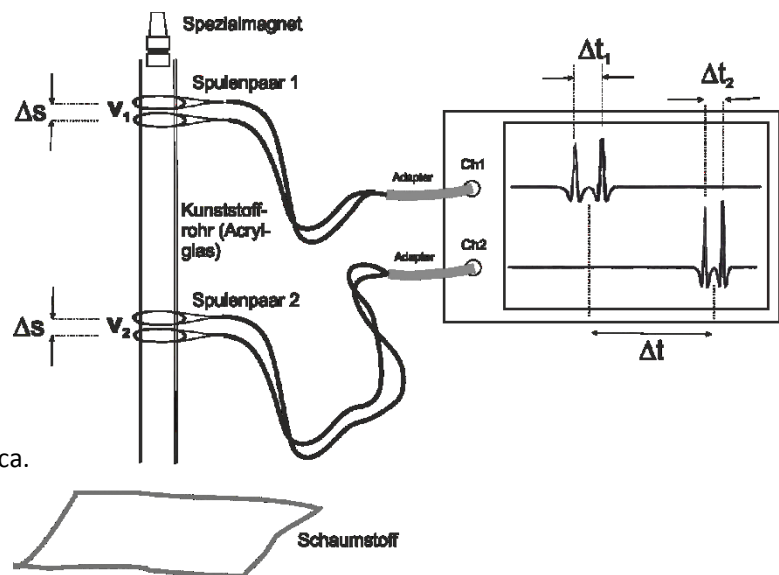
Hinweis: Der Einfluss des Luftwiderstandes kann durch Evakuierung der Acrylglasröhre minimiert werden!



EXPERIMENT 11 Noch ein Versuch zur Bestimmung der Fallbeschleunigung

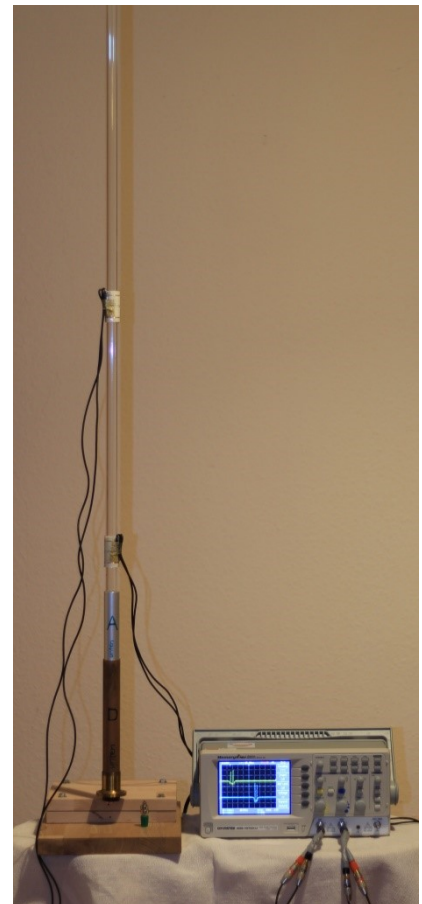
Benötigte Teile

- DSO
- 2 Adapter, 2 Cinch/BNC-Stecker
- Fallrohr aus Acrylglas
- Spezialmagnet
- 2 Spulenpaare, 2 Anschlussadapter
- Schaumstoffunterlage
- USB-Stick
- Eventuell: Kupfer- oder Alurohr (ca. 20cm lang), das bündig über das Ende des Acrylglasrohrs geschoben werden kann



Versuch

- Schiebe die beiden Spulenpaare - der *Spulenabstand* beträgt jeweils $\Delta s = 3,5\text{cm}$ - über das Fallrohr. Der gegenseitige Abstand der beiden *Spulenpaare* sollte erheblich größer als $3,5\text{cm}$ gewählt werden.
- Verbinde das obere Spulenpaar mit Kanal 1, das untere mit Kanal 2 des DSOs. (Mit Hilfe zweier Adapter werden die Spulenpaare jeweils in Reihe geschaltet.)
- Schalte beide Kanäle ein.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 100ms/div einstellen
- CH1: 200mV/div einstellen
- CH2: 200mV/div einstellen
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmstaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden.
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel (für CH1) auf ca.100mV eingestellt.
- Drücke „SINGLE(SHOT)“
- Halte den Spezialmagnet in der eingezeichneten Position und lass ihn durch das Rohr auf eine Schaumstoffunterlage fallen. (Wenn man das Kupfer- oder Alurohr über das Ende des Acrylglasrohrs schiebt, wird der Fall des Magneten gebremst. Man kann dann auf die Schaumstoffunterlage verzichten. Das Fallrohr kann mit der Hand gehalten werden oder an einer Halterung befestigt werden, siehe Abbildung.)
- Wenn nichts passiert, korrigiere den *Trigger-Level* und wiederhole den Vorgang.



- Ermittle mit Hilfe der zwei *Cursor* die Zeitspannen Δt_1 , Δt_2 , Δt . Da die

$$\Delta t_1 = \underline{\hspace{2cm}} \quad \Delta t_2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad \Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$$

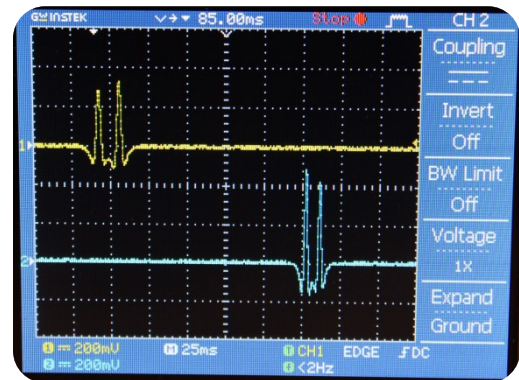
- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

Aufgabe 1

Berechne die Geschwindigkeit v_1 bzw. v_2 des Magneten zwischen den Spulen und daraus die Fallbeschleunigung a .

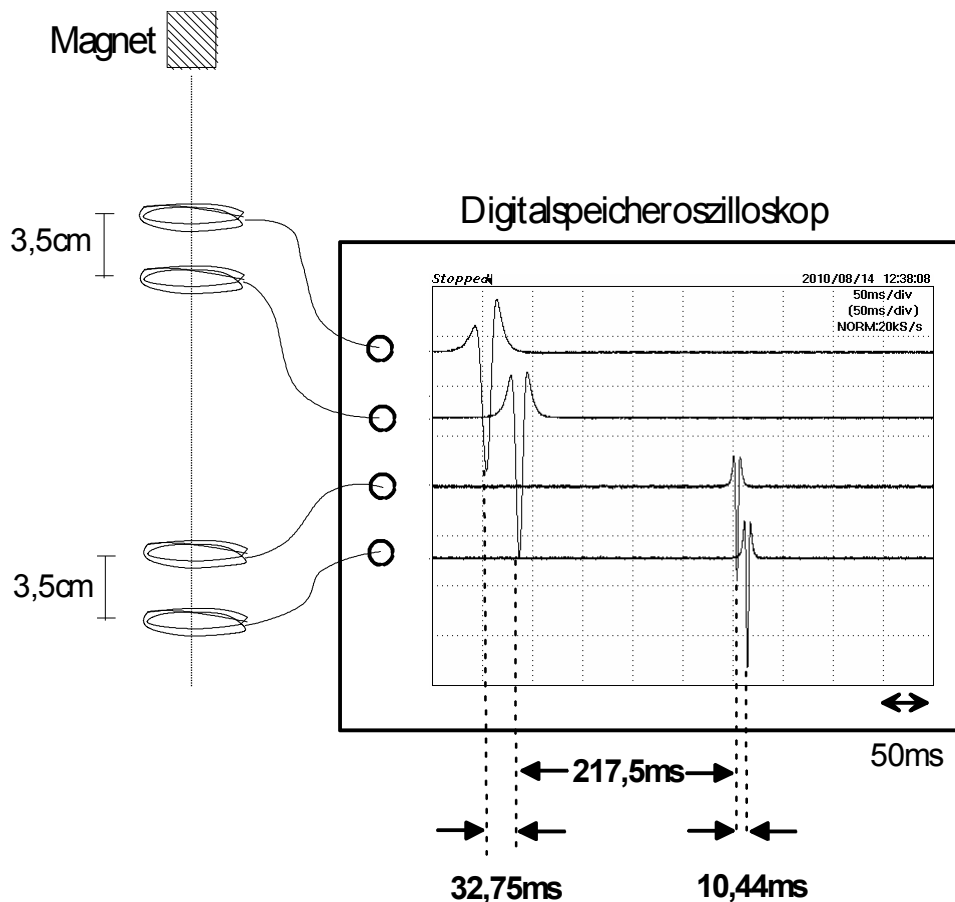
$$v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t_1} = \dots \quad v_2 = \frac{s}{\Delta t_2} = \dots$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \dots$$



Aufgabe 2

Bei einer früheren Versuchsdurchführung wurden die in der Abbildung eingetragenen Messwerte ermittelt. Berechne - analog zu Aufgabe 1 - die Fallbeschleunigung a .



Experiment 12

Free Fall Tower & Wirbelstrombremse

(mit Materialien)

Benötigte Teile

- DSO
- Cinch/BNC-Stecker
- Fallrohr aus Acrylglas
- Kurzes Kupferrohr zum Aufschieben auf die Acrylglasrohre
- Lange Aluminium-Profilschiene zum Aufschieben
- Langes Alurohr zum Aufschieben
- Acrylglasrohr mit äquidistant angeordneten Spulen
- Modell-Fallturm
- Mehrere Induktionsspulen mit LEDs
- Kunststoffrohre für Elektroinstallation (steckbar) und Kupferrohr zum Aufschieben
- Schaumstoffunterlage oder spezielle Halterung
- USB-Stick

Versuch 12a

Lass die beiden Modellfiguren den Fallturm herunterfallen. Die Bewegung lässt sich in drei Phasen gliedern. Versuche herauszufinden, welche. Notiere deine Beobachtung.

Tipp: Nimm ein Kurzvideo mit dem Smartphone auf und spiele es in Zeitlupe ab.

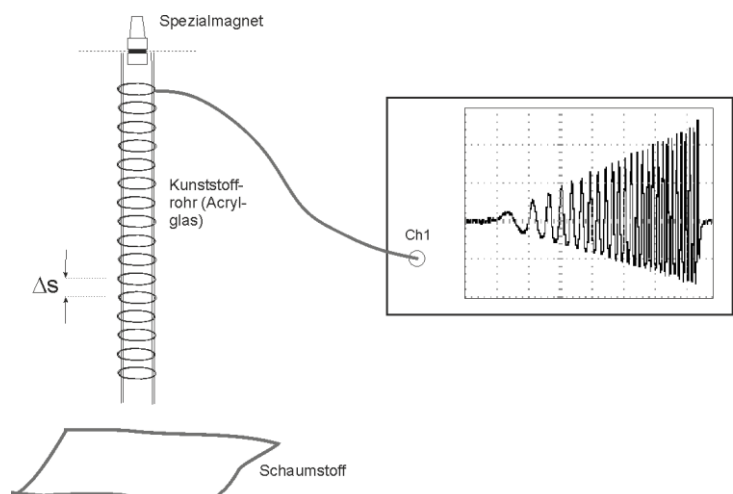
Versuch 12b

- Lege das Acrylglasrohr in die Aluschiene und lass den Fallmagnet hindurchfallen. Welche Art Bewegung führt der Fallmagnet aus?
- Schiebe das Kupferrohr am unteren Ende über das Acrylglasrohr. Halte das Rohr senkrecht und lass den Fallmagnet durch das Rohr fallen. Beobachte.

Notiere deine Beobachtungen.

Versuch 12c

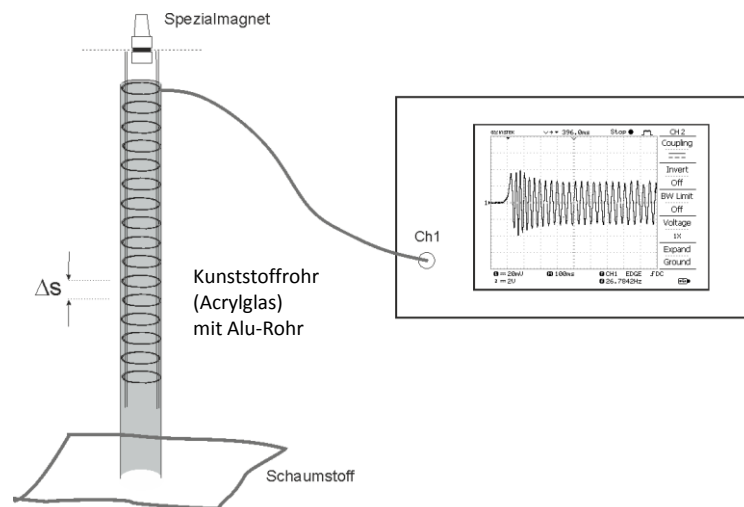
- Verbinde das Acrylglasrohr mit den Spulen mit Kanal 1 des DSOs mit Hilfe des Cinch/BNC-Steckers.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 100ms/div einstellen



- CH1: 200mV/div einstellen
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmtaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel 100mV eingestellt.
- Drücke „SINGLE(SHOT)“
- Halte den Spezialmagnet in der eingezeichneten Position und lass ihn durch das Rohr auf eine Schaumstoffunterlage fallen.
- Wenn nichts passiert, korrigiere den *Trigger-Level* und wiederhole den Vorgang.
- Mit dem kleinen Drehknopf „HORIZONTAL“ Kurve passend verschieben.
- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

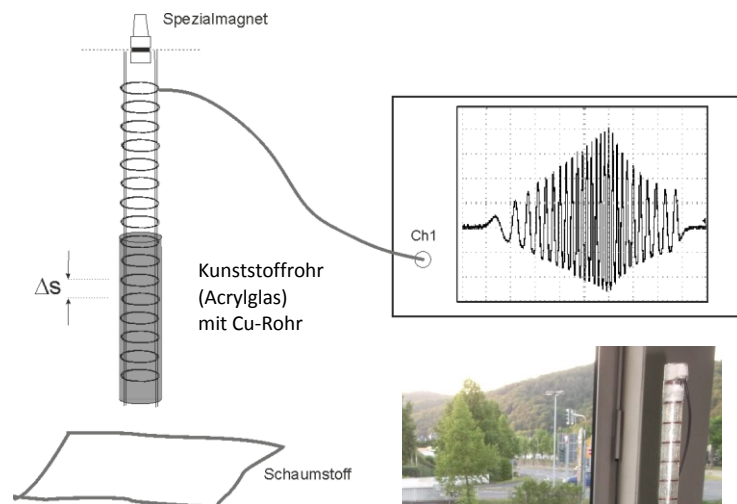
Versuch 12d

Schiebe das Acrylglasrohr mit den Spulen von oben in das lange Aluminiumrohr. Der Kabelanschluss soll sich oben befinden. (Bitte vorsichtig, damit die Spulen nicht beschädigt werden). Wiederhole Versuch 12c mit dieser Anordnung. Wähle für die U-Achse eine passende Skalierung (50mV/div?)



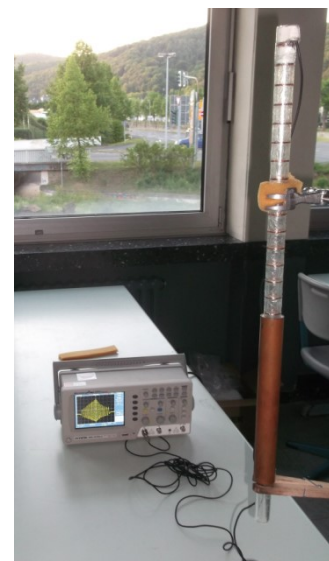
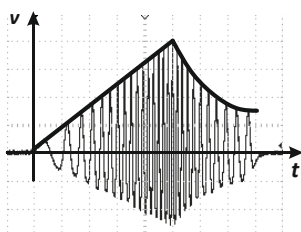
Versuch 12e

Schiebe das Kupferrohr am unteren Ende auf das Acrylglasrohr mit den Spulen. Der Kabelanschluss soll sich oben befinden. (Bitte vorsichtig, damit die Spulen nicht beschädigt werden). Wiederhole Versuch 12c mit dieser Anordnung. Wähle die gleiche Achsenskalierung.

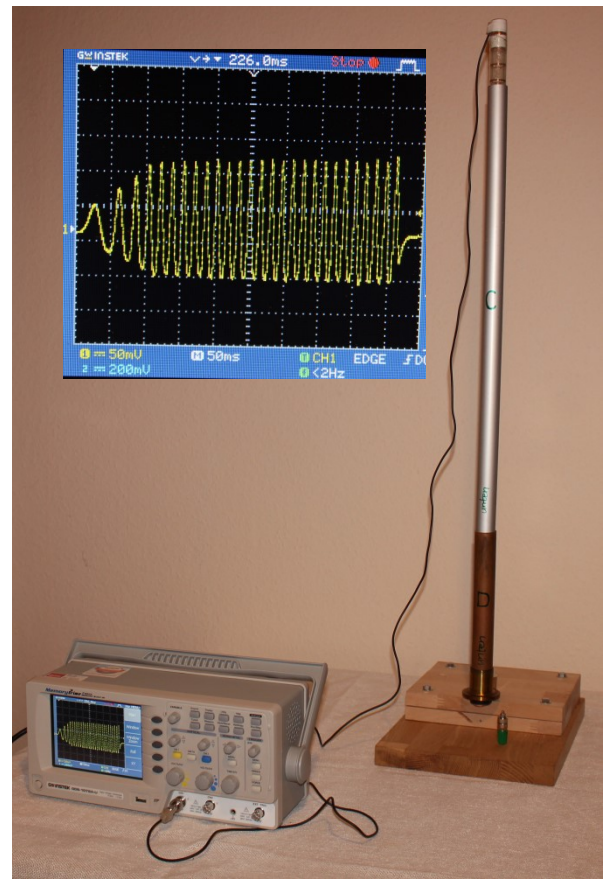
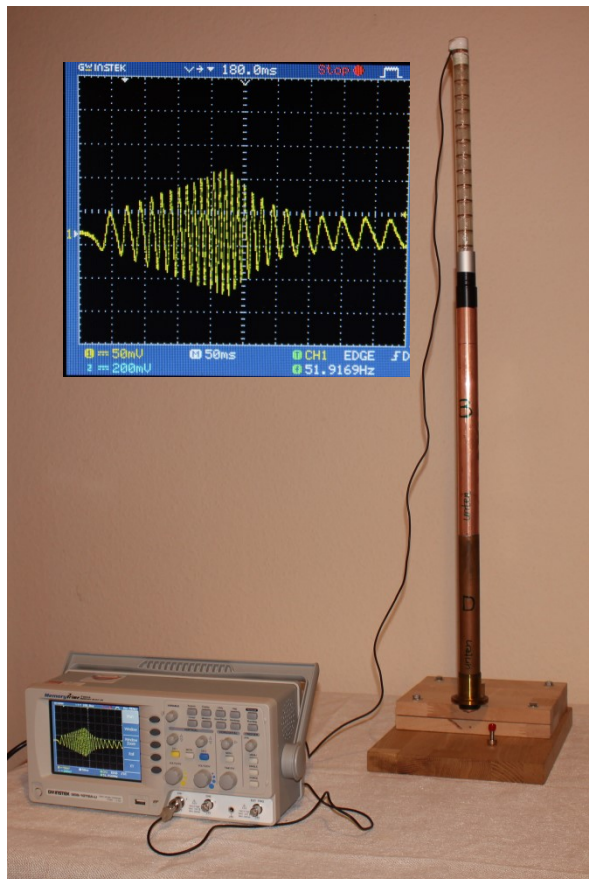
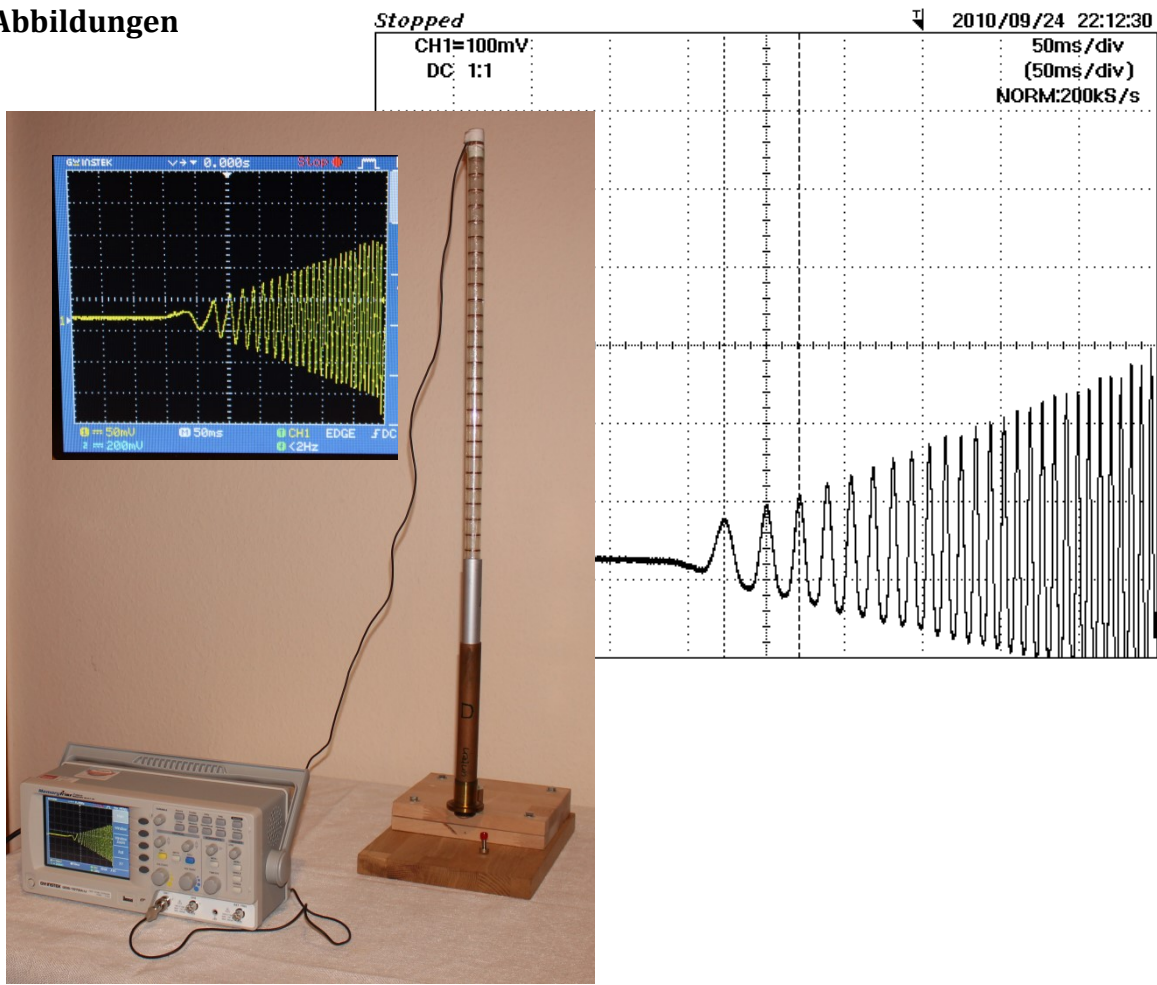


Info

Wenn man die Hochpunkte in jedem der Diagramme in Versuch 12c,d,e jeweils miteinander verbindet, erhält man bei passender Skalierung der senkrechten Achse ein t - v -Diagramm der Bewegung. Das lässt sich mit Hilfe des „Induktionsgesetzes“ begründen.



Abbildungen



Versuch 12f

Der Free Fall Tower im Treppenhaus

Mehrere Kunststoffrohre für die Elektroinstallation werden zusammengesteckt und mit Klebestreifen fixiert. Über das untere Ende wird ein kurzes Kupferrohr geschoben. Lässt man einen (axial polarisierten) zylindrischen Neodym-Magnet durch das Kunststoffrohr frei fallen, so wird er im Innern des Kupferrohrs aus hoher Geschwindigkeit fast bis zum Stillstand abgebremst. Magnet und Kupferrohr wirken als Wirbelstrombremse.

Variante 1: Mehrere Induktionsspulen mit LEDs werden über das Kunststoffrohr geschoben und äquidistant mit Klebestreifen fixiert. (Vgl. Versuch 10a) So lässt sich die Bewegung des Magneten nachverfolgen.

Variante 2: Oberhalb des Kupferrohrs wird ein Induktionsspulenpaar über das Kunststoffrohr geschoben. Es dient in Verbindung mit einem DSO zur Geschwindigkeitsmessung (vgl. Versuch 10b).



10.09.2011 Einweihung des Anbaus der Wilhelm-von-Oranien-Schule Dillenburg

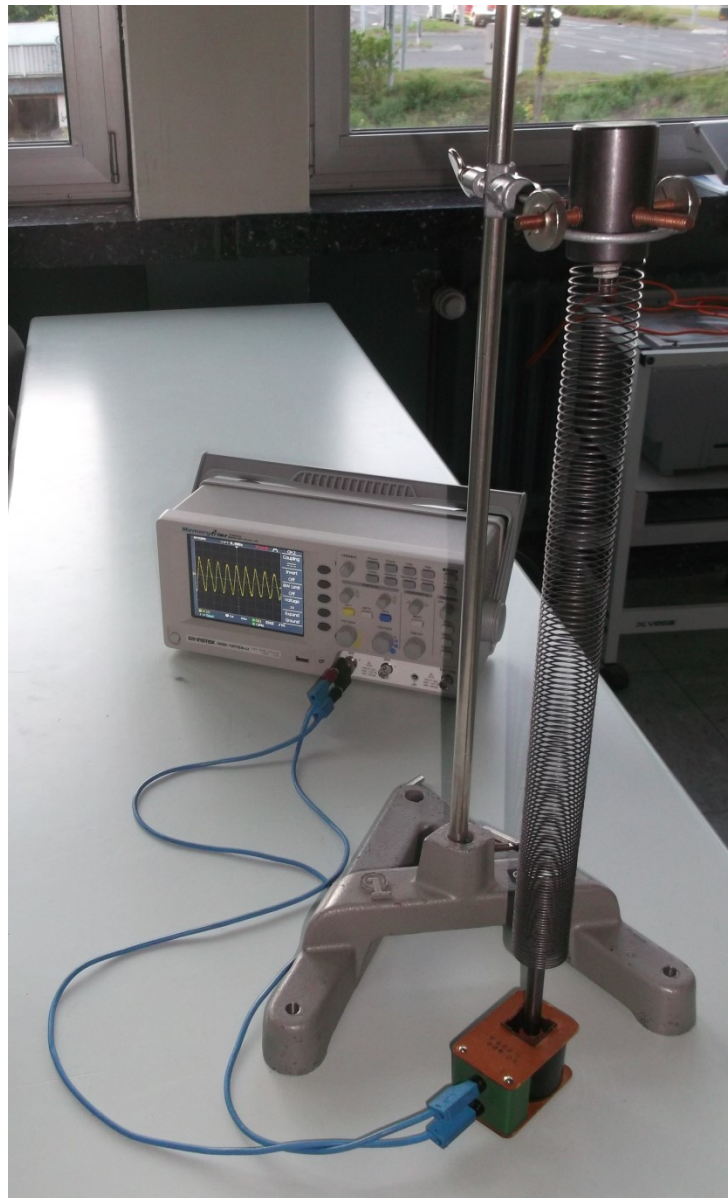
Experiment 13 *Das Federpendel*

Benötigte Teile

- DSO
- Federpendel mit schwingender Masse aus Eisen
- Neodym-Magnet (zylinderförmig, axial polarisiert)
- Große Spule (für Experimentiertrafo; z.B. 20.000 Windungen)
- BNC-Adapter mit Polklemmen
- 2 Laborkabel

Versuch:

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Befestige den Magnet an der schwingenden Masse. Der Magnet „taucht in die Spule ein“.
- Verbinde die Spule dem Eingang CH1 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der Save/Recall-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann Default Setup drücken.
- Zeitachse: Vorläufig 1s/div einstellen
- CH2 (durch zweimaliges Drücken der blauen Taste) ausschalten
- CH1: 1V/div
- Pendel auslenken und frei schwingen lassen
- Skalierung der Achsen variieren
- Ist die angezeigte Schwingung annähernd sinusförmig?



Experiment 14 *Untersuchung von Lärmquellen*

Benötigte Teile

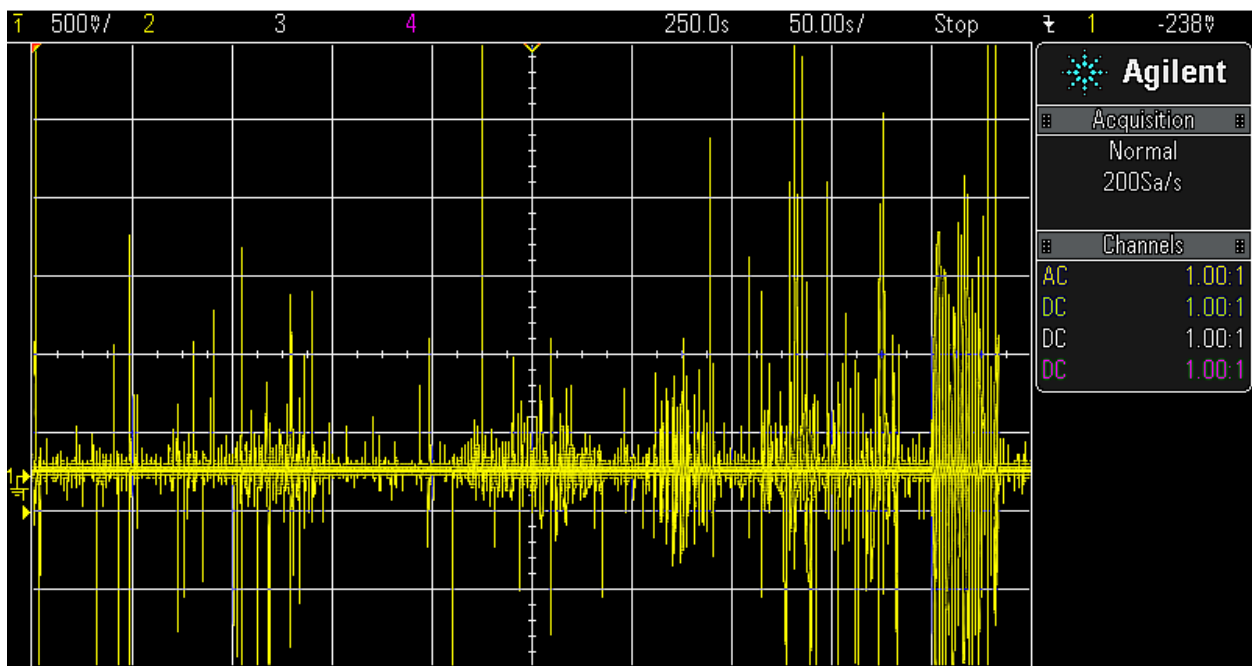
- DSO
- Kalibrierter Schallpegelmesser
- Tongenerator, Lautsprecher
- Grenzflächenmikrofon
- Cinch/BNC-Stecker

Bemerkung: Sondenmikrofone mit eingebautem Verstärker sind ungeeignet, weil sie durch laute Schallereignisse übersteuert werden. Ein Elektret-Kondensatormikrofon, das „normalerweise“ eine Spannung im unteren Millivoltbereich abgibt, erzeugt in einer Silvesternacht Spitzenspannungen von mehreren Volt (!) (die von einem einfachen Schallpegelmesser leicht unterschlagen werden).

Versuch:

Fertige Oszillogramme unterschiedlicher Lärmquellen an und speichere sie auf USB-Stick ab.

Beispiele für Lärmquellen: Lautes Reden, Klatschen, Geschirr aneinander schlagen, Spielzeugpistole, Silvesterböller



Das Oszillogramm ist in der Silvesternacht 2017/18 entstanden. Dauer der Aufzeichnung: 500s.

Skalierung: 0,5V/div.

Man erkennt an vier Stellen eine Übersteuerung. Der Mikrofonpegel lag dann jeweils über 2,5 V(!).

(Ein während der Aufzeichnung mitlaufender Schallpegelmesser zeigte nur 119,5dB als Maximalwert an.)

Zusatzaufgabe:

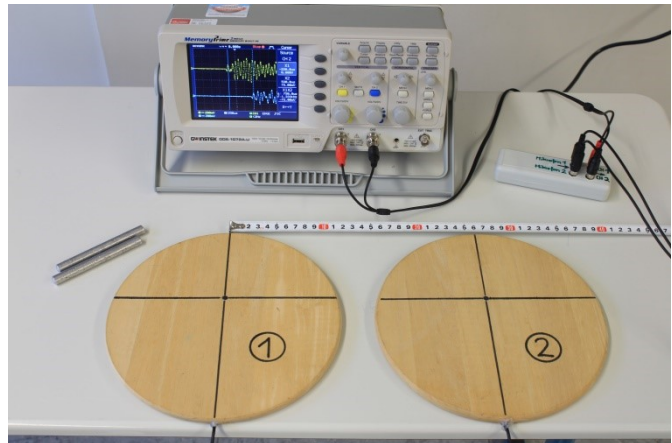
Finde mit Hilfe von Tongenerator, Lautsprecher und Schallpegelmesser heraus, wo im Oszillogramm die 120dB-Grenze liegt. Auf diese Weise lässt sich ermitteln, ob der Schallpegelmesser Spitzenwerte richtig erfasst.

Info: Ein Lautstärkesprung um 6dB nach oben bedeutet eine Verdoppelung des Spannungspegels.

Experiment 15 *Wie weit kommt ein Geräusch in einer Sekunde?*

Benötigte Teile

- DSO
- 2 Cinch/BNC-Stecker
- 2 Grenzflächenmikrofone mit Batterieanschlussbox
- Längenmaßstab
- USB-Stick
- Zusätzlich für Versuch 2 : Impulsgeber mit (Bändchen-) Lautsprecher



Versuch 1

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift *RECALL* angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: $250\mu\text{s}/\text{div}$ einstellen
- CH1 und CH2 jeweils $200\text{mV}/\text{div}$ einstellen
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmstaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel (für CH1) auf ca. 50mV eingestellt.
- Drücke „*SINGLE(SHOT)*“
- Erzeuge links von Mikrophon 1 in Höhe der Tischplatte einen scharfen Schallimpuls. (Z.B. durch Aneinanderschlagen zweier Metallstäbe. Oder indem mit einem Lineal auf die Handfläche geschlagen wird.)
- Wenn nichts passiert, verringere den Triggerpegel und wiederhole den Vorgang.
- Ermittle mit Hilfe der zwei *Cursor* die Zeitspanne Δt . (Taste *Cursor* drücken / *X1* drücken / mit Drehknopf *VARIABLE* linkes Maximum markieren / *X2* drücken / mit Drehknopf *VARIABLE* rechtes Maximum markieren / Wert „ Δ “ ablesen) In der Abbildung sind es $750,0\mu\text{s}$, also $0,00075\text{s}$.



$$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Miss den Abstand Δs der Mikrofonkapseln. (Sie befinden sich in den Schnittpunkten.) In der Abbildung sind es $0,26\text{m}$.

$$\Delta s = \underline{\hspace{2cm}}$$

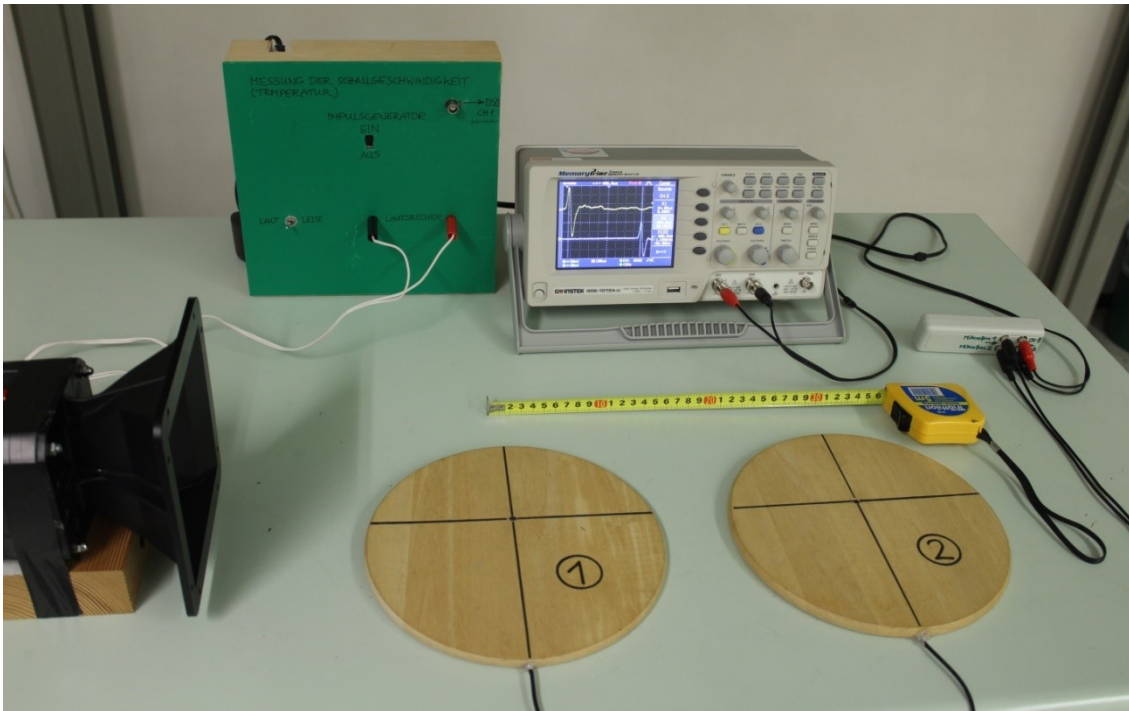
- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

Aufgabe 1

Berechne mit Hilfe eines Taschenrechners die Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ des Schallimpulses in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
Beantworte dann die Frage: Wie weit kommt der Schall in einer Sekunde?

Versuch 2

Gleicher Aufbau wie Versuch 1. Als präzise Impulsschallquelle dient jetzt ein Impulsgenerator mit Lautsprecher.



Aufgabe 2

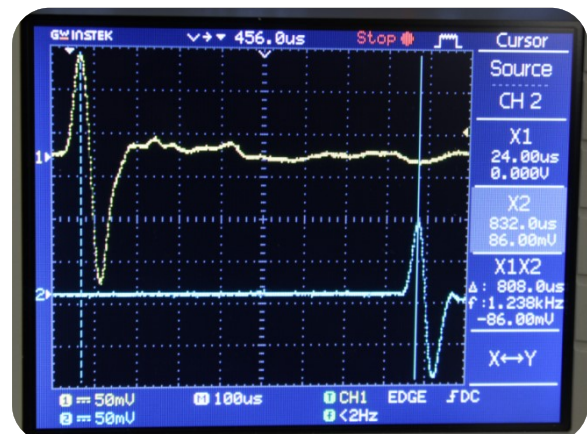
- Berechne mit Hilfe eines Taschenrechners die Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ des Schallimpulses in $\frac{m}{s}$.
- Verwende das Ergebnis aus a), um die Raumtemperatur mit Hilfe der Formel

$$T = (v - 331,5) : 0,6$$

T : Temperatur in $^{\circ}\text{C}$

v : Geschwindigkeit in m/s

zu berechnen.



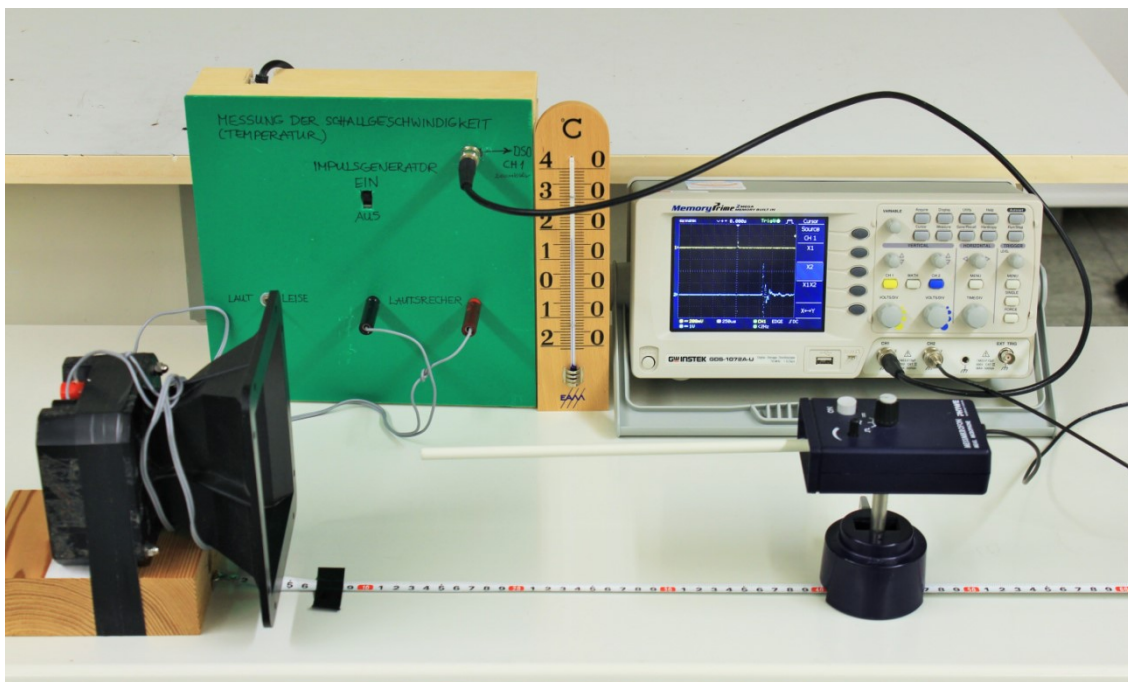
Experiment 16 *Temperaturmessung mit Schall*

Benötigte Teile

- DSO
- Impulsgenerator mit Lautsprecher
- 1 BNC-Verbindungskabel
- 1 Sonden-Messmikrofon
- Längenmaßstab
- USB-Stick

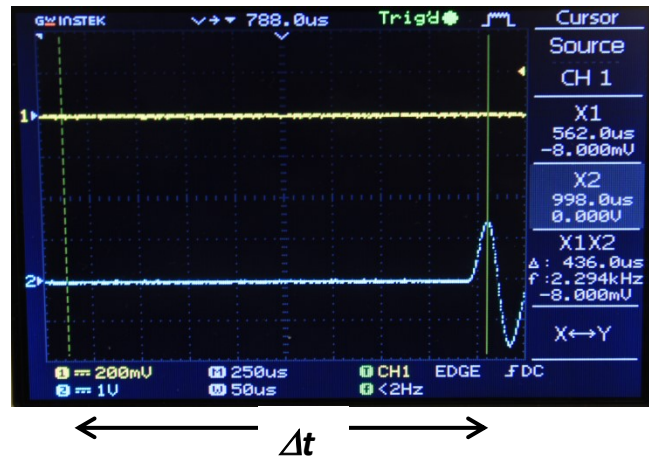
Versuch

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Der Längenmaßstab wird mit Klebestreifen auf der Tischplatte befestigt



- Schalte den Impulsgenerator ein. Es müssen regelmäßig wiederkehrende Knackgeräusche zu hören sein
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift *RECALL* angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: $50\mu\text{s}/\text{div}$ einstellen
- CH1 und CH2 jeweils $200\text{mV}/\text{div}$ einstellen
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmstaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel (für CH1) auf ca. 50mV eingestellt.
- Ein Knacksignal mit Impulsspitze wird aufgezeichnet.

- Wenn das nicht geschieht, verringere den Triggerpegel und wiederhole den Vorgang.
- Eine zu kleine oder zu große Impulsspitze kann durch Änderung der Skalierung in CH2 - Ausgangswert war 200mV/div - korrigiert werden.
- Stoppe mit „Run/Stop“ die Aufzeichnung und setze *Cursor 1* auf die Impulsspitze (Taste Cursor drücken / X1 drücken / mit Drehknopf VARIABLE Maximum markieren)
- Starte wieder mit „Run/Stop“ die Aufzeichnung. Verschiebe das Mikrofon millimetergenau um 15cm vom Lautsprecher weg. Die Impulsspitze muss nach rechts wandern.
- Stoppe mit „Run/Stop“ die Aufzeichnung und setze *Cursor 2* auf die Impulsspitze (Taste Cursor drücken / X2 drücken / mit Drehknopf VARIABLE neues Maximum markieren)
- Lies die Zeitverschiebung der Impulsspitze („ Δ “) ab. In der Abbildung sind es $436,0\mu\text{s}$, also $0,000436\text{s}$.



$$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Miss den Abstand Δs der Mikrofonkapseln. (Sie befinden sich in den Schnittpunkten.) In der Abbildung sind es $0,3\text{m}$.

$$\Delta s = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).

Aufgabe

- Berechne mit Hilfe eines Taschenrechners die Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ des Schallimpulses in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Verwende das Ergebnis aus a), um die Raumtemperatur mit Hilfe der Formel

$$T = (v - 331,5) : 0,6$$

T : Temperatur in $^{\circ}\text{C}$

v : Geschwindigkeit in m/s

zu berechnen.

Experiment 17

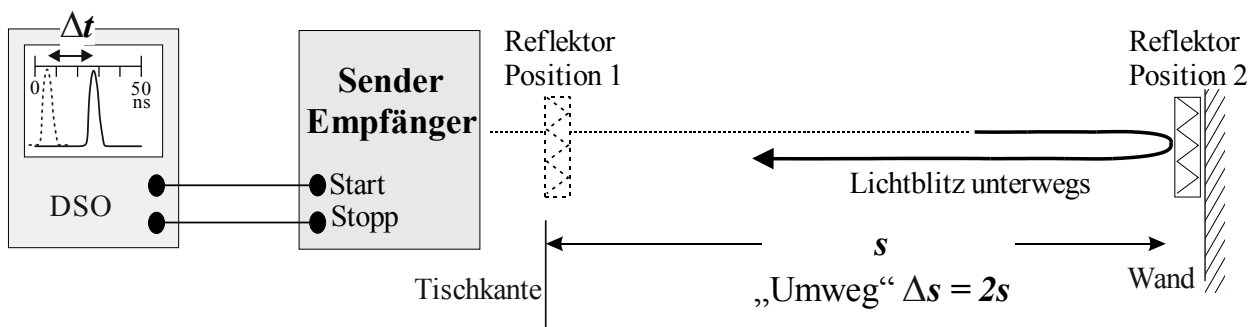
Wie weit kommt das Licht in einer Nanosekunde?

Benötigte Teile

- DSO
- Gerät zur Messung der Laufzeit von Licht (Sender / Empfänger; s. Abbildung rechts)
- 2 BNC-Kabel
- Reflektor
- Tripelreflektor
- Bandmaß 5m
- Wassergefülltes Rohr mit Fenstern an den Rohrenden
- USB-Stick



Versuch 17a

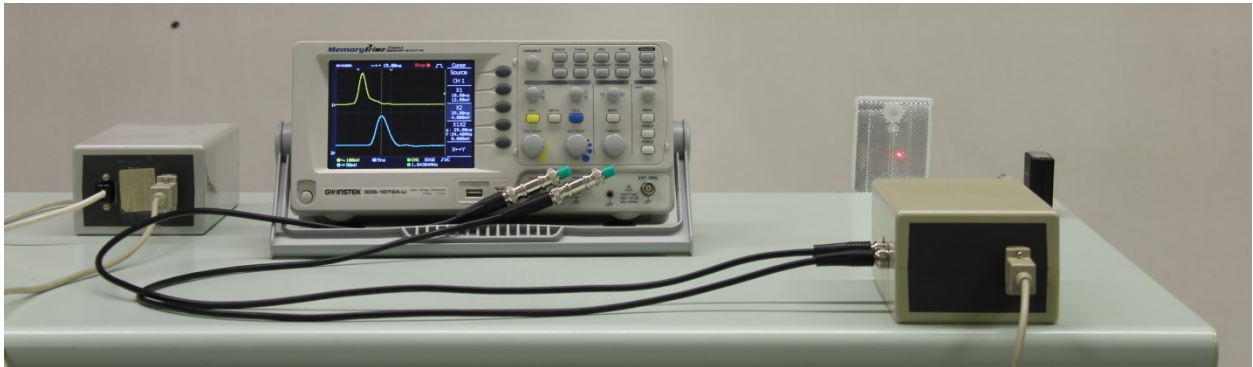


- Verbinde den START-Ausgang des Gerätes mit Channel 1 des DSO und den STOPP-Ausgang des Gerätes mit Channel 2 des DSO. Verwende dafür die beiden BNC-Kabel (s. Abbildung). Verbinde das Gerät mit dem Netzteil und schließe das Netzteil an eine Steckdose an.

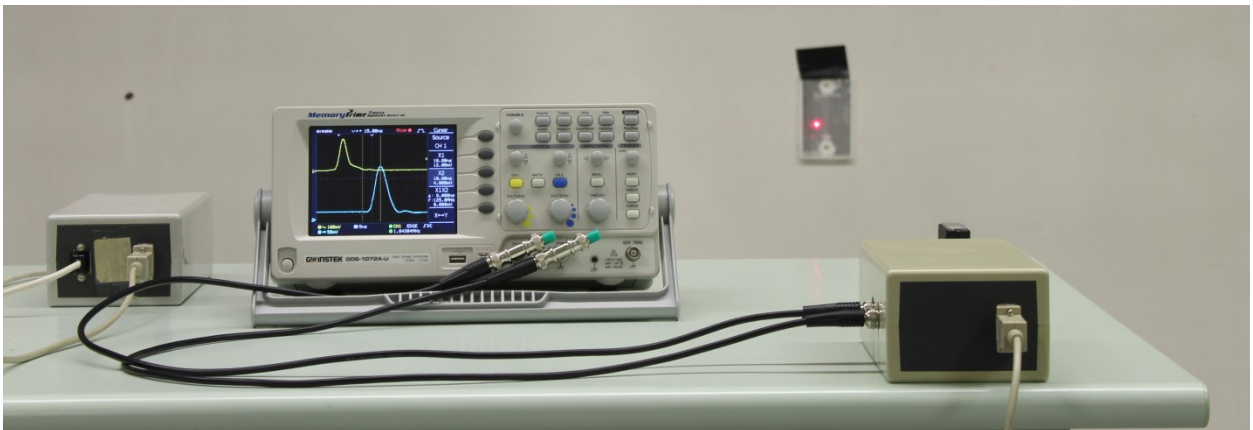
Vorsicht: Nicht in den Laserstrahl blicken!

- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 5ns/div einstellen (**nicht** 5ms/div !).
- CH1 auf 100mV/div einstellen
- CH2 auf 50mV/div einstellen
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmtaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden. (Noch besser: „Average 4“ einstellen.)
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel (für CH1) auf ca. 100mV eingestellt.
- In der Mitte des Displays ist jetzt der Startimpuls zu sehen (CH1; gelb). Mit Hilfe des Drehknopfes „Horizontal“ wird der Peak zum linken Rand hin verschoben.
- Der Laserstrahl wird auf eine Wand gerichtet. Der Sender / Empfänger soll ca. 50cm von der Tischkante entfernt sein.

- In Höhe der Tischkante wird der Reflektor in den Strahlengang gestellt. Jetzt sollte ein Stoppimpuls (Peak) zu sehen sein (CH2; blau); s. Abbildung.



- Der *Cursor 1* wird auf die Spitze des Startimpulses gesetzt. (Taste Cursor drücken / X1 drücken / mit Drehknopf VARIABLE den *Cursor* an die gewünschte Stelle verschieben.) Reflektor aus dem Strahlengang entfernen.
- Dort, wo der Laserstrahl die Wand trifft, wird ein Reflektor mit Klebstreifen angeheftet; s. Abbildung.



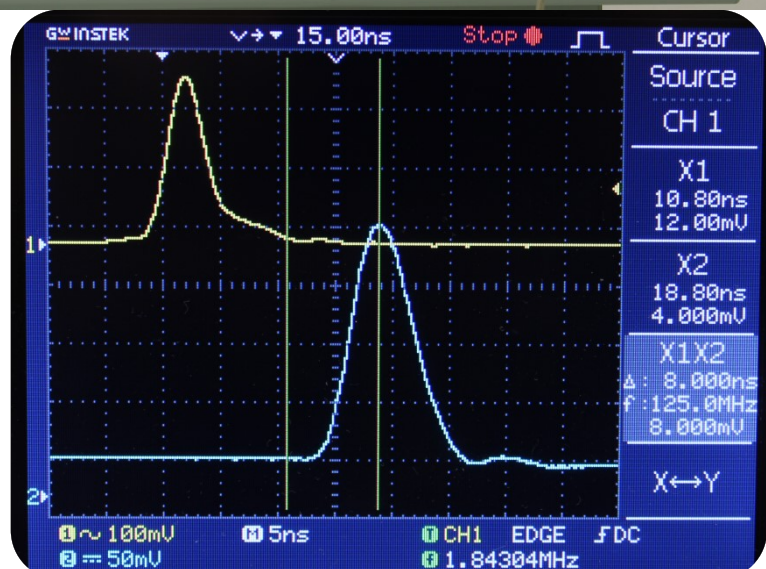
Jetzt sollte ein Stoppimpuls weiter rechts zu sehen sein. Setze *Cursor 2* auf die Spitze. (Taste Cursor drücken / X2 drücken / mit Drehknopf VARIABLE neues Maximum markieren) Lies den Wert „ Δ “ ab. Das ist die Zeitspanne Δt , die das Licht auf dem „Umweg“ unterwegs ist:

$$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ns}$$

- Miss den Abstand s , den die Wand von der Tischkante. $\Delta s = 2s$ ist der „Umweg“, den das Licht zurückgelegt hat.

$$\Delta s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

- Lade einen Screenshot auf einen USB-Stick
- Drucke einen Screenshot aus und hefte den Ausdruck an dieses Blatt (als Dokumentation).



Aufgabe 1

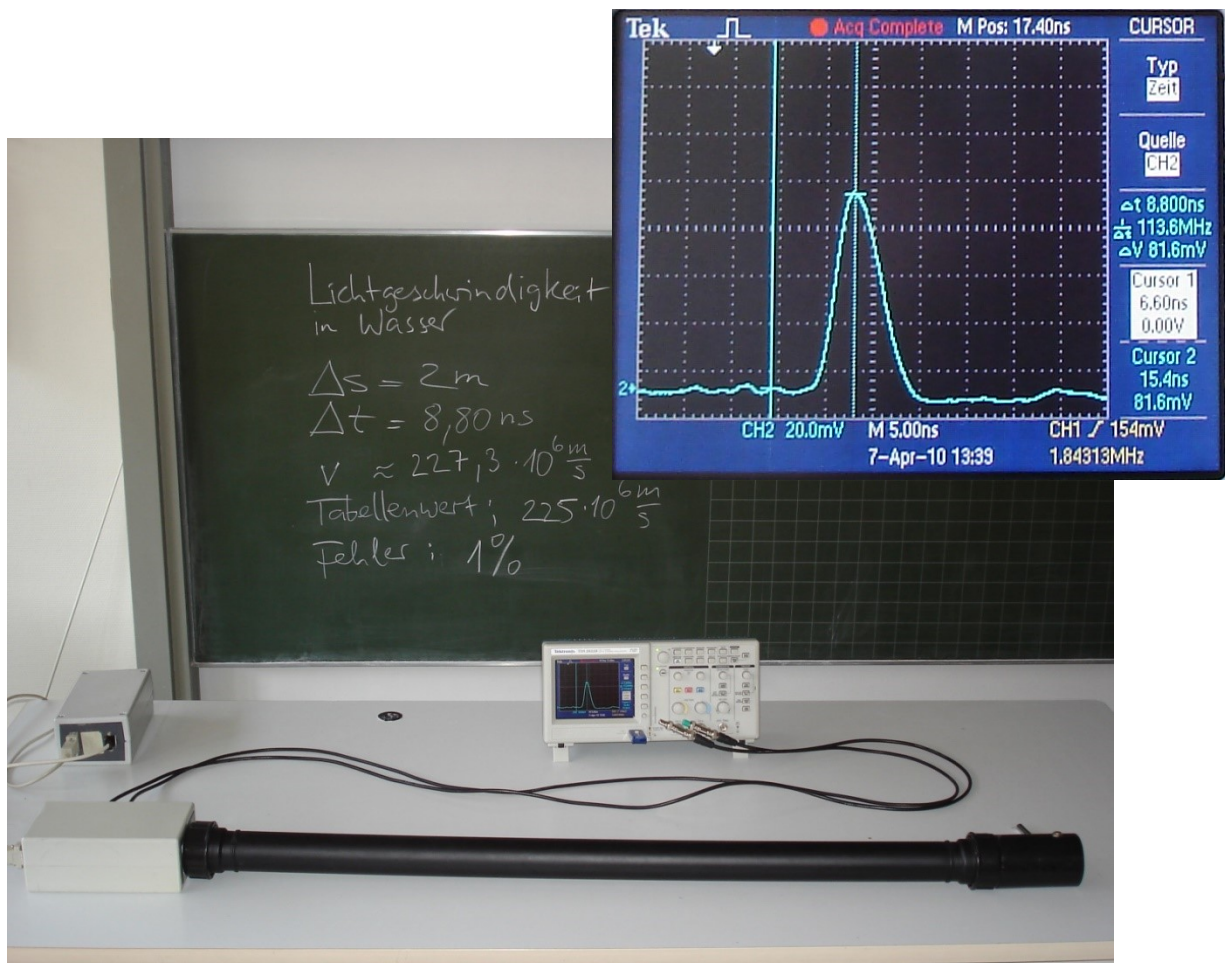
Berechne mit Hilfe eines Taschenrechners die Geschwindigkeit $c = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ des Lichts in $\frac{nm}{s}$.
Beantworte dann die Frage: Wie weit kommt das Licht in einer Nanosekunde?

Aufgabe 2

Überlege, wie man mit Hilfe des Versuchs Entfernungsmessungen durchführen kann.

Versuch 17b

Messung der Lichtgeschwindigkeit in Wasser

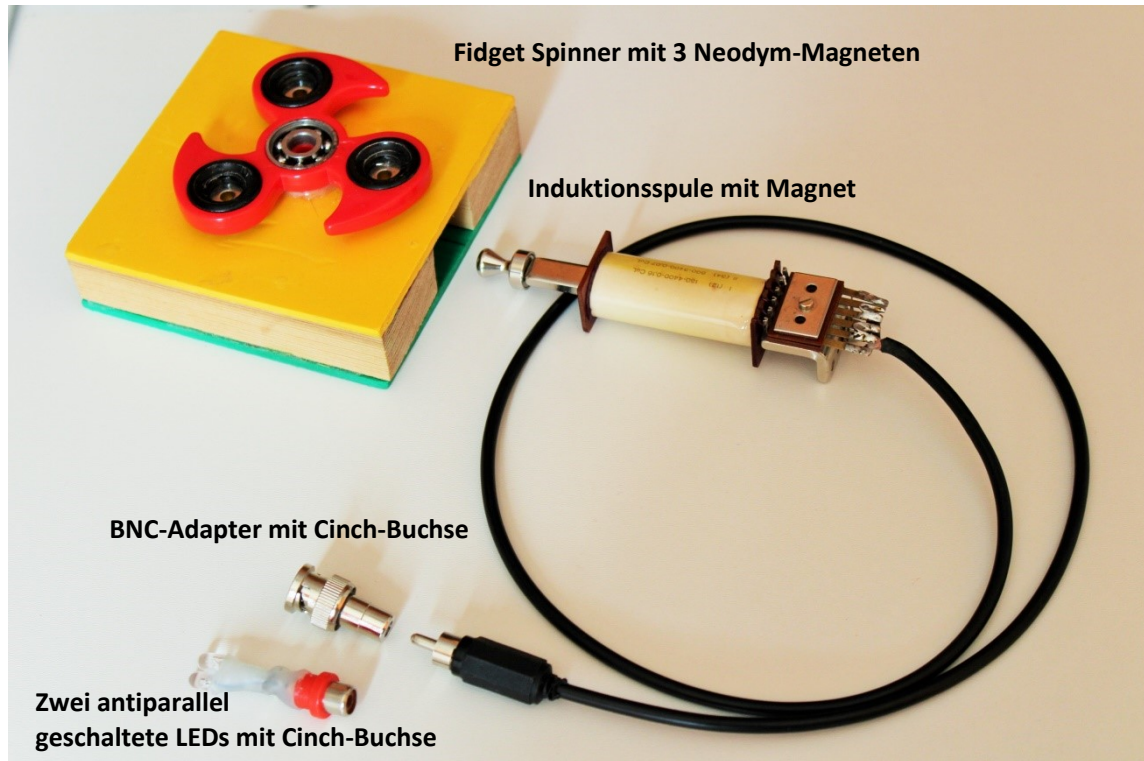


Gemäß Abbildung wird zwischen Gerät und Reflektor ein mit Wasser gefülltes Rohr (mit Fenstern an den Rohrenden) angebracht. Als Reflektor wird hier der Tripelreflektor eingesetzt. Zeitachse: $5ns/div$

Führe (analog zu Versuch 17a) eine Messung durch und berechne aus den Messwerten die Geschwindigkeit des Lichts in Wasser.

Experiment 18 *Ein Fidget-Spinner wird zum Wechselspannungsgenerator*

Verwendete Bausteine



Benötigte Teile

- DSO
- Bausteine gemäß Abbildung

Versuch 1

Verbinde die Induktionsspule mit den antiparallel geschalteten LEDs. Ziehe den Magnet vom Eisenkern ab und setze ihn wieder auf den Eisenkern.

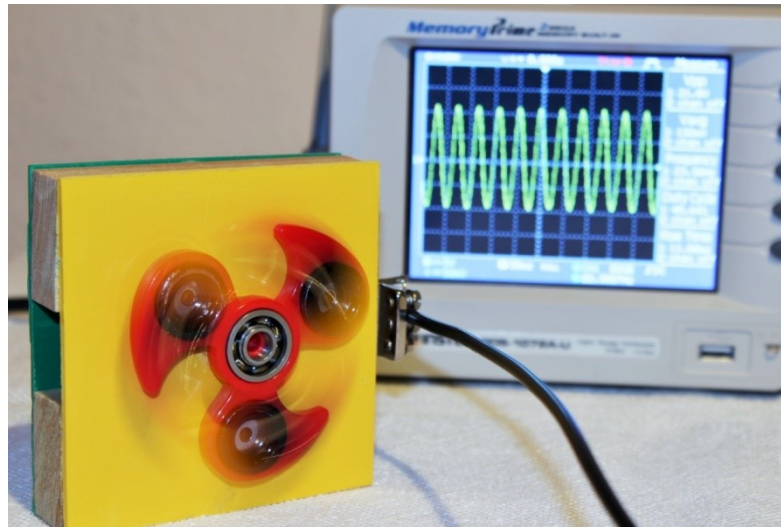
Auffällig: Es blitzt erst die eine, dann die andere LED auf.

Versuch 2

Verbinde die Induktionsspule mit den antiparallel geschalteten LEDs und entferne den Magnet. Schiebe die Induktionsspule in das Gehäuse des Fidget-Spinners. Drehe den Spinner. Die LEDs leuchten.

Versuch 3a

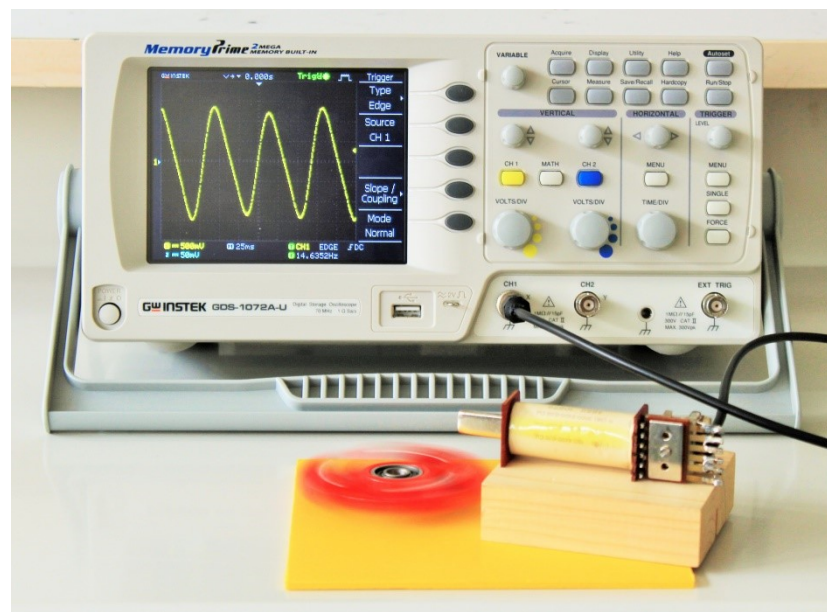
- Bau den Versuch gemäß Abbildung auf: Entferne den Magnet und schiebe die Induktionsspule in das



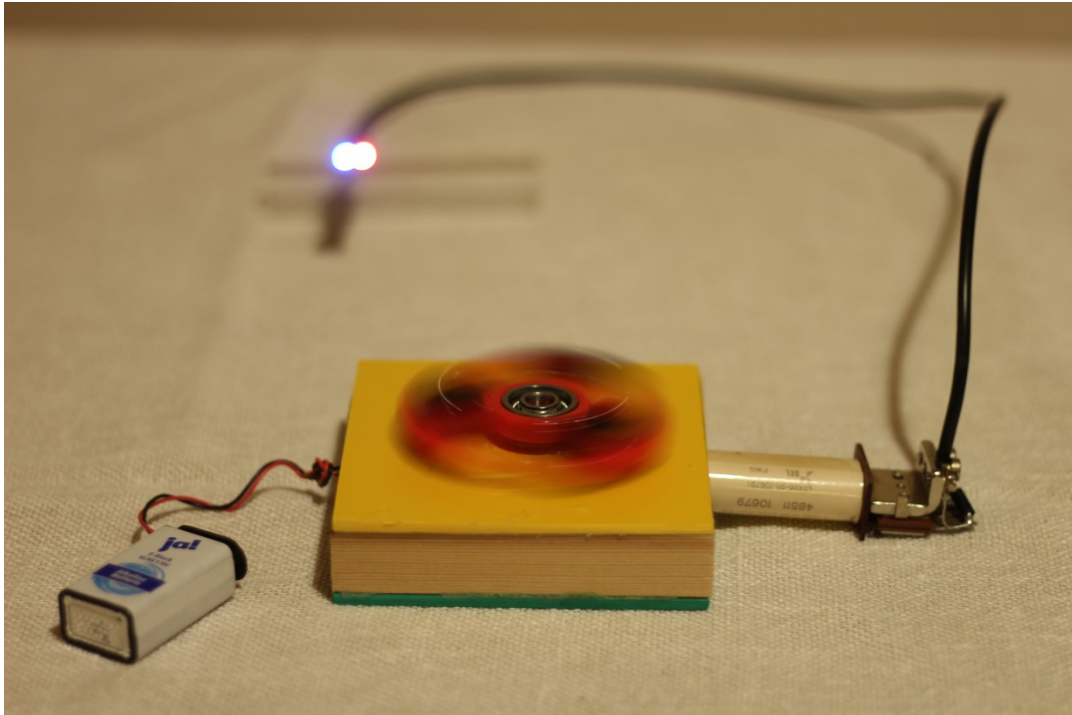
Gehäuse, auf welchem der Fidget Spinner befestigt ist. Schließe die Induktionsspule mit dem BNC-Adapter an den Eingang 1 (CH1) des DSOs an

- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte.
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird.
- Versetze den Spinner in schnelle Rotation und drücke dann die Taste AUTOSSET.
- Stoppe mit der RUN/STOP-Taste die Aufzeichnung und ermittle die Spannung (z.B. ca. $20V_{SS}$).
- Ändere die Skalierung der senkrechten Achse (den Drehknopf VOLTS/DIV von CH1 betätigen). Beobachte.
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf TIME/DIV betätigen). Beobachte.

Versuch 3b

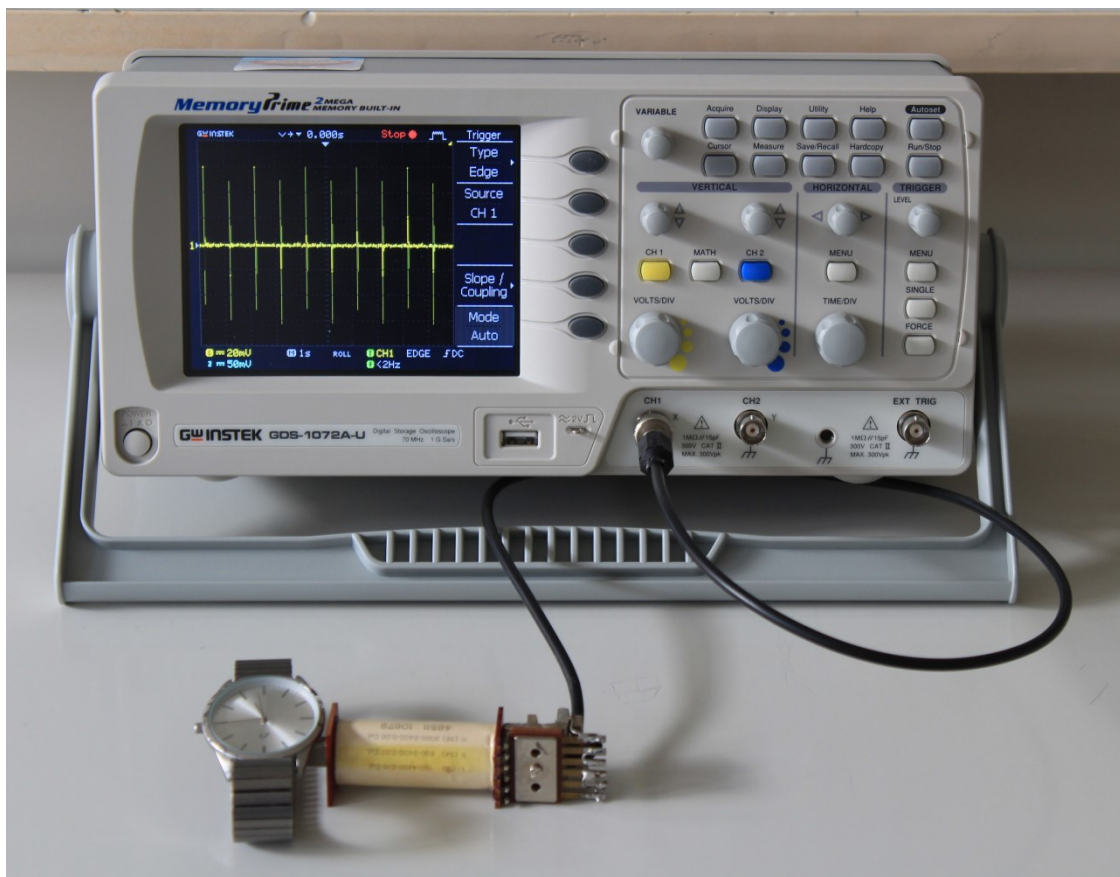


Hier arbeitet der Fidget-Spinner gleichzeitig als Generator und Motor:



Experiment 19 *Der Sekundentakt einer Armbanduhr*

Ein Pendel („Schwingquarz“) im Innern der Uhr dient als Taktgeber. Im Sekundentakt erhält eine winzige Magnetspule jeweils einen Stromimpuls von der Elektronik. (Dadurch springt der Sekundenzeiger weiter.) Das sich ändernde Magnetfeld erzeugt in der einer extern angeordneten Induktionsspule im Sekundentakt Spannungsstöße, welche mit einem DSO erfasst werden können; s. Abbildung.



Einstellungen:

CH 1: 20mV/div
 Zeitachse: 1s/div
 Triggermodus: Auto

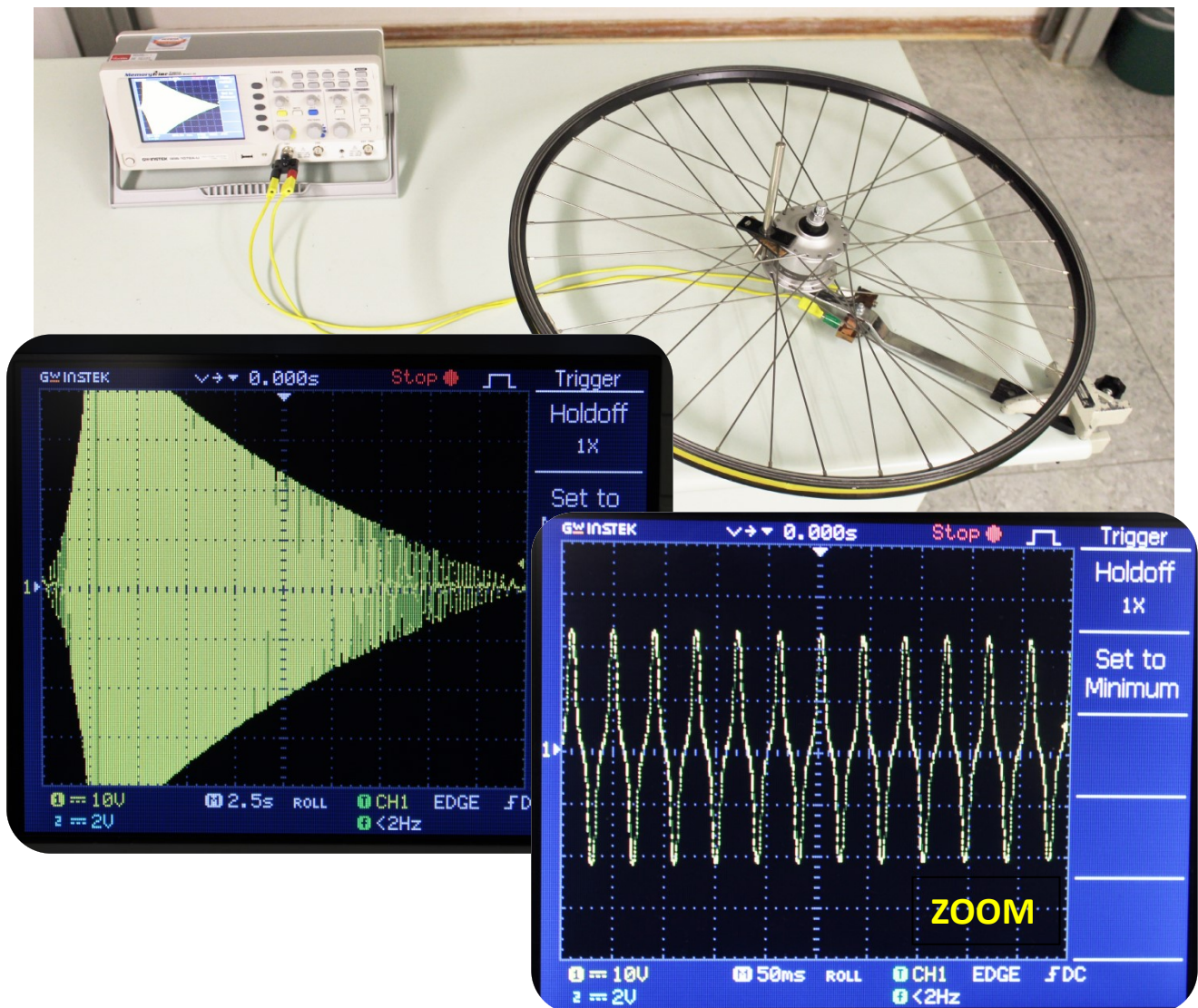
Experiment 20 *Brennt die Fahrradlampe durch, wenn man zu schnell fährt?*

Benötigte Teile

- DSO
- Fahrrad-Nabendynamo mit Rad, Handkurbel und Halterung
- Glühlampe 6V/3W mit Fassung
- 4 Laborkabel
- 1 BNC-Adapter mit Polklemmen

Versuch 1

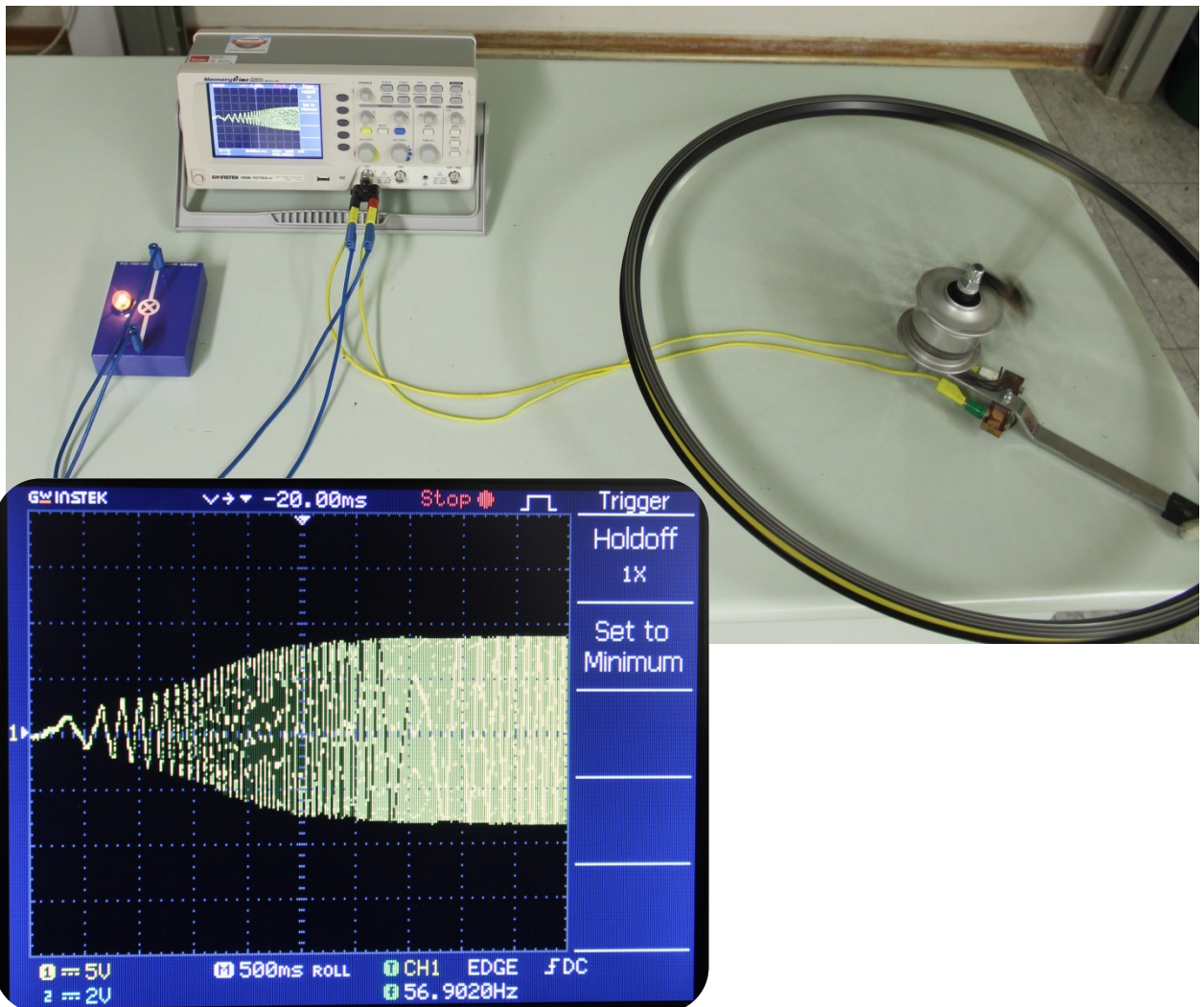
- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde den Dynamo mit dem Eingang CH1 des DSO gemäß Abbildung.



- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der Save/Recall-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann Default Setup drücken. Beide Kanäle sind jetzt eingeschaltet.
- CH2 durch zweimaliges Drücken der blauen Taste ausschalten
- Zeitachse 2,5s/div einstellen
- Gelbe Taste drücken; CH1: 10V/div einstellen
- Falls die Aufzeichnung (Mode Auto) nicht bereits läuft: Aufzeichnung mit RUN/STOP starten
- Rad mit der Hand in schnelle Rotation versetzen und auslaufen lassen
- Aufzeichnung mit RUN/STOP stoppen

Versuch 2

Schließe parallel zum Dynamo die Glühlampe an und führe die in Versuch 1 beschriebenen Schritte durch. Neue Skalierung CH1: 5V/div



Aufgabe

Vergleiche die Ergebnisse der beiden Versuche und beantworte die eingangs gestellte Frage.

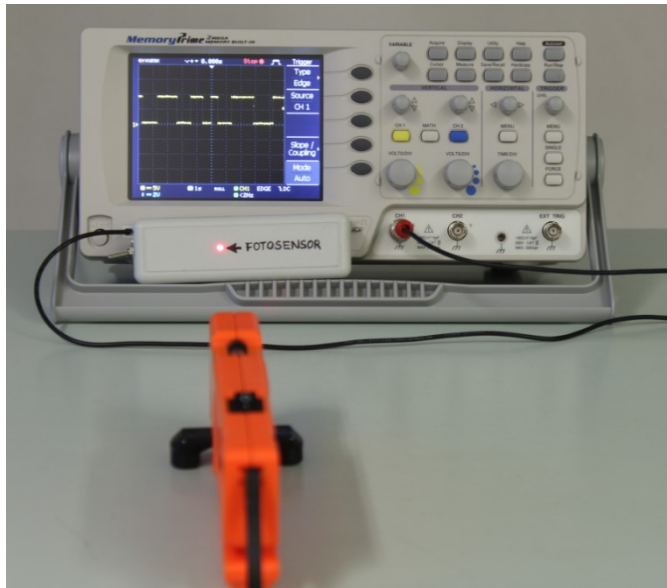
Experiment 21 *Lichtschranke*

Benötigte Teile

- DSO
- Optischer Sensor
- Kleine Laser-Wasserwaage
- Batteriebetriebener Ventilator

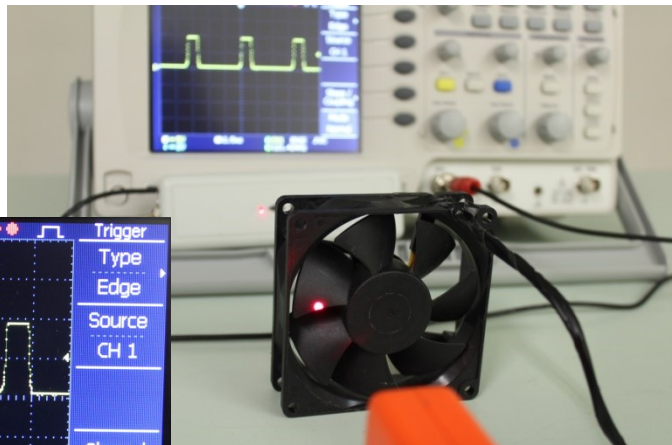
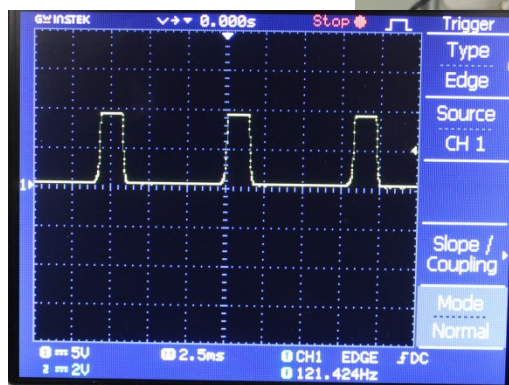
Versuch 1

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde den optischen Sensor mit dem Eingang CH1 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte den Sensor ein
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der Save/Recall-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann Default Setup drücken. Beide Kanäle sind jetzt eingeschaltet. (Kontrolle: Eine gelbe und eine blaue Linie muss sichtbar sein)
- CH2 durch zweimaliges Drücken der blauen Taste ausschalten
- Zeitachse 1s/div einstellen
- Gelbe Taste drücken; CH1 : 5V/div einstellen
- Falls die Aufzeichnung (Mode Auto) nicht bereits läuft: Aufzeichnung mit RUN/STOP starten
- Laser einschalten und auf den Fotosensor richten. (Nicht in den Strahl blicken!)
- Laserstrahl auf den Fotosensor richten
- Strahl mit der Hand mehrmals unterbrechen. Aufzeichnung mit RUN/STOP stoppen



Versuch 2

Der mit einer Batterie betriebene Ventilator wird so aufgestellt, dass er den Strahlengang der Lichtschranke aus Versuch 1 periodisch unterbricht. Neue Zeitachse 2,5ms/div



Aufgabe zu Versuch 2 *

Das Oszillogramm zeigt eine Frequenz von 121,424Hz an. Das bedeutet: Pro Sekunde wird der Laserstrahl ca. 121mal unterbrochen. Der verwendete Ventilator hat 7 Flügel. Berechne daraus die Drehzahl in der Einheit „Umdrehungen pro Minute“.

Experiment 22 *Leuchtturmsignale*

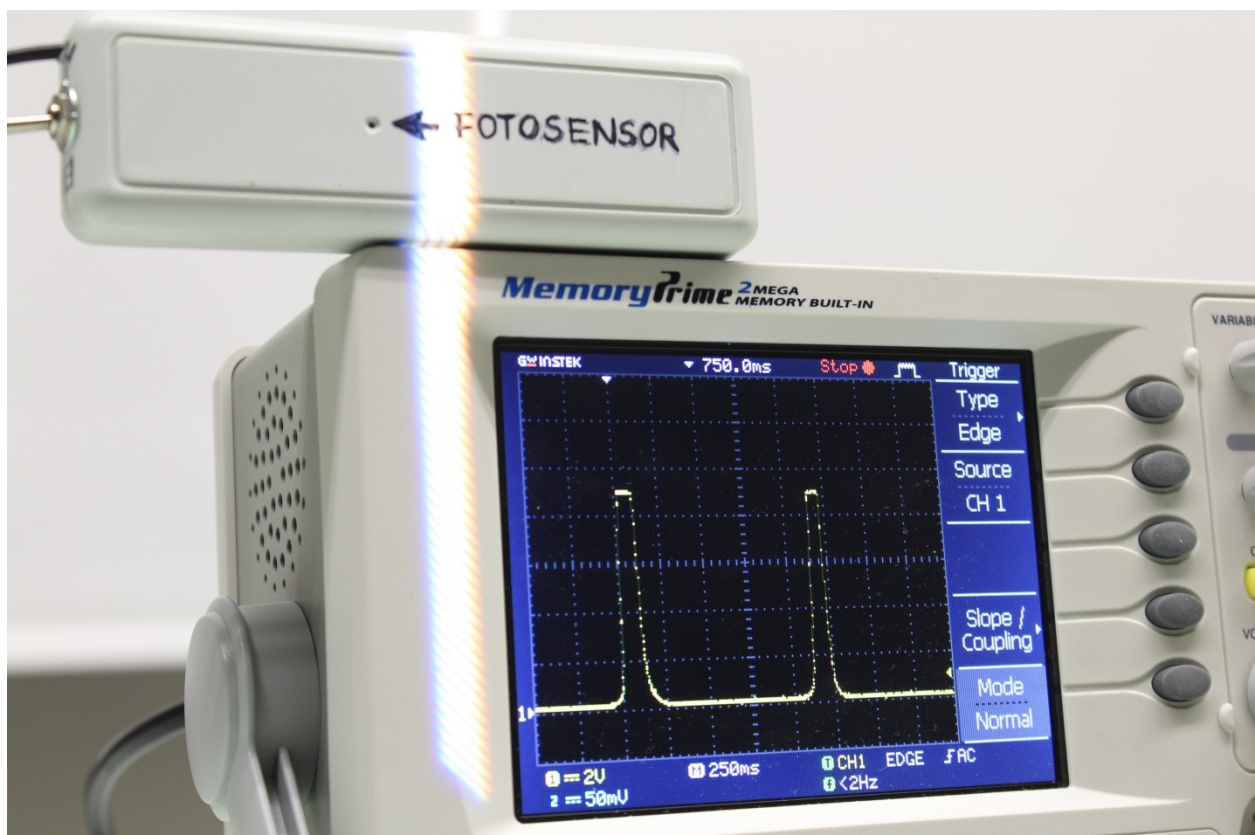
Die Blitzsignale eines Leuchtturms können wie folgt mit einem Overhead-Projektor simuliert werden: Die Glasplatte wird gemäß Abbildung derart mit lichtundurchlässigen Streifen (z.B. aus Pappe, Kunststoff, Blech) belegt, dass schmale Lichtspalte entstehen. Dann dreht man langsam den Projektor auf der Stelle um 360°. Die Schüler/innen im Klassenraum beobachten intensive Lichtblitze.

Mit Fotosensor und DSO kann man die Blitzsignale aufzeichnen.



Einstellungen:

CH 1: 2mV/div
 Zeitachse: 1s/div
 Triggermodus: Auto



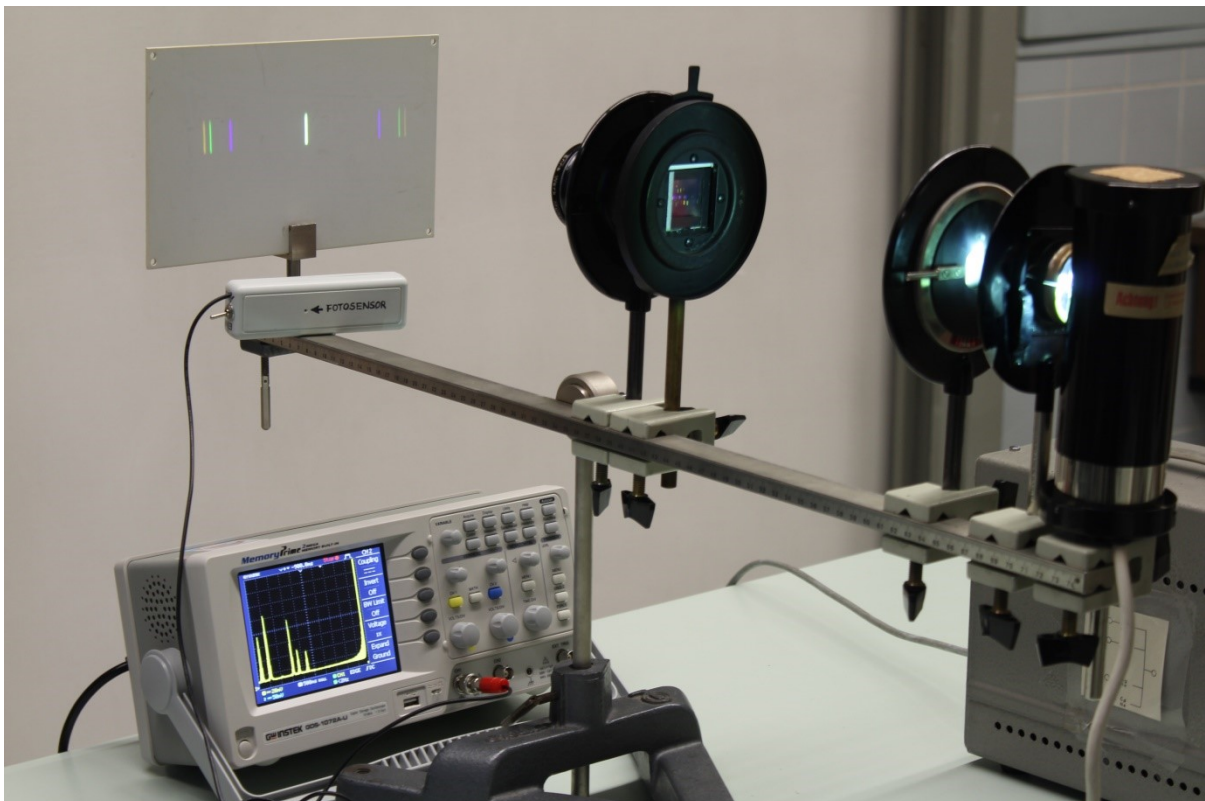
Experiment 23 *Wir zerlegen Licht in seine Spektralfarben* (mit Materialien)

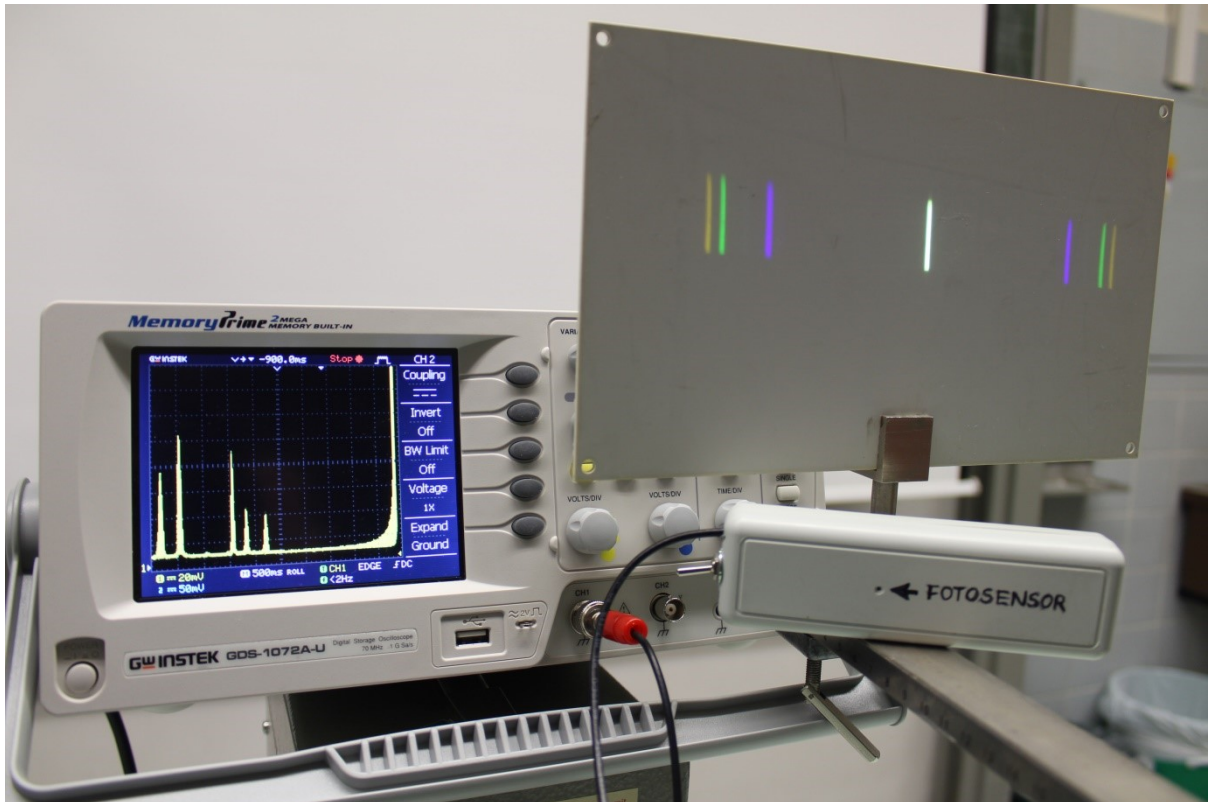
Benötigte Teile

- DSO
- Optischer Sensor
- Fertig montiert auf optischer Bank: Hg-Spektrallampe mit Betriebsgerät / Kondensator / einstellbarer Spalt / optisches Gitter / Objektiv (oder Konvexlinse) / Schirm aus weißem Kunststoff. (Kein Fluoreszenzschirm! Weißes Papier ist ungeeignet.)

Versuch 1

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Verbinde den optischen Sensor mit dem Eingang CH1 des DSO gemäß Abbildung.
- Schalte den Sensor ein
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links)
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der Save/Recall-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann Default Setup drücken. Beide Kanäle sind jetzt eingeschaltet. (Kontrolle: Eine gelbe und eine blaue Linie muss sichtbar sein)
- CH2 durch zweimaliges Drücken der blauen Taste ausschalten
- Zeitachse 500ms/div einstellen
- Gelbe Taste drücken; CH1 : 20mV/div einstellen
- Falls die Aufzeichnung (Mode Auto) nicht bereits läuft: Aufzeichnung mit RUN/STOP starten
- Fotosensor mit konstanter Geschwindigkeit über das Farbspektrum führen und Aufzeichnung mit RUN/STOP stoppen.
- Vorgang (evtl. mit geänderten Skalierungen) so oft wiederholen, bis ein Oszillogramm wie auf der Abbildung entsteht.





Aufgabe

Auf dem Schirm sind links von der weißen Linie nur drei farbige Linien zu erkennen. Das Oszillogramm zeigt aber fünf Linien. Finde eine Erklärung!

[Tipp: Halte vor den Schirm ein weißes Blatt Papier und wundere dich]

Versuch 2

Dazu befindet sich in den „Materialien“ eine Versuchsanleitung „Farbspektren“

Experiment 24

Ein Sonnenbrand unter dem T-Shirt - kann das sein?

*(Durchlässigkeit verschiedener Materialien für UVA-Strahlung
Beispiele: T-Shirt, Lichtschutz Sonnencreme, Plexiglas, Glas, Wasser)*

Benötigte Teile

- DSO
- Selbstbau Stickstoff-Laser
- Hochspannungsnetzteil 10kV
- Schneller lichtempfindlicher Sensor mit Halterung
- UV-transparente Glasscheibe mit Halterung
- BNC-T-Adapter mit 50Ω-Abschlusswiderstand
- Glas, Acrylglas, transparente CD-Hülle, Sonnencreme, Skibrille, weißes T-Shirt (Trocken / nass), Stoff aus unterschiedlichen Materialien, ...

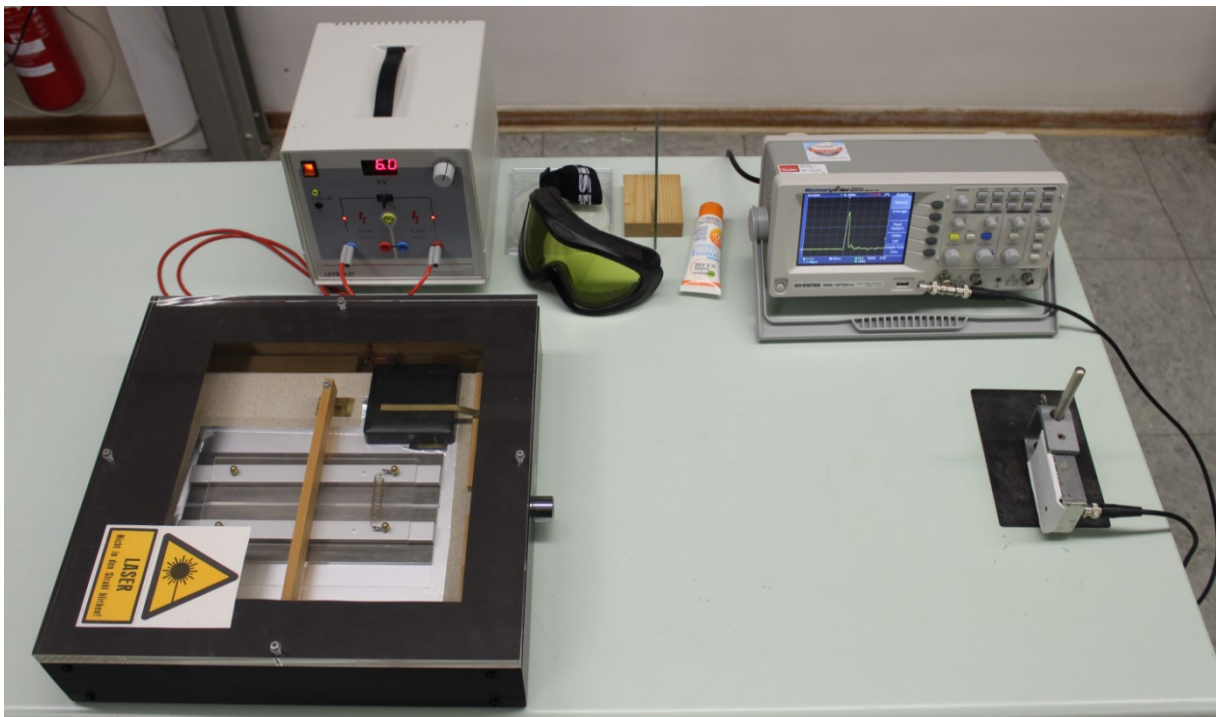
Info

Ein Stickstofflaser erzeugt unsichtbare ultrakurze Lichtimpulse im UV-Bereich (337,1nm) aus. Die Impulsdauer beträgt nur wenige Nanosekunden. Lässt man den Lichtblitz auf ein weißes Blatt Papier fallen, beobachtet man einen blauen Lichtblitz an der Auftreffstelle (Fluoreszenz).

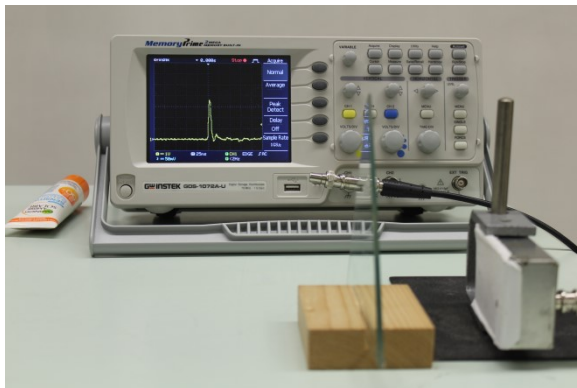
Da der Stickstofflaser Lichtblitze im UVA-Bereich erzeugt, dürfte er gut geeignet sein, um die Wirkung von Sonnenschutzmitteln zu überprüfen.

Versuch (nur unter Aufsicht einer Lehrperson)

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Stelle den Drehknopf nach links bis zum Anschlag.
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte.



- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken
- Zeitachse: 25ns/div einstellen (*ns* - nicht *ms* !)
- CH1: 1V/div einstellen
- CH 2 abschalten, indem die blaue Taste zweimal gedrückt wird
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmstaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel ca.1V eingestellt.
- Schalte das Hochspannungsnetzgerät ein und drehe den Einstellknopf gerade so weit nach rechts, bis der Laser etwa im 5-Sekunden-Takt arbeitet. (Die Spannung beträgt dann etwa 6kV.)
- Der lichtempfindliche Sensor wird so ausgerichtet, dass das Laserlicht in die Öffnung fällt.
- Drücke „RUN / STOP“, um die Aufzeichnung zu starten. Auf dem Display sollte ein Spannungsimpuls zu sehen sein (s. Abbildung).
- Stelle eine Glasplatte oder eine Kunststoffscheibe oder eine mit Sonnenschutzcreme bestrichene Scheibe oder ein trockenes oder nasses Stück eines weißen T-Shirts vor den Sensor. Die Impulshöhe nimmt mehr oder weniger stark ab. *Um wieviel % ist die Höhe des Spannungsimpulses zurückgegangen?
- Wenn nichts passiert ist: Stelle mit den Reglern TRIGGER LEVEL und VOLTS/DIV einen niedrigeren Wert ein.



Warnung: Nicht in den Laserstrahl blicken!

Aufgabe

- Wie würdest du die eingangs gestellte Frage beantworten?
- Wieviel % der Strahlung lässt das Sonnenschutzmittel durch?

Experiment 25

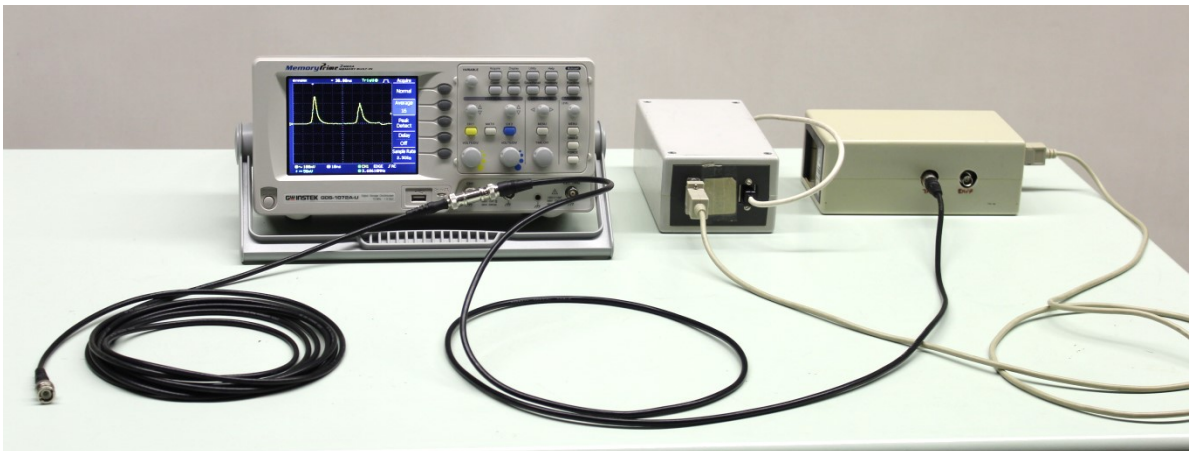
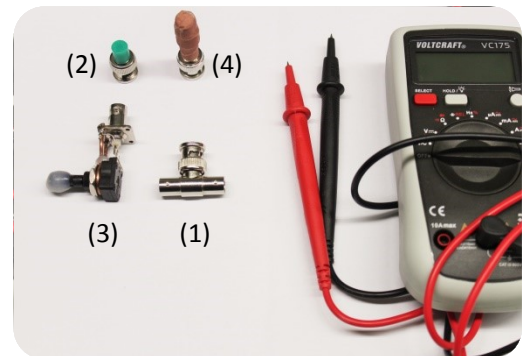
Sabotage

(Oder: Wie breitet sich ein Stromstoß in einer Leitung aus?)

Ein Informatik-Schüler möchte eine zentrale Datenleitung durch Kurzschluss lahm legen. Möglichst so, dass der Fehler schwer zu finden ist: An einer verborgenen Stelle steckt er eine Nadel in die (Koaxial-) Leitung. Der Plan geht nur teilweise auf. Es lässt sich nämlich auch ohne Zugang ziemlich genau feststellen, wo sich der Fehler befindet. Ein Zugang zu der defekten Stelle ist nicht erforderlich. Warum - das erfahrt ihr auf den nächsten Seiten.

Benötigte Teile

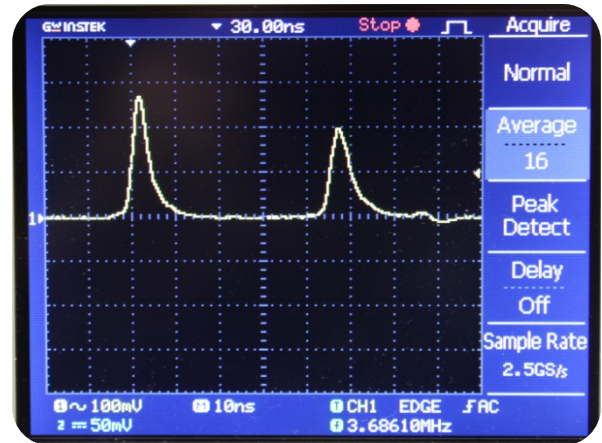
- DSO
- Gerät zur Messung der Laufzeit von Licht (Hier: Verwendung als Impulsgenerator)
- 1 kurzes BNC-Kabel
- 1 langes BNC-Kabel
- 2 T-Stücke (BNC) (1)
- 50 Ω - Abschlusswiderstand (2)
- Variabler Widerstand (3)
- Kurzschlussstecker (4)
- Multimeter (zur Widerstandsmessung)



Versuch 1

- Verbinde den START-Ausgang des Gerätes über ein T-Stück mit Channel 1 des DSO. Verwende dafür das kurze BNC-Kabel (s. Abbildung). Schließe das lange Kabel an das T-Stück an. Verbinde das Gerät mit dem Netzteil und schließe das Netzteil an eine Steckdose an.
Vorsicht: Nicht in den Laserstrahl blicken!
- Schalte das DSO ein. (Schalter ganz links) und warte
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL angezeigt werden! Dann *Default Setup* drücken

- Zeitachse: $10\text{ns}/\text{div}$ einstellen (**nicht** $10\text{ms}/\text{div}$!)
- CH1 auf $100\text{mV}/\text{div}$ einstellen
- Knopf „Trigger Menu“ drücken. Durch Drücken der unteren Bildschirmstaste muss von „Mode Auto“ auf „Mode Normal“ umgeschaltet werden. (Noch besser: „Average 4“ einstellen.)
- Mit dem Drehknopf „Trigger Level“ wird der Triggerpegel (für CH1) auf ca. 100mV eingestellt.
- In der Mitte des Displays ist jetzt der Startimpuls zu sehen (CH1; gelb). Mit Hilfe des Drehknopfes „Horizontal“ wird der Peak zum linken Rand hin verschoben. Ein zweiter Impuls wird sichtbar.
- *Cursor 1* wird auf die Spitze des linken Impulses gesetzt. (Taste Cursor drücken / X1 drücken / mit Drehknopf VARIABLE den *Cursor* an die gewünschte Stelle verschieben.) Reflektor aus dem Strahlengang entfernen.
- Setze *Cursor 2* auf die Spitze des zweiten Impulses. (Taste Cursor drücken / X2 drücken / mit Drehknopf VARIABLE neues Maximum markieren) Lies den Wert „ Δ “ ab.



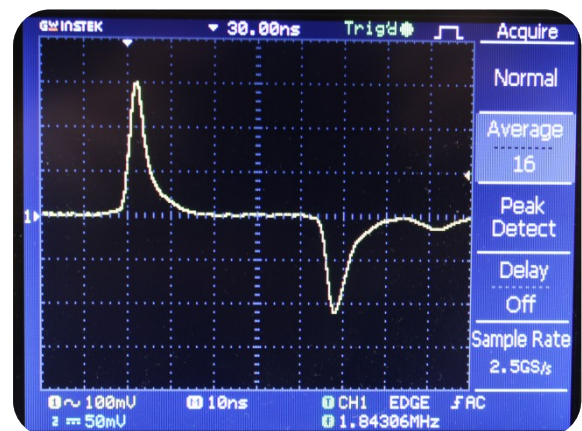
Info: Ein elektrischer Stromimpuls verlässt das Oszilloskop, läuft durch das lange Kabel, wird am „offenen“ Ende reflektiert und läuft zurück zum Oszilloskop. „ Δ “ ist die Zeit, die der Stromimpuls unterwegs ist.

Aufgabe

Miss die Länge des langen Kabels und berechne die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Stromimpuls durch die Leitung bewegt. (Beachte, dass der Stromimpuls die Leitung zweimal durchläuft.) Ist der Stromimpuls so schnell wie das Licht?

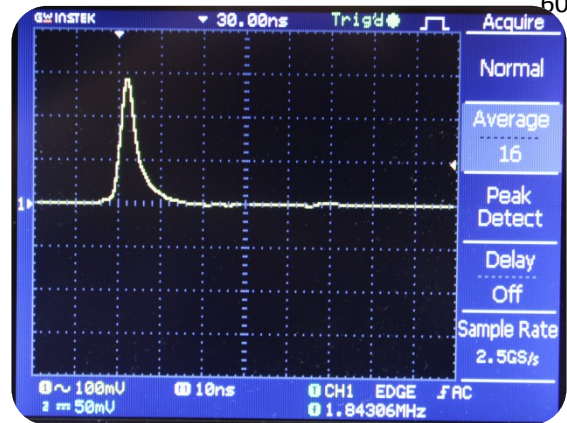
Versuch 2

Schließe das Ende des langen Kabels mit dem Kurzschlussstecker ab. (Dazu benötigst du das zweite T-Stück.) Führe dann die gleichen Schritte wie in Versuch aus. Was fällt auf?



Versuch 3

Schließe das Ende des langen Kabels mit dem $50\ \Omega$ - Abschlusswiderstand ab. (Dazu benötigst du das zweite T-Stück.) Führe dann die gleichen Schritte wie in Versuch aus. Was fällt auf?



Versuch 4

Schließe das Ende des langen Kabels mit dem variablen Widerstand ab. (Dazu benötigst du das zweite T-Stück nicht.) Führe dann die gleichen Schritte wie in Versuch aus.

- Ändere durch Drehen den Wert des variablen Widerstands. Was fällt auf?
- Stelle den variablen Widerstand so ein, dass der rechte Spannungsimpuls auf dem Display minimal wird. Miss mit dem Multimeter den eingestellten Wert. (Er sollte etwa $50\ \Omega$ betragen.)

Aufgabe ***

Ein langes elektrisches Kabel hat einen Kurzschluss. Wie kann man experimentell herausfinden, an welcher Stelle sich der Kurzschluss befindet?

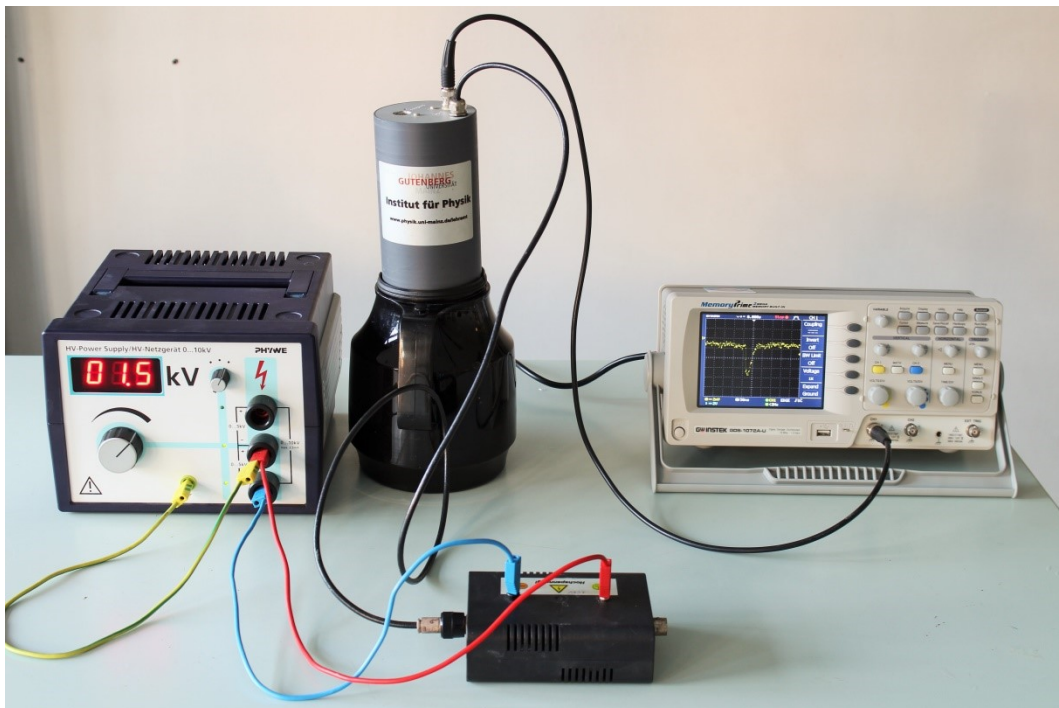
Experiment 26

Myonen aus dem Weltall

Information

Myonen werden z.B. hoch oben in der Erdatmosphäre erzeugt. Ein Myon „lebt“ nur ca. 2,2 Mikrosekunden, dann zerfällt es. Trotzdem rasen viele von ihnen mit annähernd Lichtgeschwindigkeit auf die Erde zu und erreichen die Erdoberfläche, bevor sie zerfallen. Einsteins Relativitätstheorie erklärt, warum das möglich ist. ([17])

Ein Myon, das mit hoher Geschwindigkeit durch Wasser in einer Thermoskanne fliegt, erzeugt einen schwachen Lichtblitz, der von einem elektronischen „Auge“ (Fotomultiplier) erkannt wird und auf dem Display eines angeschlossenen DSOs einen Peak erzeugt. ([17])

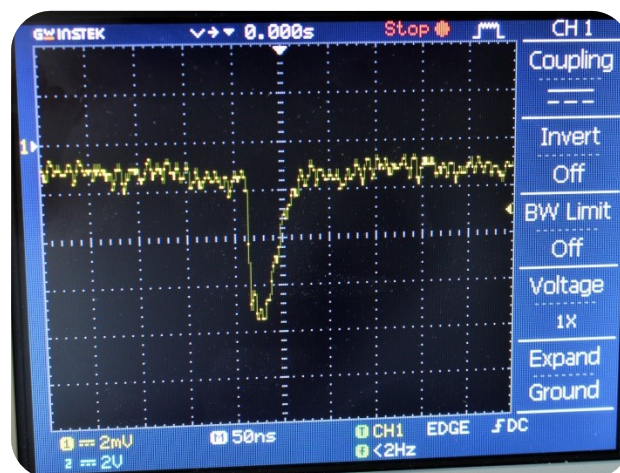


Benötigte Teile

- DSO
- Eine „Kamikanne“ mit Anschlussbox
- Hochspannungsnetzteil, Anschlusskabel
- BNC-Kabel

Versuch

- Baue den Versuch - unter Aufsicht einer Lehrperson - gemäß Abbildung auf. Das Hochspannungsnetzteil ist zunächst ausgeschaltet; der Drehregler befindet sich am linken Anschlag (0V). Der Plusanschluss muss per Kabel mit dem Masseanschluss verbunden werden. Die Anschlussbox wird mit zwei weiteren Kabeln mit dem Hochspannungsnetzteil verbunden (Minus an Minus, Plus an Masse). Nachdem die „Kamiokanne“ mit destilliertem Wasser gefüllt wurde (der Fotomultiplier muss in das Wasser eintauchen), wird die Kanne mit der Anschlussbox verbunden und per BNC-Kabel mit dem DSO (Channel 1) verbunden.
- Schalte die Hochspannungsquelle und das DSO ein. Erhöhe langsam die Spannung am Hochspannungsnetzteil auf 1,5kV.
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL (nicht SAVE!) angezeigt werden. Dann *Default Setup* drücken.
- Drücke die blaue Taste zweimal, damit Channel 2 ausgeschaltet wird.
- CH1 auf 2mV/div einstellen
- Zeitachse: 50ns/div (ns, nicht ms!)
- Drücke die Taste „TRIGGER MENU“. Im angezeigten Menü erscheint MODE AUTO. Drücke die zugehörige Taste, bis MODE NORMAL angezeigt wird. Drücke dann die Bildschirmtaste SLOPE/COUPLING und dann TRIGGER SLOPE, bis dort ein abwärts gerichteter Pfeil erscheint.
- Stelle mit dem Regler TRIGGER LEVEL die Triggerschwelle auf ca. -3mV ein. (Achte auf das Minuszeichen!)
- Drücke die Taste SINGLE.
- Falls nach 30s noch kein Myon registriert ist, Triggerschwelle erhöhen (z.B. auf -2mV)
- Gerät durch Druck auf SINGLE wieder neu in Bereitschaft versetzen.



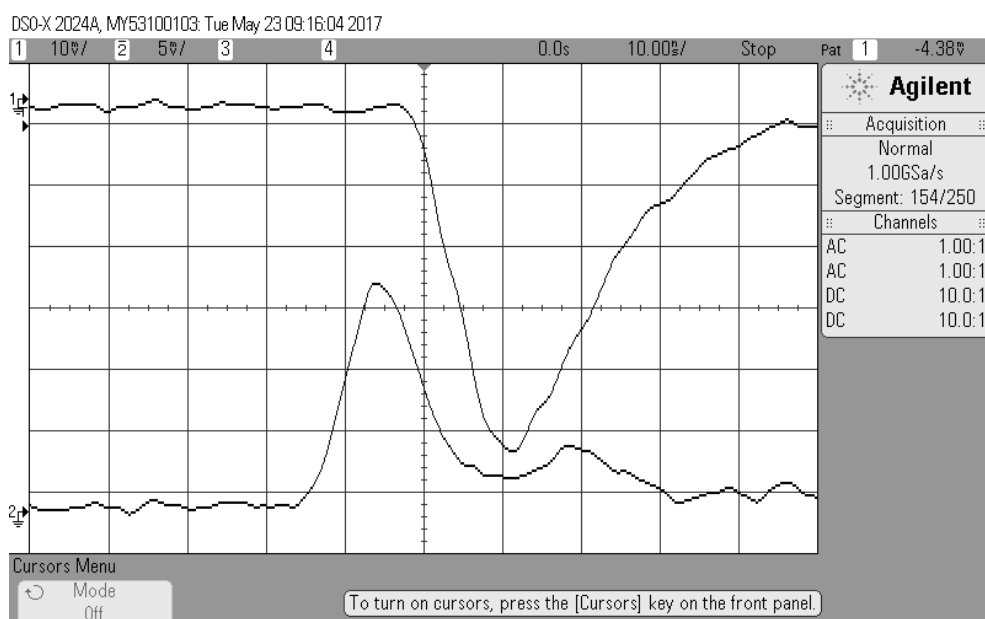
Hier erzeugt ein Myon in zwei „Kamioakanen“ fast zeitgleich ein Lichtsignal, das mit Hilfe von Fotomultipliern registriert wird.

(Einstellungen: Hochspannung 1,4kV DSO: jeder Kanal 5mV/div)



Ein weiteres Oszillogramm:

(CH1: 10mV/div - invertiertes Signal; CH2: 5mV/div; 10ns/div; größerer Abstand der Kannen)

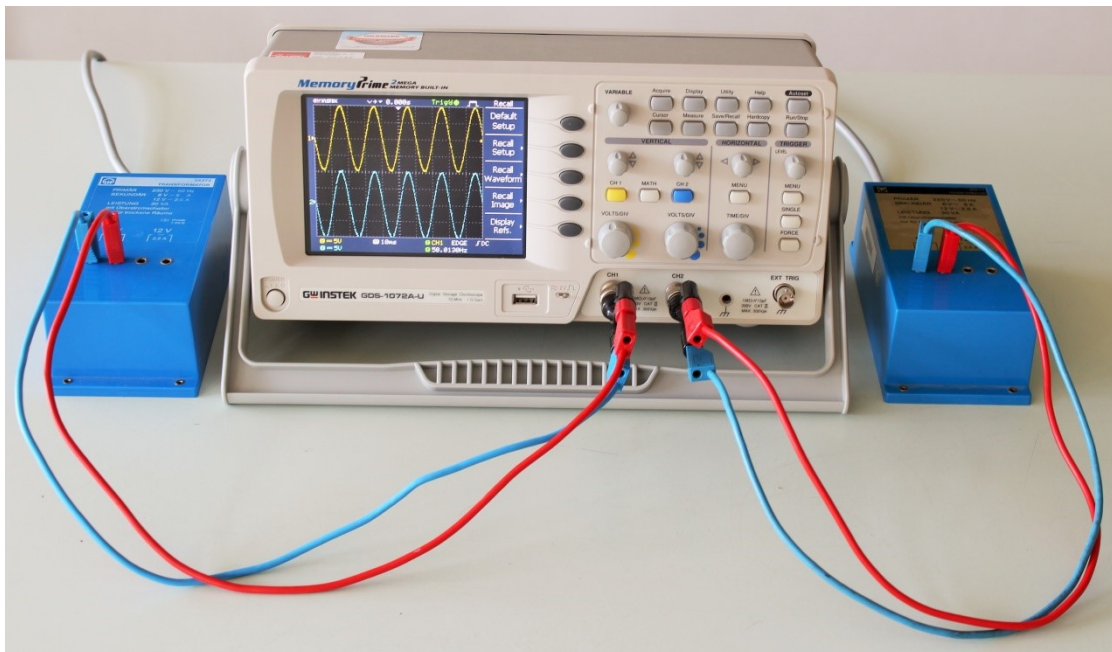


Experiment 27

Das Netzteil: Aus Wechselspannung wird Gleichspannung

Benötigte Teile

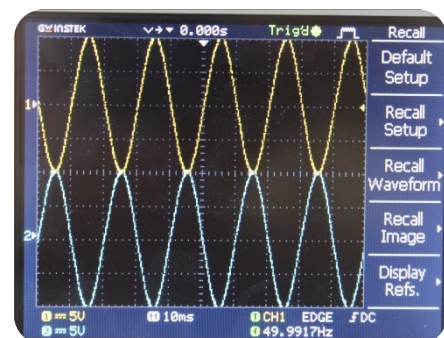
- DSO
- 2 Transformatoren 6V~ (potenzialfrei)
- 4 Laborkabel
- 2 BNC-Adapter mit Polklemmen
- 1 Diode 1N4007 o.ä.
- 1 Brückengleichrichter (z.B. 4x1N4007) mit Anschlusskabeln
- Steckkondensator 0,1 μ F
- Steckwiderstand 10k Ω



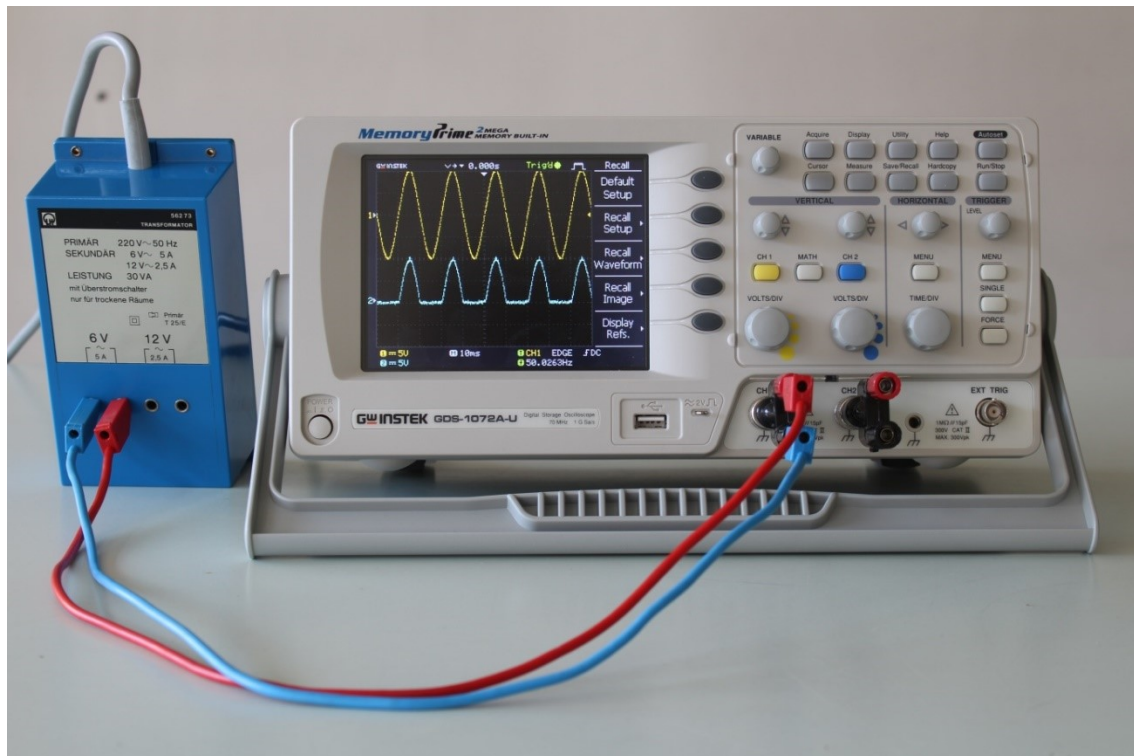
Versuch 1

Wechselspannung

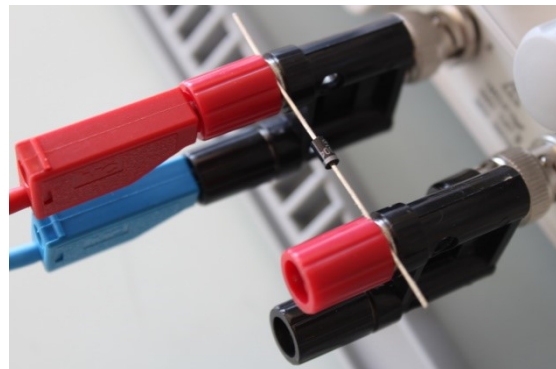
- Bau den Versuch gemäß Abbildung auf.
- Schalte beide Transformatoren und das DSO ein.
- Drücke die Taste AUTOSET.
- Es ist möglich, dass die beiden Spannungen - wie in der Abbildung rechts - „gegenphasig“ sind. Wenn das der Fall ist: Ziehe den Netzstecker *eines* Transformators aus der Steckdose und stecke ihn, um 180° gedreht, wieder ein.
- Drücke die MEASURE-Taste. Lies Spannung und Frequenz ab und notiere.
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf TIME/DIV betätigen). Beobachte.



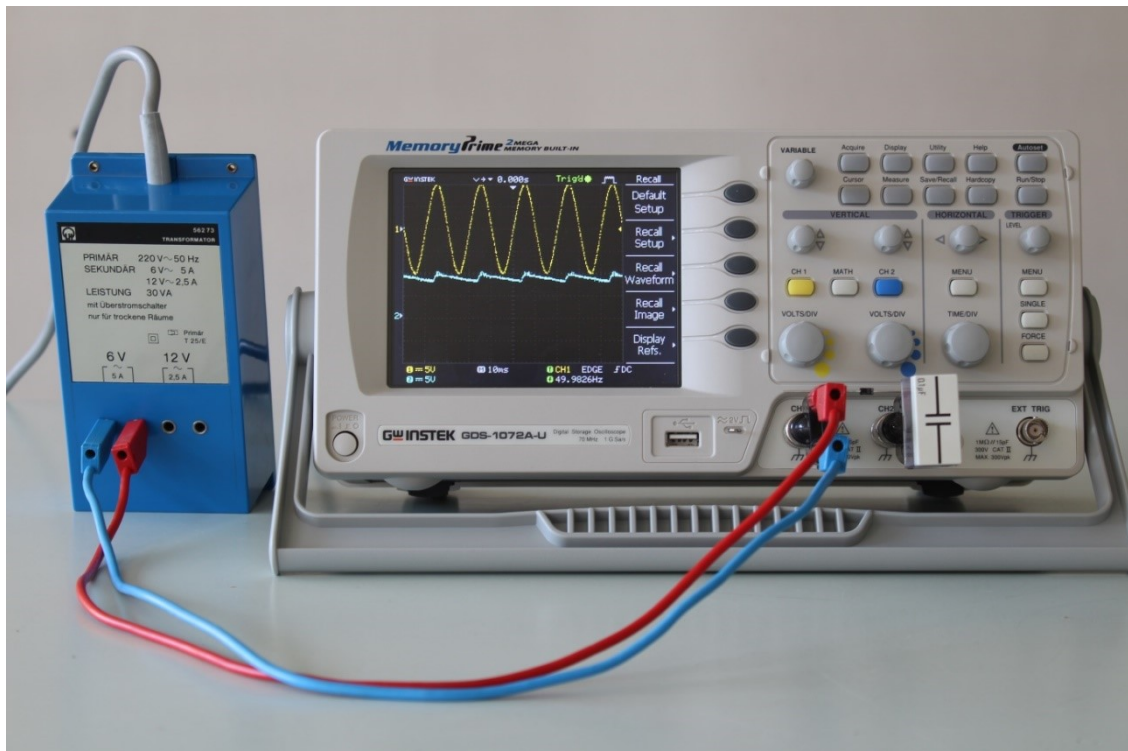
Versuch 2a Aus Wechselfspannung wird pulsierende Gleichspannung



- Bau den Versuch gemäß Abbildung auf. Klemme die Diode gemäß Abbildung an die beiden BNC-Adapter an. Der weiße Balken auf der Diode soll sich rechts befinden.
- Schalte den Transformator und das DSO ein.
- Drücke die Taste AUTOSET.
- Ändere die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf TIME/DIV betätigen). Beobachte.

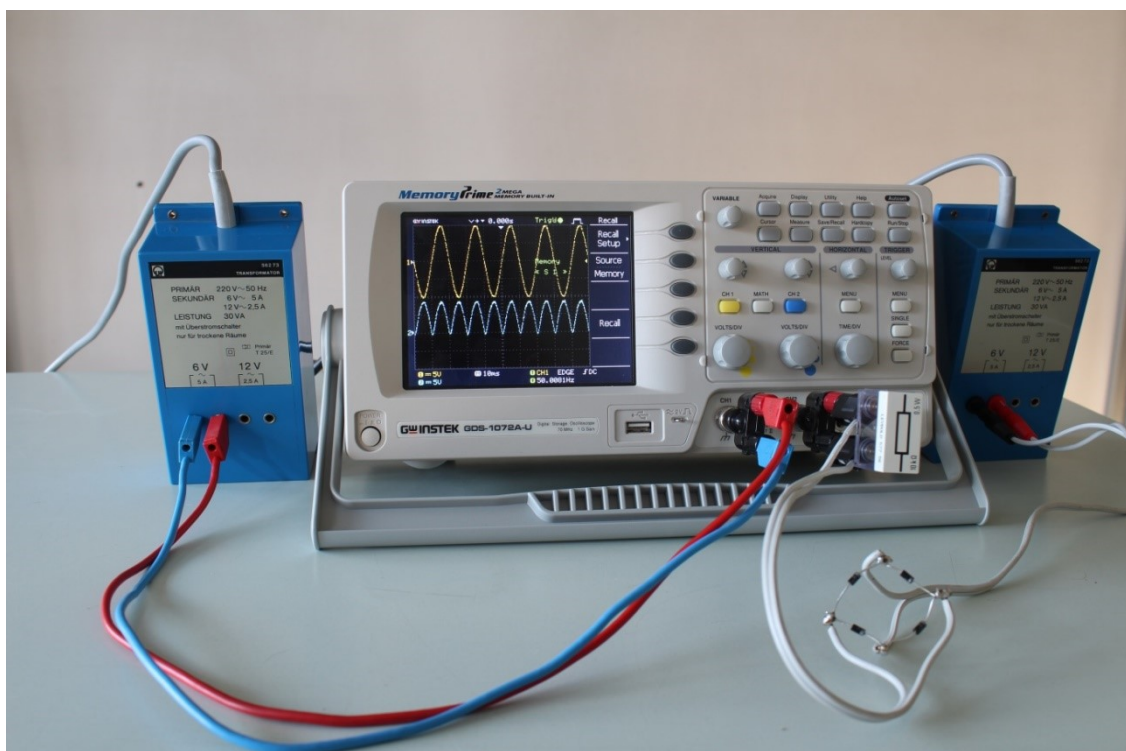


Versuch 2b Die pulsierende Gleichspannung wird geglättet

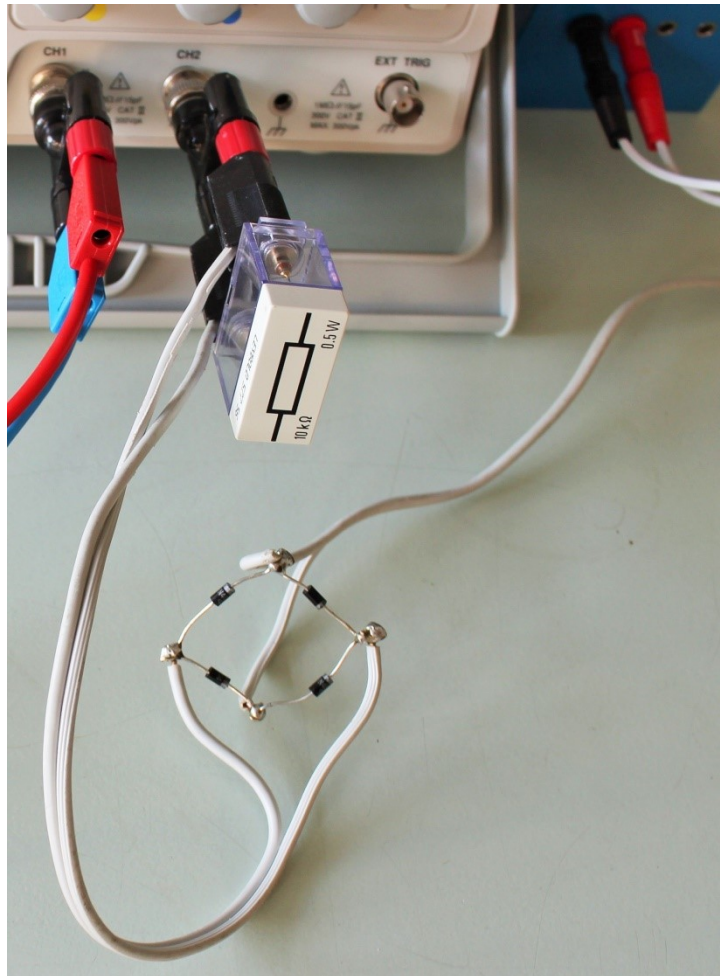


Der Versuch 2a bleibt aufgebaut; das DSO ist eingeschaltet. Auf den rechten BNC-Adapter (Channel 2) wird gemäß Abbildung ein Kondensator $0,1\mu\text{F}$ aufgesteckt. Man sieht sofort, dass die pulsierende Gleichspannung geglättet wird. Die verbleibende „Restwelligkeit“ verschwindet, wenn man einen Kondensator mit höherer Kapazität (z.B. $1\mu\text{F}$) aufsteckt.

Versuch 3 Der Brückengleichrichter



- Bau den Versuch gemäß Abbildung auf. Achte besonders auf den richtigen Anschluss des Brückengleichrichters und des Steckwiderstandes $10k\Omega$.
- Schalte den Transformator und das DSO ein.
- Drücke die Taste AUTOSSET.
- Ändere evtl. die Skalierung der Zeitachse (den Drehknopf TIME/DIV betätigen). Beobachte.
- Ersetze den Steckwiderstand durch einen Steckkondensator $0,1\mu F$. Die Gleichspannung wird jetzt geglättet!



Experiment 28 *Handysignale*

Information

Die Funksignale eines Handys (oder eines Smartphones *in der Betriebsart GSM*, s.[16]) werden in Pulsen (Datenpaketen) im zeitlichen Abstand $4,615\text{ms}$ gesendet. Mit einem DSO können die Pulse nachgewiesen und deren zeitliche Abstände gemessen werden. Mit einer Diode 1N4148 wird die Funkwelle empfangen und in eine pulsierende Gleichspannung umgewandelt. Das Experiment folgt einem Vorschlag von Dengler [16].



Benötigte Teile

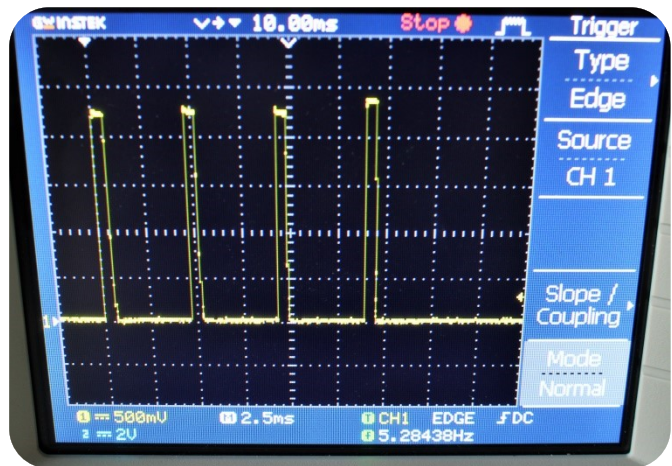
- DSO
- BNC-Adapter mit Polklemmen
- Siliziumdiode 1N4148
- Handy oder Smartphone



Versuch

- Baue den Versuch gemäß Abbildung auf. Die Diode wird mit den Polklemmen des BNC-Adapters angeklemt. Der Balken auf der Diode zeigt zur roten (+)-Klemme.
- Führe einen RESET durch: Recall-Menü aufrufen, indem der *Save/Recall*-Knopf ein- bzw. zweimal gedrückt wird. Auf dem Display muss die Überschrift RECALL (nicht SAVE!) angezeigt werden. Dann *Default Setup* drücken.
- Drücke die blaue Taste zweimal, damit Channel 2 ausgeschaltet wird.
- CH1: 500mV/div
- Zeitachse: $2,5\text{ms/div}$ (*ms*, nicht *ns*!)

- Zeitachse nach unten verschieben, Triggermarke nach links verschieben
- Trigger Menü: MODE NORMAL
- Das ausgeschaltete Handy oder Smartphone (mit der Einstellung GSM-Standard!) wird in der Nähe der Diode platziert.
- Schalte das Handy bzw. Smartphone ein und beobachte.



Aufgabe

Kurz nach dem Einschalten wird das Funksignal immer schwächer. Finde eine Erklärung.

5 *Die Materialien*

Material zu Experiment 6

DIE SPANNUNG AN OHMSCHEM WIDERSTAND, SPULE, KONDENSATOR

Für den Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Ladung gelten folgende Formeln:

Ohmscher Widerstand:	$U = I \cdot R$	oder	$U = -I \cdot R$
Spule:	$U = L \cdot \dot{I}$	oder	$U = -L \cdot \dot{I}$
Kondensator:	$U = \frac{Q}{C}$	oder	$U = -\frac{Q}{C}$

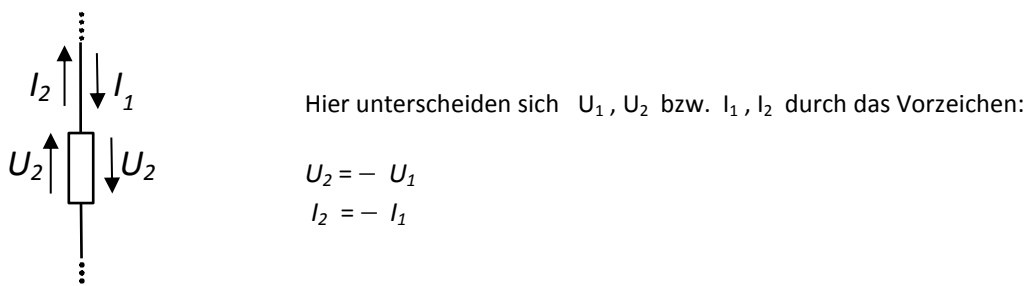
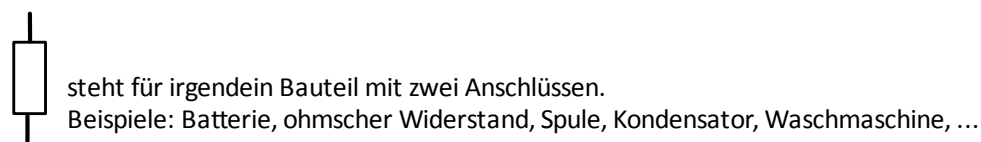
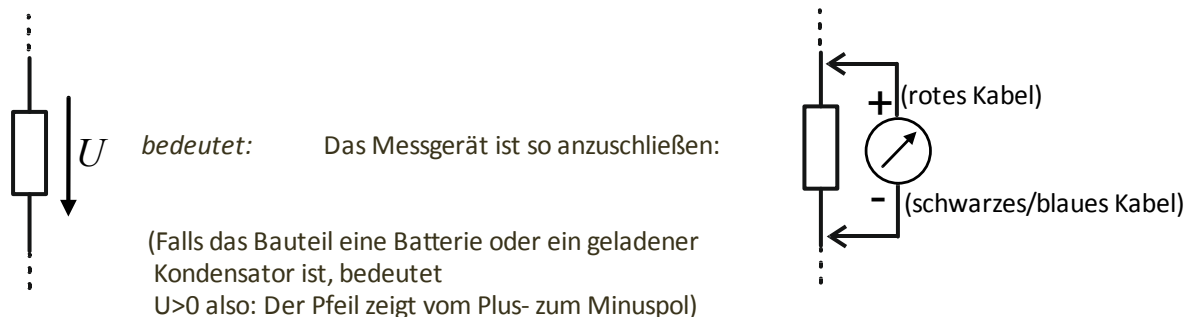
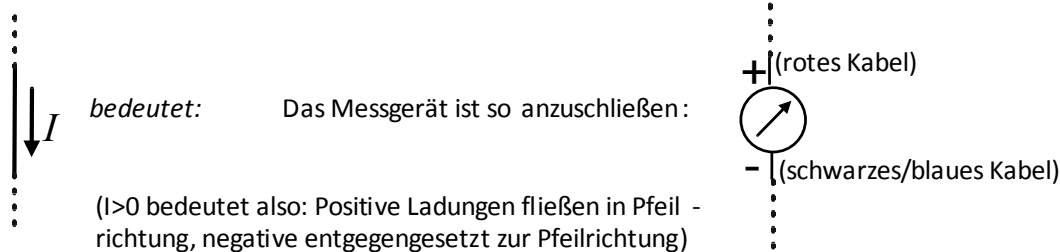
Es stellt sich die **Frage**: Was trifft denn nun zu?

Die **Antwort** lautet: Das hängt von der (*willkürlichen!*) Festlegung von Spannungs- und Strompfeilen ab bzw. davon, welche der beiden Kondensator„platten“ die Ladung Q trägt (die andere trägt dann die Ladung $-Q$).

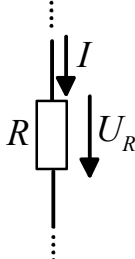
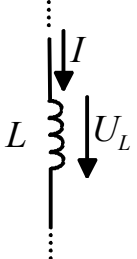
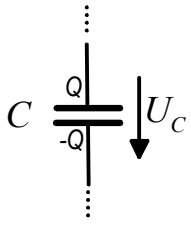
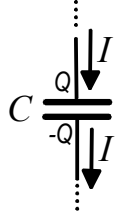
(Spannungspfeile sind in der Elektrotechnik üblich, in Schulbüchern leider noch nicht.)

Vereinbarungen:

Ein Strom-/Spannungspfeil legt fest, wie ein Strommessgerät/Spannungsmessgerät anzuschließen ist, damit es die Spannung/Stromstärke vorzeichenrichtig anzeigt. Konkret:



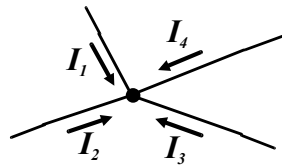
Information

Strom- und Spannungspfeil sind parallel		Spannungspfeil zeigt von Q nach $-Q$
		
$U_R = I \cdot R$	$U_L = L \cdot \dot{I}$	$U_C = \frac{Q}{C}$
Falls Strom- und Spannungspfeil antiparallel sind:		Falls Spannungspfeil von $-Q$ nach Q zeigt:
$U_R = -I \cdot R$	$U_L = -L \cdot \dot{I}$	$U_C = -\frac{Q}{C}$
	Der Strompfeil weist nach Q und von $-Q$ weg	$I = \dot{Q}$
	Falls der Strompfeil nach $-Q$ und von Q weg weist:	$I = -\dot{Q}$

DIE KNOTEN- UND MASCHENREGEL

Knotenregel:

Die Summe aller in einen „Knoten“ hinein fließenden Ströme ist Null.

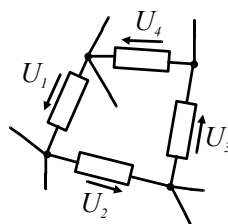


$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

Maschenregel:

Die Summe aller Teilspannungen in einer geschlossenen Schleife („Masche“) ist Null, falls alle Spannungspfeile gleich gerichtet sind.

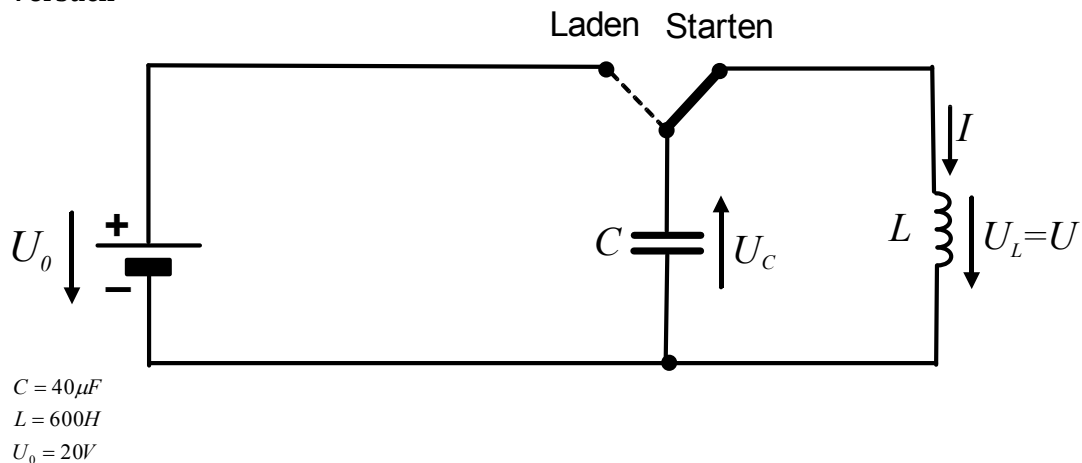
Voraussetzung: Es existiert kein veränderliches Magnetfeld, das in der Schleife eine Induktionsspannung erzeugt.



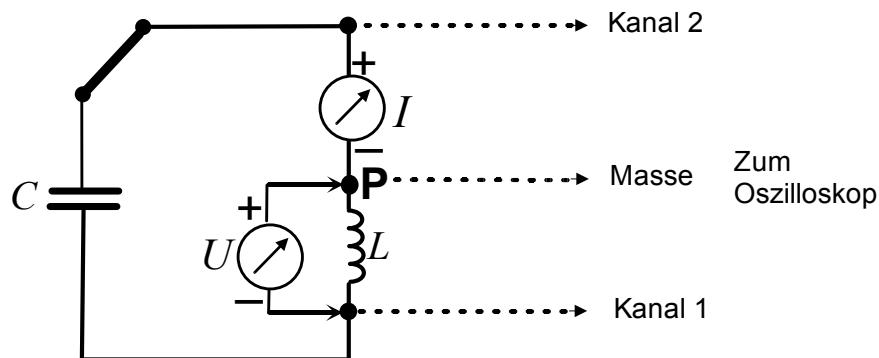
$$U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 0$$

DER SCHWINGKREIS

Versuch

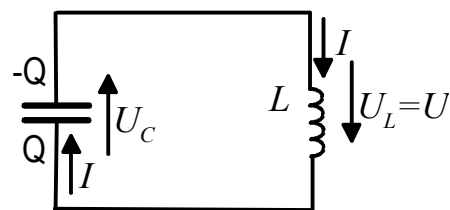


Spannung U und Stromstärke I werden von zwei Zeigerinstrumenten angezeigt und mit einem Digital-speicheroszilloskop aufgezeichnet. Die Messgeräte werden wie folgt angeschlossen:



Aus technischen Gründen haben die beiden Kanäle einen gemeinsamen Masseanschluss, der mit Punkt **P** zu verbinden ist. Damit U trotzdem vorzeichenrichtig aufgezeichnet wird, muss am Oszilloskop die „Invert-Taste“ von Kanal 1 gedrückt werden!

Theorie



Nach der Maschenregel gilt

$$U_L + U_C = 0$$

Es folgt

$$L\dot{I} + \frac{Q}{C} = 0$$

Ableitung nach der Zeit ergibt

$$L\ddot{I} + \frac{1}{C}\dot{Q} = 0$$

Mit $\dot{Q} = I$ erhält man

$$L\ddot{I} = -\frac{1}{C}I$$

Und daraus die Differentialgleichung

$$\ddot{I} = -\frac{1}{LC}I$$

Ansatz:

$$I = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Nach Einsetzen in die Differentialgleichung erhält man

$$-I_{\max} \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -\frac{1}{LC} I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Diese Gleichung ist (für alle t) erfüllt, wenn $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

Es gelten die Gleichungen

$$\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{„Thomsonsche Gleichung“ für die „Eigenfrequenz“:} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$I(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

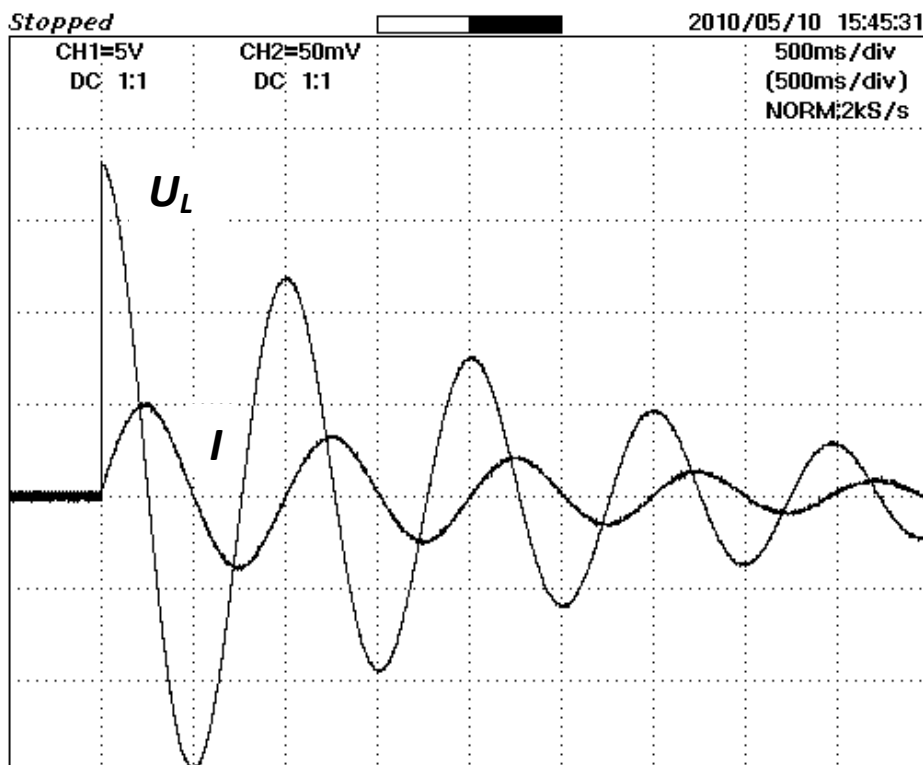
$$U_L(t) = L\dot{I} = LI_{\max} \omega \cos(\omega t + \varphi_0) = LI_{\max} \omega \sin(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$$

Spule: „Die Spannung eilt der Stromstärke um $\frac{\pi}{2}$ voraus“

$$Q(t) = CU(t) = \dots$$

$$U_C(t) = -U_L(t) = -LI_{\max} \omega \cos(\omega t + \varphi_0) = LI_{\max} \omega \sin(\omega t + \varphi_0 - \frac{\pi}{2})$$

Kondensator: „Die Spannung eilt der Stromstärke um $\frac{\pi}{2}$ nach“



Zeitachse: 0,5s/Teilstrich

Aufgaben:

- 1.) Ermitteln Sie die Schwingungsdauer für den Versuch
 a) aus dem Diagramm
 b) mit Hilfe der Thomsonschen Gleichung.
- 2.) Im Realexperiment ist die Schwingung - im Gegensatz zur Theorie - gedämpft. Weshalb?

- 3.) Es wird ein Wechselstrom I mit

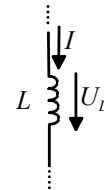
$$I = I_{\max} \sin(\omega t)$$

durch die Spule geschickt.

Leiten Sie her:

$$U_L(t) = U_{\max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right),$$

d.h.: **Die Spannung U_L eilt der Stromstärke I um $\frac{\pi}{2}$ voraus**



- 4.) Es liegt eine Wechselspannung U_C mit

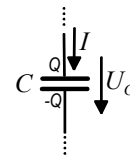
$$U_C(t) = U_{\max} \sin(\omega t)$$

vor.

- a) Leiten Sie her:

$$I(t) = I_{\max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right),$$

d.h.: **Die Stromstärke I eilt der Spannung U_C um $\frac{\pi}{2}$ voraus**



- b) Skizzieren Sie den Strom- und Spannungsverlauf in *einem* Koordinatensystem.

Material zu Experiment 9

Funktionsprinzip

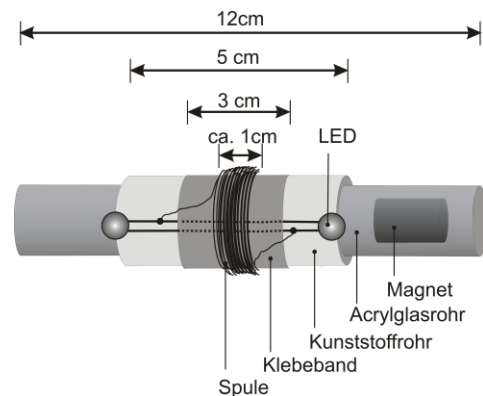
Ein zylindrischer Permanentmagnet wird durch Schüttelbewegung durch eine Spule hin- und her bewegt. Die Induktionsspannung lässt zwei LEDs im Takt der Bewegung aufblitzen.

Materialien

- Lötbarer Kupferlackdraht $\varnothing 0,1\text{mm}$
- Zylinderförmiger Neodym-Permanentmagnet ($\varnothing 13\text{mm}$, Höhe ca. 18mm)
- Acrylglasrohr, farblos transparent; Innendurchmesser 15mm , Außendurchmesser 20mm
- Kunststoffrohr, Innendurchmesser 21mm , Außendurchmesser 25mm
- Zwei weiße „helle“ LEDs mit langen Anschlüssen (ca. 25mm)
- Isolierband (PVC)
- Klebefilm (transparent)
- LötKolben, Lötzinn, Bügelsäge mit Metallsägeblatt
- Pappe, evtl. Flaschenkorken (Naturkork)

Bauanleitung

1. Das Acrylglasrohr wird mit der Bügelsäge auf eine Länge von ca. 12cm gekürzt. Vorsichtig sägen, damit die Säge nicht verklebt und das Material nicht splittert.
2. Ein Stück Kunststoffrohr – ca. 5cm lang – wird mit Hilfe der Bügelsäge abgeschnitten und dient als Spulenträger. Es muss sich über das Acrylglasrohr schieben lassen.
3. Zwei LEDs werden antiparallel an beiden Enden zusammengelötet.
4. Die LEDs werden auf etwa 3cm Breite mit Klebeband (Isolierband) dem Spulenträger fixiert.
5. Der Anfang des Kupferlackdrahtes wird gemäß Abbildung an eine LED angelötet.
6. Auf der Isolierbandschicht werden ca. 620 Windungen Kupferlackdraht auf einer Breite von ca. 1cm angebracht. Das Ende wird mit einem kleinen Stück Isolierband fixiert und ebenfalls gemäß Abbildung angelötet.
7. Zuletzt Wicklung samt Lötstellen mit transparentem Klebefilm abdecken. Die beiden LEDs werden vorsichtig rechtwinklig abgebogen, so dass sie wie in der Abbildung nach vorn zeigen.



auf

Inbetriebnahme

Der Spulenträger wird über das Acrylglasrohr geschoben und mit einem Stück Pappe fixiert. Der Zylinderdarmagnet wird in das Acrylglasrohr geschoben. Die Rohrenden werden mit Daumen und Zeigefinger einer Hand zugehalten. (Alternativ kann man auch die Rohrenden mit passend zurechtgeschnittenen Korkstücken verschließen.) Jetzt darf geschüttelt werden!

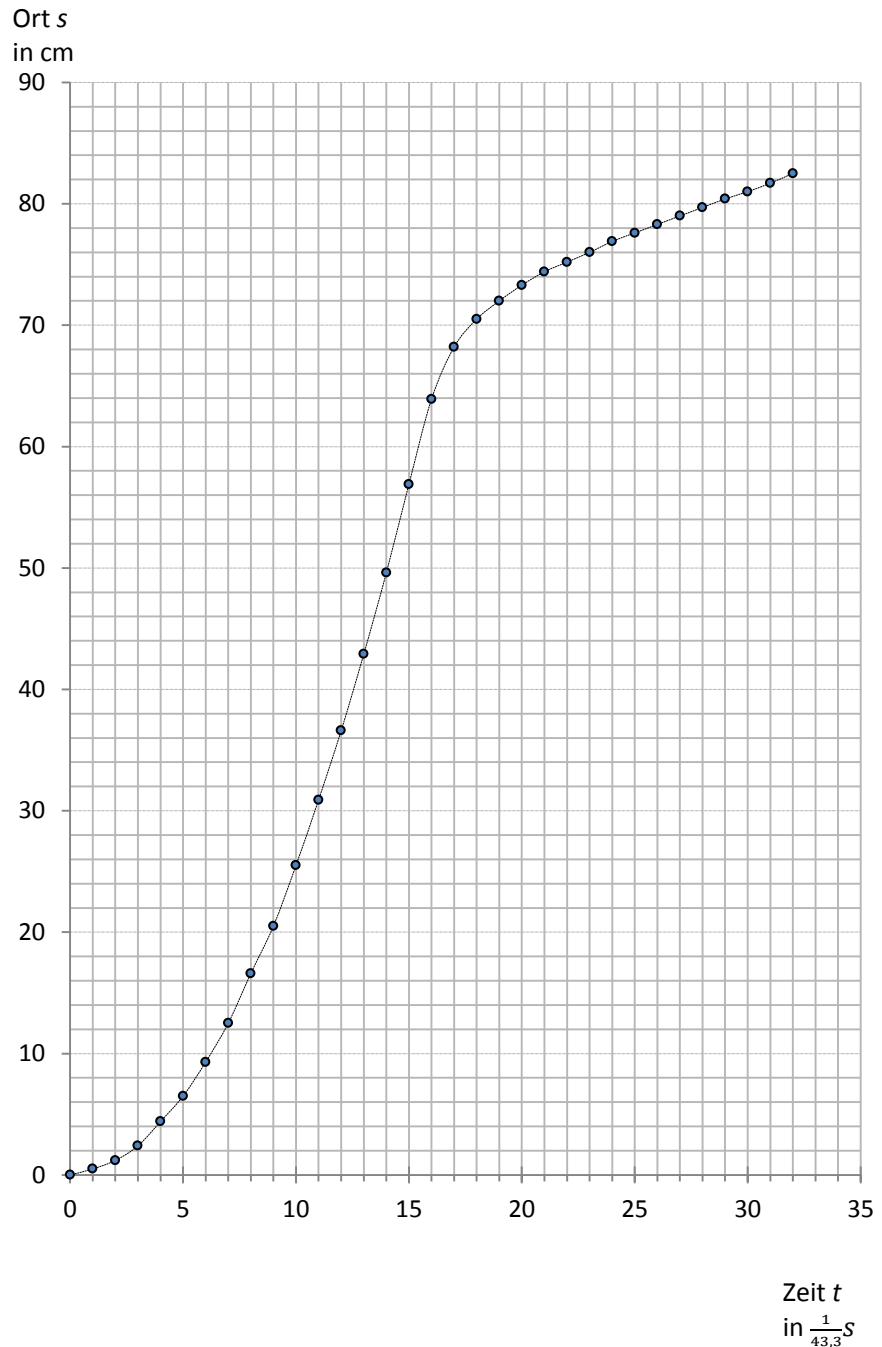
Material zu Experiment 12

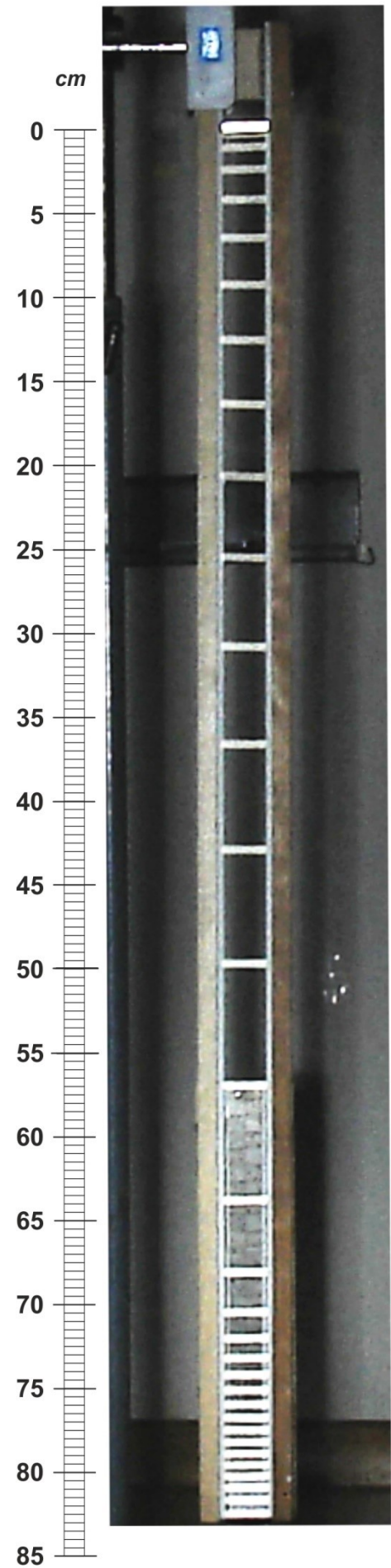
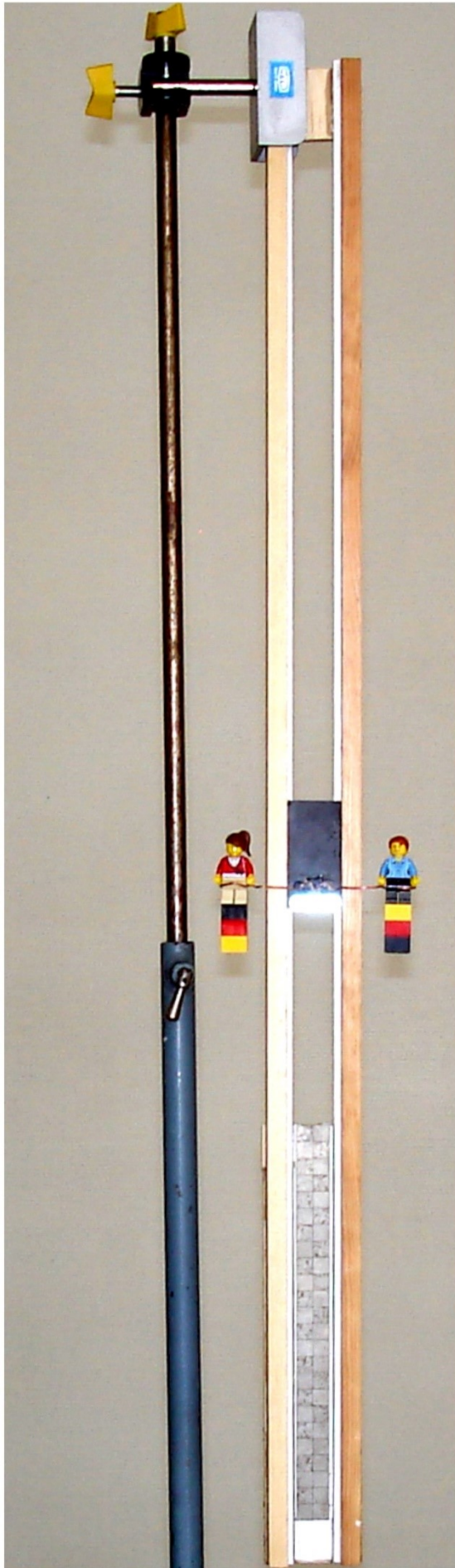
Aufgabe***

Das Material zeigt das t - s -Diagramm eines Körpers, der aus 80cm Höhe (annähernd) frei fällt und ab dem Zeitpunkt $t = 15 \cdot \frac{1}{43,3}$ s von einer Wirbelstrombremse gebremst wird. Ermittle aus der Grafik die anfängliche Beschleunigung sowie die Endgeschwindigkeit.

(Der Modell-Fallturm aus Versuch 12a wurde während des Fallvorgangs von einem Stroboskop-Blitzgerät mit der Blitzfrequenz 43,3Hz angeblitzt und per Langzeitbelichtung fotografiert. Daher lässt sich am Massstab ablesen, an welchem Ort s sich der Fallkörper zum Zeitpunkt $t = 1 \cdot \frac{1}{43,3}$ s, $2 \cdot \frac{1}{43,3}$ s, $3 \cdot \frac{1}{43,3}$ s, ... jeweils befand.)

Zeit t in $\frac{1}{43,3}$ s	Ort s in cm
0	0
1	0,5
2	1,2
3	2,4
4	4,4
5	6,5
6	9,3
7	12,5
8	16,6
9	20,5
10	25,5
11	30,9
12	36,6
13	42,9
14	49,6
15	56,9
16	63,9
17	68,2
18	70,5
19	72
20	73,3
21	74,4
22	75,2
23	76
24	76,9
25	77,6
26	78,3
27	79
28	79,7
29	80,4
30	81
31	81,7
32	82,5

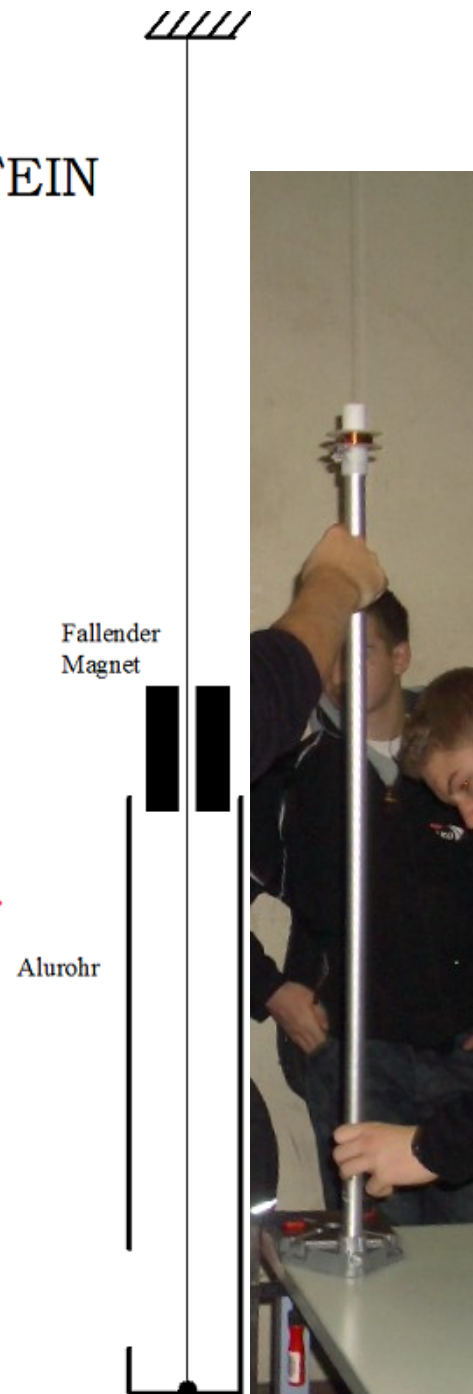




THE FREIHERR-VOM-STEIN FREE FALL TOWER

Der fallende Magnet
berührt das Alurohr nicht.
Trotzdem wird er
sehr stark abgebremst.

Wie ist das möglich???



Brockhaus 2/05

Material zu Experiment 23

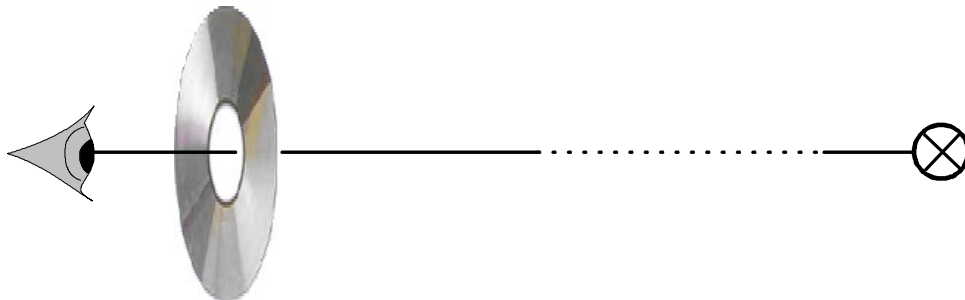
1. Bauanleitung:

- Nimm einen CD-Rohling und ritze mit einem spitzen Gegenstand (Uhrmacherschraubendreher, Nadel, Messer, Zirkel, ...) die Reflexionsschicht (Beschriftungsseite!) mehrfach am Rand ein.
- Lege die CD - mit der Beschriftungsseite nach oben - auf eine Tischplatte.
- Überklebe die CD lückenlos mit breiter Klebefolie.
- Ziehe die Folie von der CD ab. Übrig bleibt eine transparente CD mit Rillenstruktur, aber ohne Reflexionsschicht.

**2. Versuchsbeschreibung:**

Die transparente CD wird in etwa 11cm Abstand so vor ein Auge gehalten, dass man durch das Mittelloch hindurchblicken kann. Lichtquellen, die auf diese Weise angepeilt werden, erzeugen im Blickfeld ein kreisförmiges Farbspektrum. (Es lohnt sich, nach Einbruch der Dunkelheit unterschiedliche Straßenlampen aus größerer Entfernung anzupeilen.) Der unten abgebildete Ausschnitt eines Farbspektrums gehört zu einem Autoscheinwerfer.

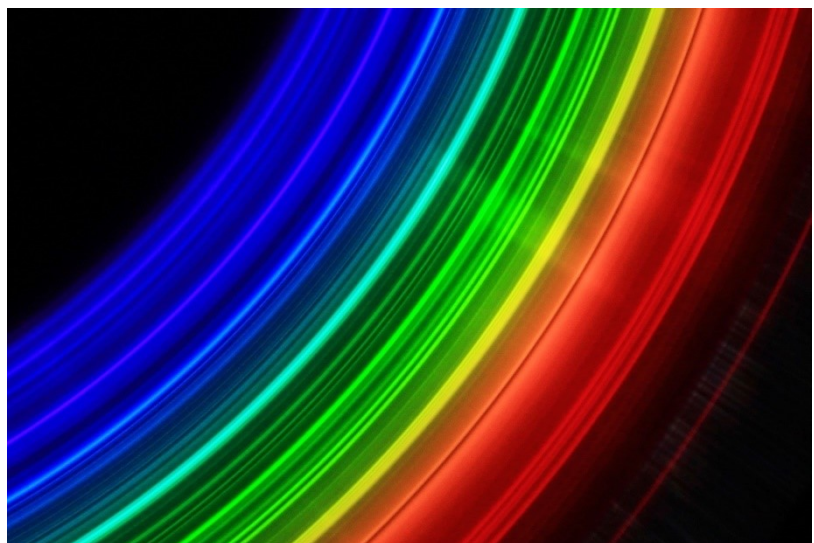
Vorsicht: Niemals direkt in die Sonne oder in einen Laserstrahl blicken!



+

3. Experimente

Beobachte die Farbspektren einer Glühlampe, Energiesparlampe, Spekt-rallampe und (Hausaufgabe!) Straßenlampe. Fertige mit Hilfe von Buntstiften Zeichnungen an.



4. Das Spektrum eines Laserpointers

Richte den Laserstrahl in einem abgedunkelten Raum auf eine weiße Wand und peile mit der transparenten CD den hellen Fleck an. Beobachte und zeichne.

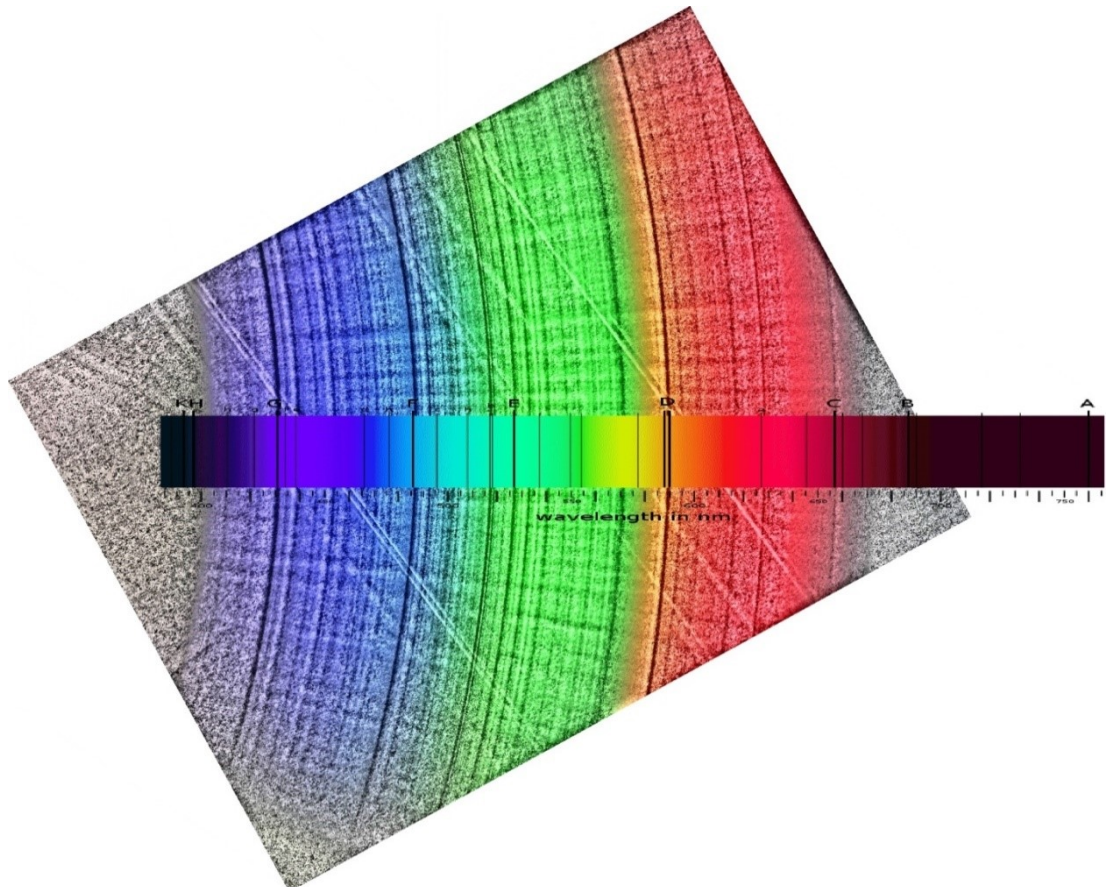
5. Das Sonnenspektrum

Dieser Versuch setzt Sonnenlicht bei klarem Himmel voraus.

Peile mit der transparenten CD eine glatte glänzende gewölbte Oberfläche an, in welcher sich die Sonne spiegelt. Abstand: einige Meter. Deutlich zu sehen ist ein kreisförmiges „Regenbogenspektrum“. Bei sehr genauem Hinsehen beobachtet man eine große Anzahl feiner dunkler Linien, die „Fraunhofer-Linien“.

Der Versuch, ein Foto der extrem feinen Fraunhofer-Linien anzufertigen, stellt eine gewisse Herausforderung dar. Fokussiert wird auf die glänzende Oberfläche. Die richtige Belichtung muss manuell eingestellt werden. Ausschnittsvergrößerung und Einsatz einer Bildbearbeitungssoftware sind empfehlenswert. Auf diese Weise entstand das abgebildete Sonnenspektrum.

Eingeblendet ist eine gedehnte Skala aus [26].



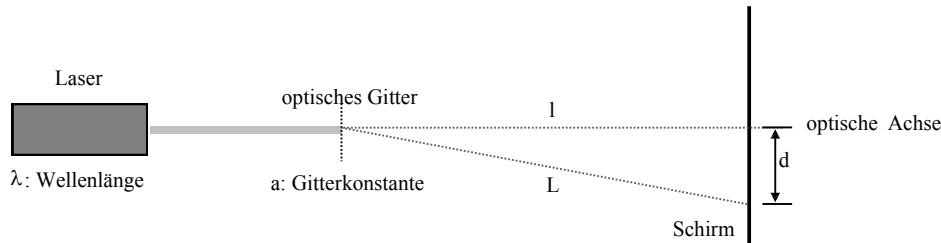
Vorsicht: Niemals direkt in die Sonne oder in einen Laserstrahl blicken!

Aufgabe

(Schriftliche Abiturprüfung 2003, Freiherr-vom-Stein-Schule Frankfurt a.M., Vorschlag 1, Brockhaus)

Aufgabe 1

- a) Ein optisches Gitter mit der Gitterkonstanten a (=Abstand der Mittelpunkte benachbarter Spalte) wird mit Licht der Wellenlänge λ gemäß Abbildung beleuchtet.



Auf dem Schirm beobachtet man Stellen maximaler Helligkeit im Abstand

$$d = \frac{nL\lambda}{a} \quad \text{für } n = 0, 1, 2, \dots \quad (*)$$

von der optischen Achse.

Erklären Sie das Auftreten von hellen und dunklen Stellen mit Hilfe von Elementarwellen und leiten Sie die Formel (*) her. Begründen Sie jeden Schritt!

- b) Ein optisches Gitter mit 1000 Strichen pro cm wird mit Röntgenlicht der Wellenlänge $\lambda = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ senkrecht beleuchtet. Angenommen, es findet Interferenz gemäß Formel (*) statt: Wie weit müsste der Schirm vom Gitter entfernt sein, damit der Abstand zwischen dem 0. und 1. Maximum 1 cm beträgt?

- c) Die Messung der Wellenlänge von Röntgenstrahlung mit Hilfe eines optischen Gitters gemäß Teilaufgabe b) ist kaum praktikabel. Weshalb?

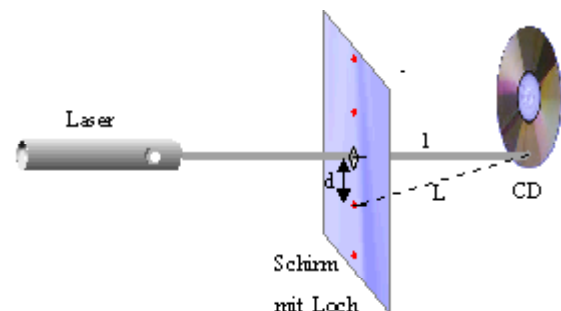
Nennen und erläutern Sie *ein* mögliches Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge von Röntgenstrahlung. (Leiten Sie aber keine Formel her.)

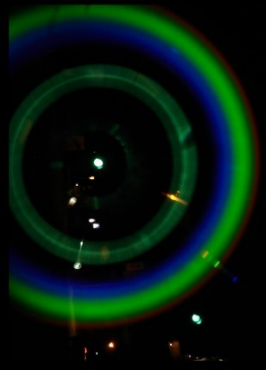
- d) Erläutern Sie mit Hilfe einer Skizze, auf welche Weise Röntgenstrahlung erzeugt werden kann. Gehen Sie kurz auf die Begriffe „Bremsstrahlung“ und „charakteristische Strahlung“ ein.

- e) Es ist denkbar, beim Experiment in Teilaufgabe b) die Röntgenstrahlung durch einen Elektronenstrahl zu ersetzen. Welche kinetische Energie in eV besitzen Elektronen mit der gleichen Wellenlänge wie die Röntgenstrahlung? Rechnen Sie nichtrelativistisch.

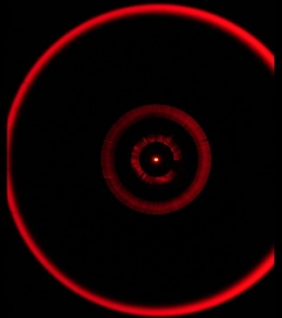
- f) Wenn man gemäß Abbildung das Licht eines Laserpointers senkrecht auf die Oberfläche einer CD fallen lässt, beobachtet man auf einem rückwärts angebrachten Schirm Helligkeitsmaxima. Deren Lage wird durch die Formel (*) beschrieben, wenn man von einer „Gitterkonstanten“ $a = 1,6 \mu\text{m}$ ausgeht. Finden Sie eine Erklärung!

Nähere Informationen über CDs finden Sie in der Anlage.





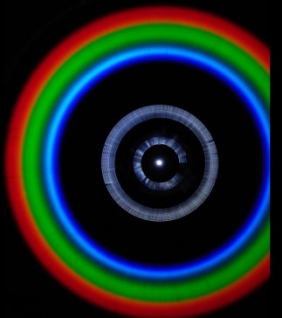
Verkehrssampel (grün)



Leuchtdiode (rot)



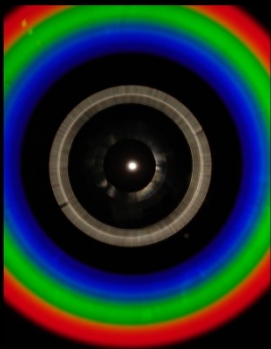
Leuchtdiode (blau)



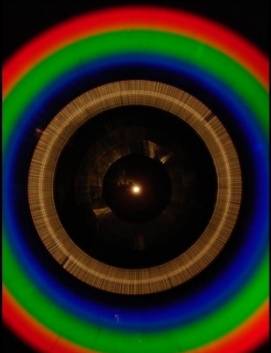
Leuchtdiode (weiß)



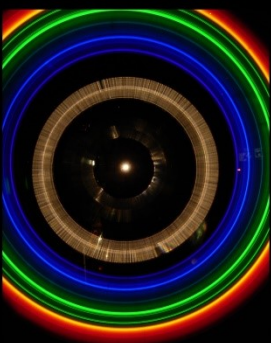
Laserpointer



Vollmond



Straßenlampe 1



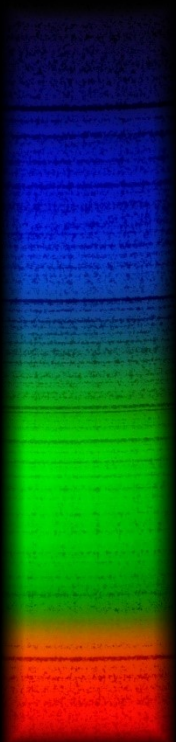
Flutlicht



Straßenlampe 2



Straßenlampe 3



Sonnenspektrum mit Fraunhofer-Linien



Die transparente CD - ein Spektroskop

© 2005/06/07 Brockhaus

6 Dank

Danken möchte ich der *Deutschen Physikalischen Gesellschaft* und der *WE-Heraeus-Stiftung* sowie dem Schulleiter der Wilhelm-von-Oranien-Schule, Herrn Hinterlang, für die großzügige Unterstützung! Es konnten u.a. 8 Digitalspeicheroszilloskope für das Projekt angeschafft werden.

Meinem ehemaligen Kollegen Peter Engelhardt bin ich für die langjährige intensive Zusammenarbeit an der Freiherr-vom-Stein-Schule (Frankfurt a.M.) dankbar. Erfahrungen aus gemeinsamen Projekten (Physiktag, WPU-Projekt *Licht und Photonen*, Experimente mit Einzelphotonen, ...) sind in das Projekt *Experimente mit dem Digitalspeicheroszilloskop* eingeflossen.

Herr Dr. Wedeking (ehemals Geschäftsleitung der Fa. Isabellenhütte Dillenburg) hat mir im Jahr 1986 eine größere Anzahl Neodym-Magnete für eigene Experimente zur Verfügung gestellt. Dafür bin ich ihm dankbar.

Die Professoren K.Kleinknecht, H.-G.Sander und T.Trefzger haben mir im Rahmen eines Lehrgangs an der Universität Mainz zwei *Kamiokannen* samt Zubehör zur Verfügung gestellt. Vielen Dank!

7 Literatur

- [1] Entwicklung bei Dauermagneten, *EEE Elektronik-Technologie / Elektronik-Anwendungen / Elektronik-Marketing*, 24.Jahrgang, Nr.22 vom 4.11.1986, Konradin-Verlag, S.74
- [2] *Materialien-Handbuch Physik Bd.2*, Hrsg. H.Schwarze, Aulis Verlag, Köln 2001
- [3] B.Basse-Lüsebrink: Bau und Betrieb eines preiswerten EKG-Verstärkers, *PdN-Ph.2/36.Jahrgang* 1987
- [4] Patent DE 197 41 887 B4 2006.08.03 Vorrichtung zur Laufzeitmessung von Licht
- [5] P.Brockhaus: Laufzeitmessungen von Laserimpulsen; Beiträge zur Unterrichtspraxis; Tagungsband (Didaktik der Physik) zur 62. DPG-Physikertagung Regensburg 1998, 228-233 (Siehe auch Tagungs-CD)
- [6] P.Brockhaus: Aufnahmen mit Grenzflächenmikrofonen, *NiU-Physik* 11 (2000) Nr. 57, 38-40
- [7] H.H.Lewinsky, P.Brockhaus: Laser mit Kurbelantrieb – Motivation oder Spielerei? Tagungsband der GDCP Berlin 2000
- [8] P.Brockhaus: Der Laser in der S I, Teil 2: Ein Unterrichtskonzept, *PdN-PhiS.* 1/50 (2001), S.15-18
- [9] P.Brockhaus: Messung der Lichtgeschwindigkeit in der Sekundarstufe I, *PdN* 1/50 (2001), S.19-22
- [10] P.Brockhaus: Messung der Schallgeschwindigkeit in der Sekundarstufe I, *PdN* 2/50 (2001), S.30-32
- [11] P.Brockhaus, H.H.Lewinsky: Laser mit Kurbelantrieb - Motivation oder Spielerei? Aus: R.Brechel (Hrsg.): *Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik / Chemie in Berlin, Sept. 2000*, Leuchtturm-Verlag, S.135-136
- [12] P.Brockhaus, H.H.Lewinsky: Messung von Laserimpulsen im Nanosekundenbereich, Tagungs-CD der DPG Bremen 2001
- [13] P.Brockhaus, P.Engelhardt: Neue Experimente mit einzelnen Photonen (I), *PdN-PhiS.*1/53 (2004)
- [14] P.Engelhardt: Einführung in die Quantenphysik - Neue Experimente mit einzelnen Photonen (II), *PdN-PhiS.*1/53 (2004)
- [15] P.Brockhaus: Verwendung einer CD als optisches Gitter, *NiU Physik* 17 (2006), Nr.94, S.43-44
- [16] R.Dengler: Mobilfunksignale untersuchen, *MINT Zirkel* März/April 2014, S.8-9
- [17] M.Fuidl: Kosmische Myonen in Schulversuchen. Staatsexamensarbeit, Universität Mainz 2003
- [18] C.Krömer: Der Bau eines Stickstofflasers in der Sekundarstufe I, *Wissenschaftliche Hausarbeit für das Lehramt an Haupt- und Realschulen in Frankfurt a.M.* 1998
- [19] H.H.Lewinsky: Der Laser in der S I, Teil 1: Laser zum selbst bauen, *PdN-PhiS.* 1/50 (2001), S.11-14

- [20] D.Meschede: Optik, Licht und Laser, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, B.G.Teubner Verlag, Wiesbaden 2005
- [21] K.Meyer-Waarden: Technische Verfahren in der kardiologischen Diagnostik und Therapie, Uni-Taschenbücher 736, F.K.Schattauer Verlag, Stuttgart-New York 1977
- [22] H.Schwarze: Vorzeichen im Stromkreis, PdN-Ph. 1/46. Jg. 1997, S.8-13
- [23] U.Tietze, Ch.Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, 5., überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1982
- [24] O.Wöste, C.Kühn: Wie baue ich meinen Laser selbst, Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 8/46 (1993), S.471-473
- [25] B.Ehret: Messung der Lichtgeschwindigkeit mit Lichtimpulsen, PdN-Ph. 4/41. Jg.1992, S.17-35
- [26] <https://de.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer-Linien>, aufgerufen am 7.7.18

Anschrift des Verfassers

Dr. Peter Brockhaus
Wilhelm-von-Oranien-Schule
Jahnstr. 1
35683 Dillenburg

Privatadresse:
Gierlichstr. 20
35683 Dillenburg