

# Informationsübertragung mit Licht

vorgelegt von Liane Bendt, Malika Renz, Sonja Teschner und Anne Wustmann

Hier werden wir nun einige Möglichkeiten zur Informationsübertragung mit Hilfe von Licht vorstellen, die wir alle selbst ausprobierten und deren Ergebnisse wir hier erläutern:

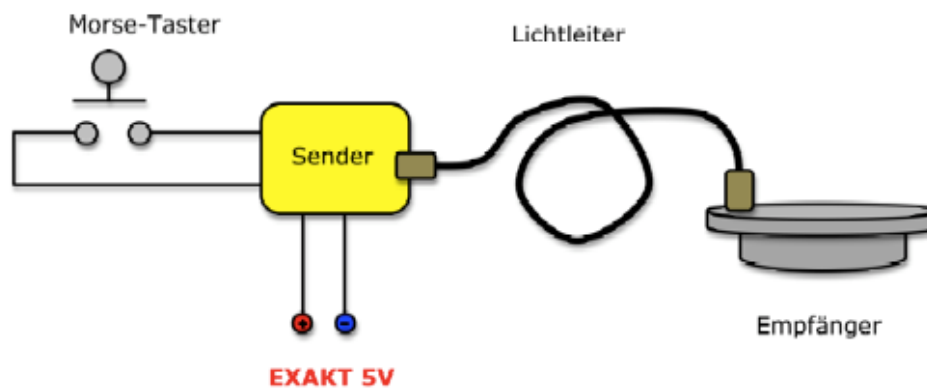
## Informationsübertragung durch Morsezeichen

Zuerst probierten wir das Morsen mit Hilfe einer **Solarleuchte** aus:

### Material:

- Lichtsender, Lichtempfänger (Solarleuchte mit Schlitzabdeckung)
- Lichtleiterkabel, Morsetaster zum Senden
- Netzgerät 5V

### Aufbau:



## Ergebnisse des Experiments:

Der Lichtempfänger in diesem Experiment, eine herkömmliche Solarleuchte, wie viele sie aus dem Garten kennen, verfügt über einen Lichtsensor und schaltet sich so ab einer bestimmten Dunkelheit automatisch ein. Tagsüber wird mit Hilfe der Solarzelle der Akku der Solarleuchte aufgeladen um dann nachts die gespeicherte elektrische Energie als Licht wieder abzugeben.

Bei unserem Experiment deckten wir die Solarleuchte mit einer Schlitzabdeckung ab und simulierten so die Nachtsituation, die Lampe ging also an. Bei Drehung der Schlitzabdeckung um den Mittelpunkt stellten wir ein Flackern der Leuchte fest, das damit zusammenhing, ob die Sensoren, die sich am Rand der Lampe befinden, gerade auf- oder zugedeckt waren.

Als nächstes bauten wir die Sendeempfangsanlage laut dem Aufbauplan auf. (Doch zunächst funktionierte die Schaltung nicht, da wir den Sender falsch angeschlossen hatten: Der Data-Stecker war nicht mit dem Taster verbunden und so floss bei offenem Morse-Taster kein Strom und damit auch kein Licht durch den Lichtleiter. Denn normalerweise wenn der Morse-Taster offen ist, geht Licht durch den Lichtleiter und die Solarleuchte geht aus. Wenn man dann den Morse-Taster drückt, geht kein Licht mehr durch den Leiter und die Leuchte geht an. ).

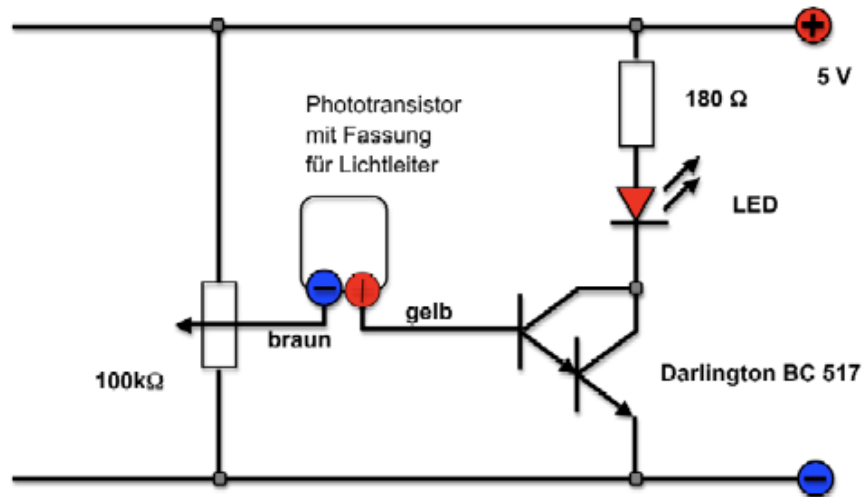
Mit dieser Anlage kann man dann Morsezeichen senden: Je nachdem wie lang man den Taster gedrückt hält, leuchtet die Solarleuchte lang oder kurz.\*

Jetzt ersetzen wir die Solarleuchte durch ein selbstgebautes **Empfangsmodul**:

### Material:

- Phototransistor mit Fassung für Lichtleiter
- Widerstand 180k $\Omega$ , Drehwiderstand 100k $\Omega$
- Darlington-Transistor BC 517
- LED-Leuchte, Lichtsender, Morsetaster, Lichtleiterkabel
- Netzgerät 5V

### Aufbau des Empfangsmoduls:

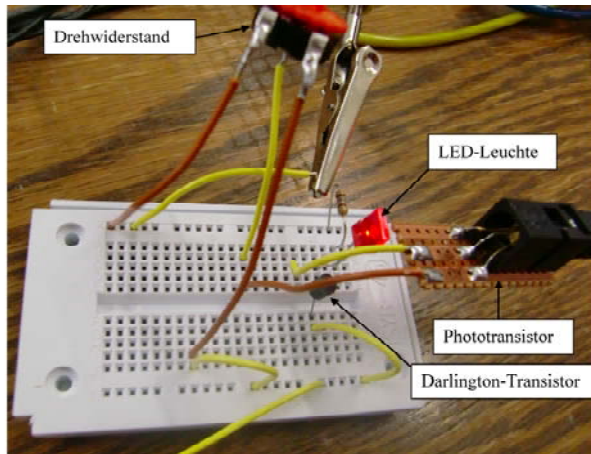


### Ergebnisse des Experiments:

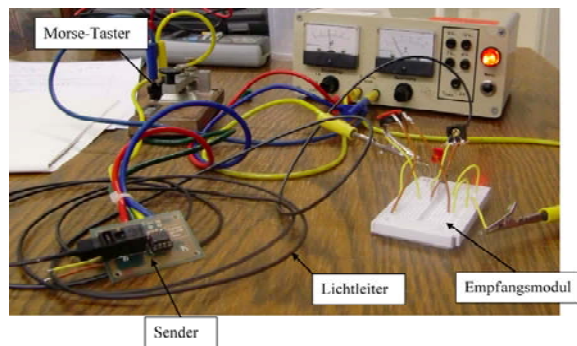
Der Aufbau der Sende-Empfangsanlage ist der gleiche wie beim vorherigen Versuch, jetzt wird jedoch die Solarleuchte durch ein Empfangsmodul ersetzt.

Diese Schaltung funktioniert genau umgekehrt wie vorher: Wenn jetzt der Morse-Taster offen ist und somit Licht durch den Lichtleiter fließt, geht die LED-Lampe an, denn wenn Licht durch den Lichtleiter auf den Phototransistor kommt, wird der Widerstand des Transistors kleiner und Strom fließt hindurch. Dadurch wird der Basisstrom am Darlingtontransistor größer und deshalb wird der Widerstand zwischen dem Collector und dem Emitter kleiner und der Strom nimmt den direkten Weg durch die LED-Lampe.

Wenn der Taster hingegen geschlossen ist und kein Licht durch das Lichtleiterkabel fließt, bleibt die LED aus, da der Basisstrom des Darlington-Transistors durch den hohen Widerstand des Phototransistors zu klein ist und so auch kein Strom durch die LED fließen kann.



Empfangsmodul



Sende-Empfangsanlage mit Empfangsmodul

## Informationsübertragung mit Infrarotstrahlung

---

Als nächstes untersuchten wir das Verhalten von Infrarotstrahlung bei der Informationsübertragung und testeten wie man sie positiv oder negativ beeinflussen kann:

### Material:

- Sender
- Kopfhörer mit Empfänger
- evtl Blatt Papier
- Spiegel



### Aufbau:

Der Aufbau für dieses Experiment ist ganz einfach. An den Sender wird ein MP3-Player angeschlossen, den Kopfhörer mit integriertem Empfänger setzt die Versuchsperson auf.

### Ergebnisse des Experiments:

Die Infrarotstrahlung ist eine Wärmestrahlung, die langwelliger als das für uns Menschen sichtbare Licht ist. Wir haben dann das Verhalten der Infrarotstrahlung untersucht. War der Sender Richtung Empfänger ausgerichtet, wie auf dem Bild oben zu sehen ist, war die Entfernung, in der die Musik störungsfrei zu hören war, überraschend groß. Die Versuchsperson konnte sich ca. 10 m vom Sender entfernen, ohne dass die Qualität schlechter wurde. Dreht man den Sender aber entgegen der Richtung des Empfängers, nahm die Tonqualität sofort stark ab. Die Infrarotstrahlung breitet sich also nur in die nicht vom Gehäuse abgeschirmte Richtung aus. Auch eine zwischen Sender und Empfänger gehaltene Hand unterbrach die Informationsübertragung. Überrascht waren wir aber, dass selbst ein Blatt Papier die Infrarotstrahlung absorbieren konnte.

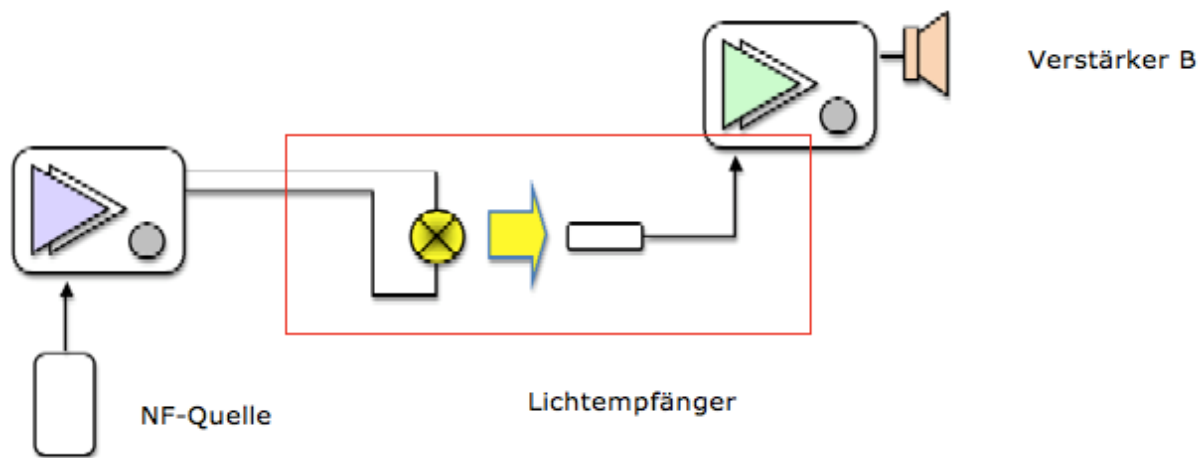
Anschließend untersuchten wir mithilfe eines Spiegels, ob Infrarotstrahlung ebenso wie Licht reflektiert wird. Dies ist möglich, jedoch nimmt die größtmögliche Entfernung, mit der die Übertragung störungsfrei verläuft, ab. Das lässt darauf schließen, dass der Spiegel Teile der Strahlung absorbiert.

## Informationsübertragung Lichtvariante

Ziel des nächsten Experimentes war es, Musik (über den Umweg des elektrischen Niederfrequenzsignals) mit Hilfe von sichtbarem Licht durch den Raum zu schicken.

### Material:

- Niederfrequenz-Quelle (beispielsweise MP3-Player),
- Verstärker A
- Lampe (mit Gehäuse),
- Lichtempfänger (Phototransistor mit Halter)
- Verstärker B,
- Lautsprecher



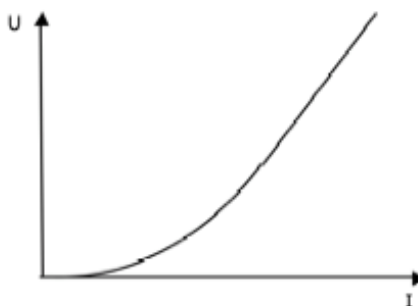
### Durchführung:

Nach einer Funktionsüberprüfung des Lautsprechers durch direktes Anschließen an den Verstärker, wurde das Signal des MP3-Players über ein passendes Kabel in den Verstärker A eingespeist. Daraufhin leuchtete die Glühbirne im Takt der Musik auf, allerdings musste während des gesamten Experiments darauf geachtet werden, dass die Lautstärke relativ gering bleibt, da sonst die Glühbirne durchbrennen würde.

Das Licht, das diese Lampe nun ausstrahlte, traf nach ca. 30 cm auf den Phototransistor; dieser setzte die empfangenen Helligkeitsschwankungen wieder in ein elektrisches Wechsellspannungssignal um.

Diese Signale wurden als Wechsellspannungseingangssignale an den Verstärker B weitergeleitet, verstärkt und schlussendlich über den Lautsprecher hörbar gemacht.

### Beobachtungen:



Bei einer Durchführung wie oben beschrieben, erhielten wir leider nur ein sehr undeutliches Signal, die Qualität war extrem schlecht, das Lied kaum erkennbar.

Unser erster Ansatz zielte darauf ab, mögliche Störungen durch die im Raum grundsätzlich vorhandene Helligkeit zu beseitigen. Wir schirmten also den rot markierten Bereich weitestgehend ab, so dass möglichst wenig störendes Licht auf den Phototransistor treffen konnte.

Das Resultat war allerdings immer noch nicht zufriedenstellend, da diese „Restlichtstörung“ gar nicht das Hauptproblem darstellt.

Da somit die beiden Komponenten Empfänger und Übermittlungsweg als Problemquelle ausgeschlossen waren, musste es an der Lampe liegen. Hierzu ist es notwendig, die sogenannte Kennlinie der von uns verwendeten Glühbirne zu betrachten.

Die Kennlinie beschreibt den Zusammenhang von Stromstärke und Spannung elektrischer Bauteile und ist dabei sowohl von dem jeweiligen Bauteil abhängig, als auch von der Temperatur.

Bei der Kennlinie einer Glühlampe lässt sich erkennen, dass sie sich im Bereich geringer Stromstärken und Spannungen nicht linear verhält; der Quotient  $U/I$  entspricht dem Widerstand. Daraus folgt, dass auch dieser zuerst nicht linear zunimmt.

Dies besagt auch das Ohmsche Gesetz: Der elektrische Widerstand bei einem metallischen Leiter ist eine Funktion der Temperatur – mit steigender Stromstärke steigt die Temperatur des Glühfadens in der Lampe und mit zunehmender Temperatur steigt der Widerstand des Glühfadens an.

Bei unserem Versuch arbeiteten wir immer mit recht geringen Stromstärken und Spannungen, da wir ja darauf achten mussten, dass die Glühbirne nicht durchbrennt. Wir arbeiteten also im unteren Teil der Kennlinie - die Folge war also eine verzerrte (nicht-lineare) Wiedergabe unseres Musiksignals.

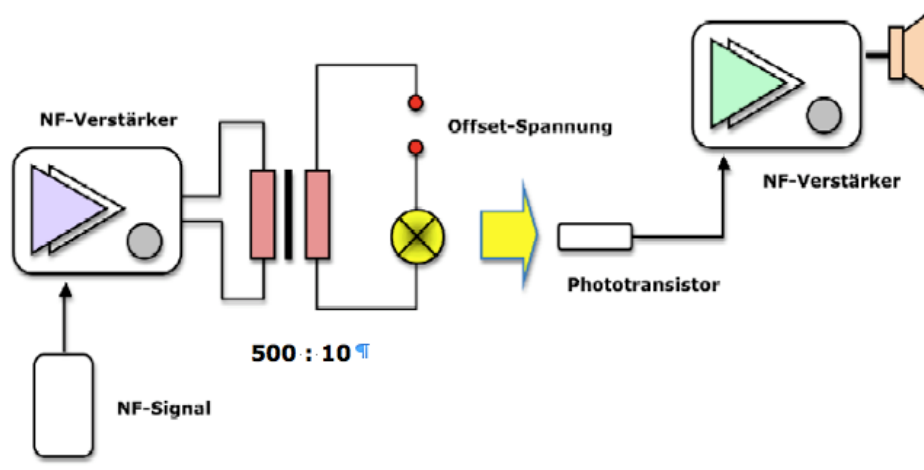
Um dieses Problem zu beheben, mussten wir also im linearen Bereich der Stromstärken arbeiten können, ohne die Lampe zu gefährden.

## Informationsübertragung Lichtvariante - Verbesserung

Dieser Versuchsaufbau ist somit eine Modulation des obigen mit dem Ziel, im linearen Bereich des Widerstandes der Lampe zu arbeiten. Hierzu legten wir eine offset Spannung, d.h. eine Gleichspannung von ca. ein bis zwei Volt an, die als Grundspannung fungiert.

### Material:

- NF-Quelle, Verstärker A, Transformator (500:10), Offset Stromquelle (Gleichstrom!)
- Lampe (mit Gehäuse), Lichtempfänger (Phototransistor mit Halter)
- Verstärker B, Lautsprecher

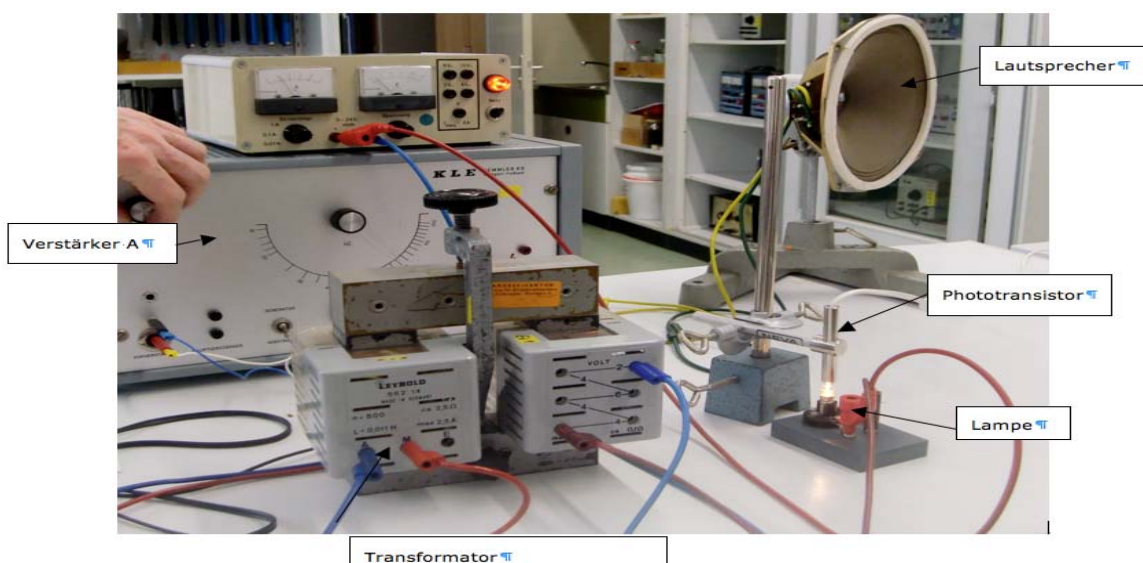


### Beobachtungen:

Durch das Anlegen der Offset-Spannung wurde es möglich, im linearen Bereich des Widerstands zu arbeiten; das gewünschte Resultat zeigte sich auch prompt: Die Übertragungsqualität verbesserte sich stark.

Allerdings waren einige Versuche notwendig, um das ideale Windungsverhältnis im Transformator herauszufinden.

Eine andere Lösung des Problems wäre denkbar gewesen: Hierbei macht man sich die sogenannte elektromagnetische Induktion zu Nutze und verzichtet komplett auf Glühbirne und Fototransistor – siehe nächstes Experiment



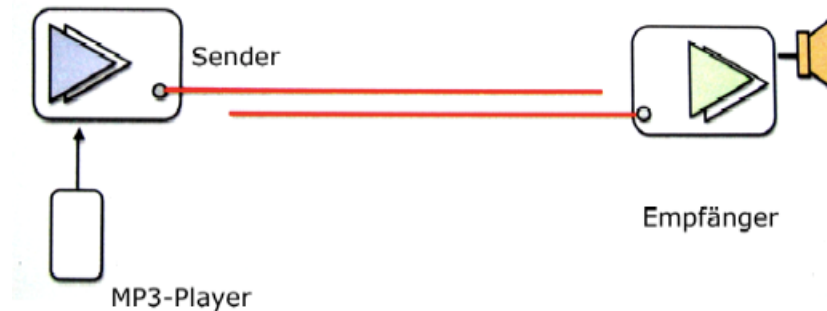
## „Elektromagnetische-Energie“ geht durch den Raum

Bei unserem nächsten Experiment ging es darum, wie Informationen noch übertragen werden können außer durch bloße Kabel oder mittels Licht:

### Material:

- Sender
- Empfänger mit Lautsprecher
- Oszilloskop

### Aufbau:



An den Sender schließt man den MP3-Player an und an den Empfänger einen Lautsprecher. Dann schließt man an beide ein 1,5 m langes Laborkabel an und legt sie ein Stück von einander entfernt auf den Tisch.

### Ergebnisse des Experiments:

Wir stellten fest, dass die Informationsübertragung so besser funktionierte als mit der Lichtvariante und kamen zu dem Schluss, dass die hier stattfindende Informationsübertragung nur damit zu erklären ist, dass die Energie auf dem Weg von der Energiequelle zur Energiesenke, dem Empfänger, nicht durch das Kabel, sondern durch den Raum geht.

Für die Richtung, in die die Energie fließt gibt es auch eine „Rechte-Hand-Regel“: Der Daumen zeigt in Richtung des elektrischen Feldes, der Zeigefinger in Richtung des Magnetfeldes und der Mittelfinger zeigt dann die Energierichtung an.

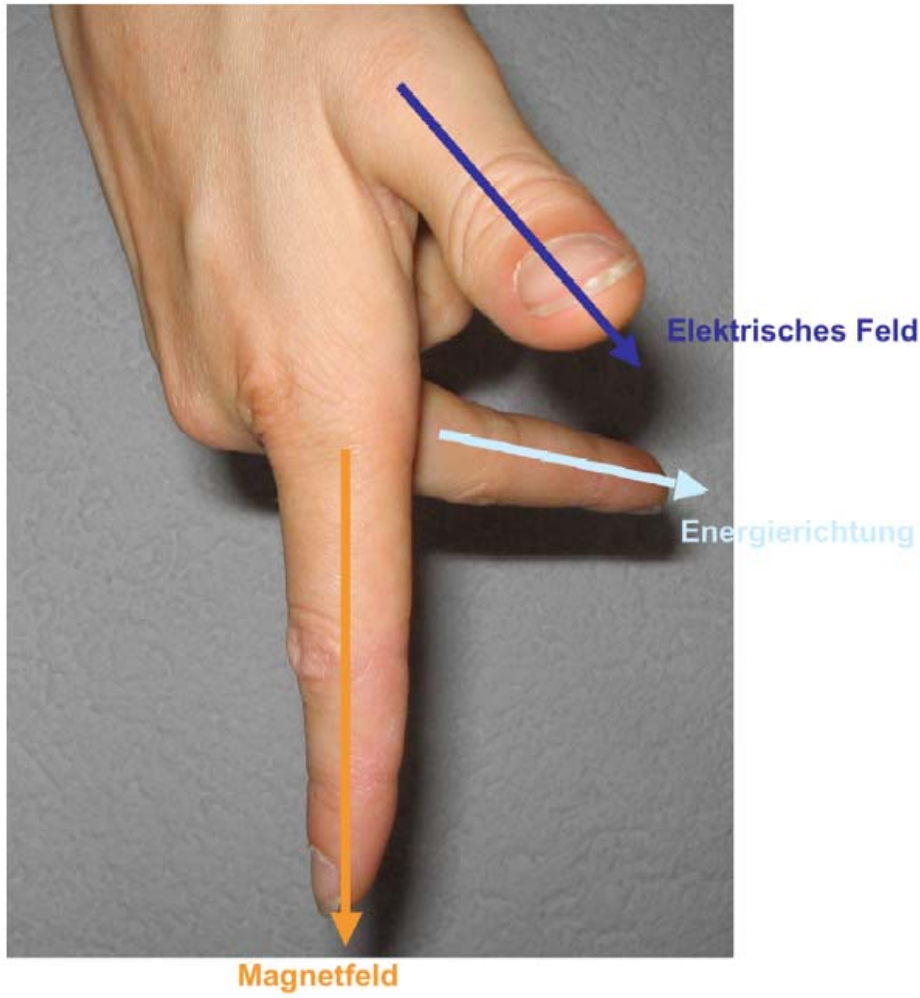
Als nächstes berührte jeweils eine Person das offene Ende eines Kabels und wir bemerkten, dass die Übertragung noch besser wird, weil durch die Vergrößerung der Oberfläche die Empfangsfläche für die Energie größer wird.

Aus unseren Ergebnissen schlossen wir, dass ständig Energie durch den Raum fließen muss, da immer viele elektrische Geräte in unseren Haushalten mit Energie versorgt werden müssen. Diese Energie mit einer Frequenz von 50Hz wird als „Netzbrumm“ bezeichnet. Diesen „Netzbrumm“ kann man auch auf dem Oszilloskop aufzeichnen wenn man die offenen Enden der Anschlussleitung einfach so auf den Tisch legt.

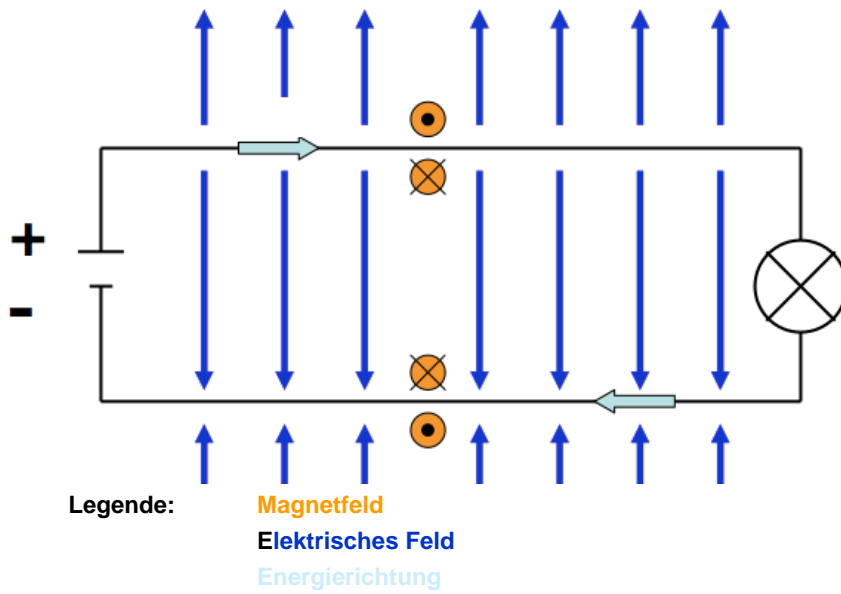
Wie sahen außerdem bei diesem Experiment einen Zusammenhang zur Handy-Übertragung, bei der die Informationsübertragung auch nicht durch Kabel sondern sozusagen „durch die Luft“ stattfindet, nur dass dort die Wellenlänge deutlich kleiner ist.



„Rechte-Hand-Regel“ des Energietransportes



Schema zur Energierichtung:





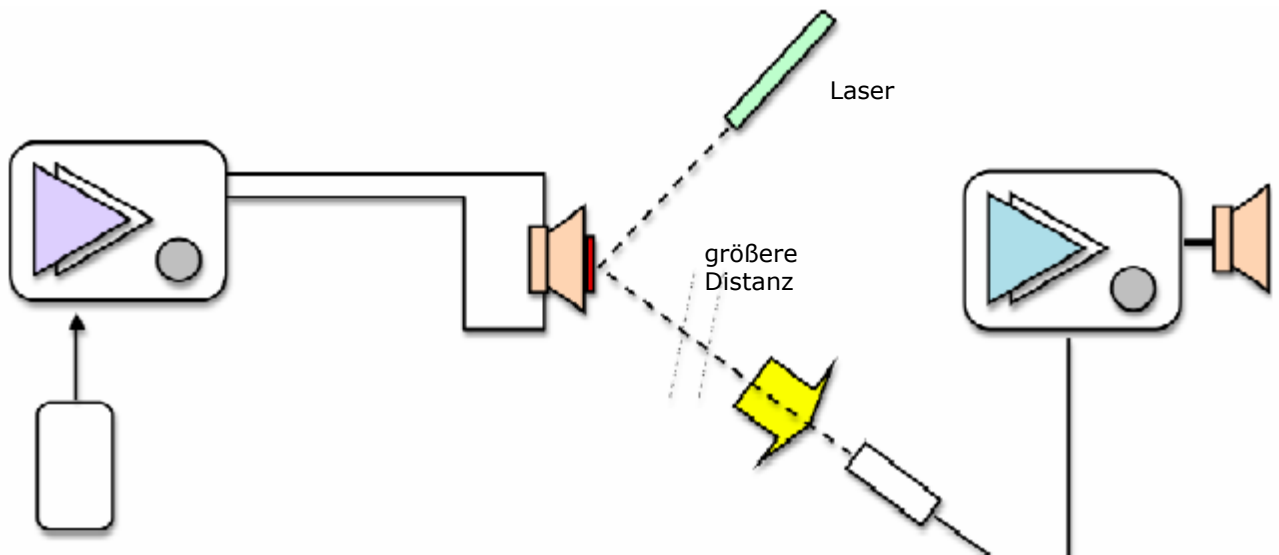
## Informationsübertragung Laser-Spiegel-Variante

Um die Übertragungsqualität weiter zu verbessern und um auch über größere Distanzen möglichst verlustfrei Signale zu übertragen, probierten wir einen Aufbau mit Laserlicht aus.

### Material:

- NF-Quelle
- Verstärker A
- Lautsprecher mit Spiegel
- Grüner Laser
- Lichtempfänger (Phototransistor mit Halter)
- Verstärker B
- Lautsprecher

### Aufbau:



### Durchführung:

Das NF-Signal aus dem MP3-Player wurde wie gehabt über ein passendes Kabel in den Verstärker A eingespeist. Diesmal wurde der Verstärker jedoch statt mit einer Lichtquelle mit einem Lautsprecher verbunden, auf dem in der Mitte (auf der Abdeckklappe über dem Magnetpol) ein Spiegel befestigt war.

Den Laser positionierten wir so, dass dessen Licht möglichst flach auf den Spiegel auftraf und auf den Phototransistor reflektiert wurde, der sich in mehreren Metern Entfernung befand.

Dieser setzte die empfangenen Helligkeitsschwankungen wie in den vorangegangenen Experimenten in ein elektrisches Wechselspannungssignal um. Diese Signale wurden mittels Verstärker B und dem Lautsprecher hörbar gemacht.

Zu Anfang stellte sich uns die Frage, wie es zu Helligkeitsschwankungen kommen konnte, wenn der Laser doch immer gleich intensiv strahlte. Schließlich war er unabhängig von unserem NF-Signal.

Grund für die Helligkeitsschwankungen war auch nicht die Lichtintensität sondern das räumliche Schwingen des Laserpunktes, da der Spiegel in Lautsprecher A seine Position im Takt der Musik geringfügig änderte. Der reflektierte Strahl traf somit nicht immer ganz genau auf den Phototransistor und es wurde nur ein Teil des Lichtes empfangen. Die Information an sich wurde vollständig übertragen, da die Schwingungen des Spiegels mit denen des Laserpunktes übereinstimmen.

Da die Informationsübertragung hierbei ganz entscheidend von dem räumlichen Schwingen des Laserpunktes relativ zur Photodiode abhängt, war es beim Versuchsaufbau von großer Wichtigkeit, dass der Phototransistor exakt justiert wurde und nicht wackeln konnte.

## **Beobachtungen:**

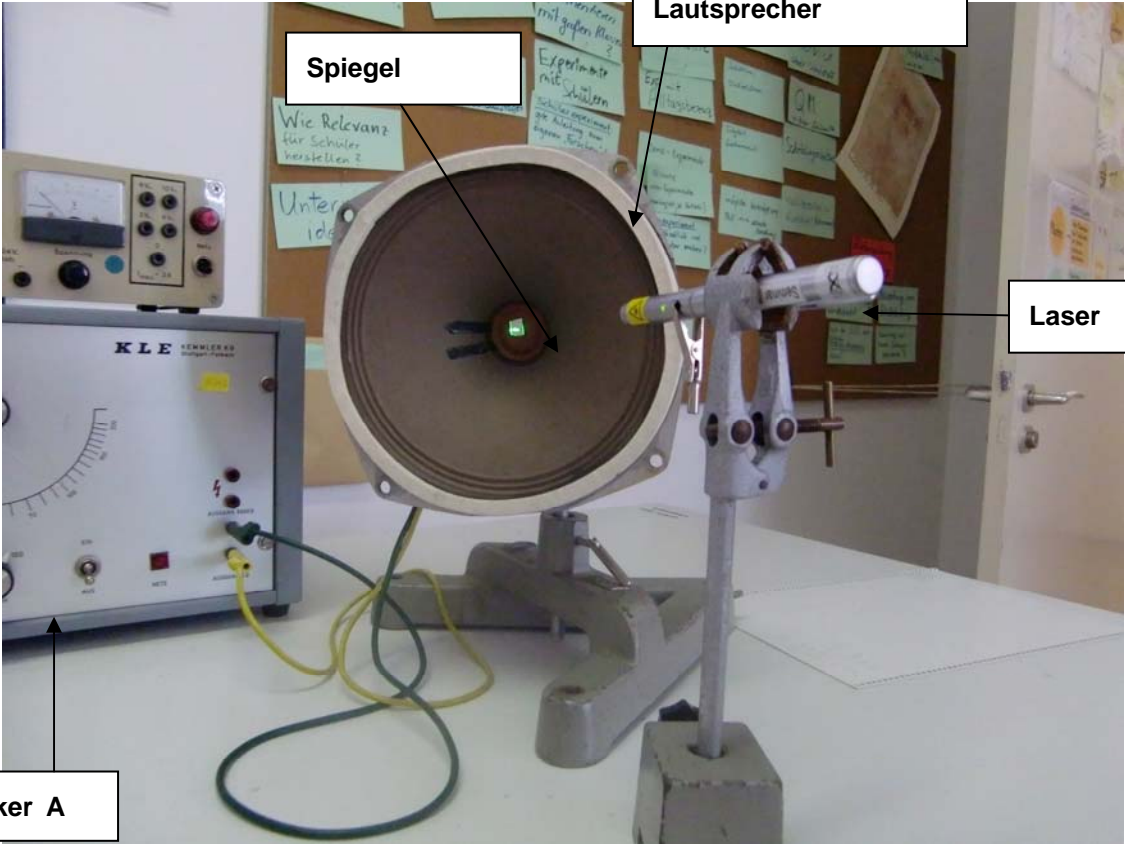
Diese Versuchsanordnung lieferte die besten Ergebnisse: Die Lieder wurden über mehr als 20 m hinweg nahezu störungsfrei und unverzerrt übertragen.

Der einzige gravierende Nachteil gegenüber der Übertragung mit Kabeln besteht darin, dass sich nichts im Wege des Laserstrahls befinden darf, das diesen absorbiert oder ablenkt.

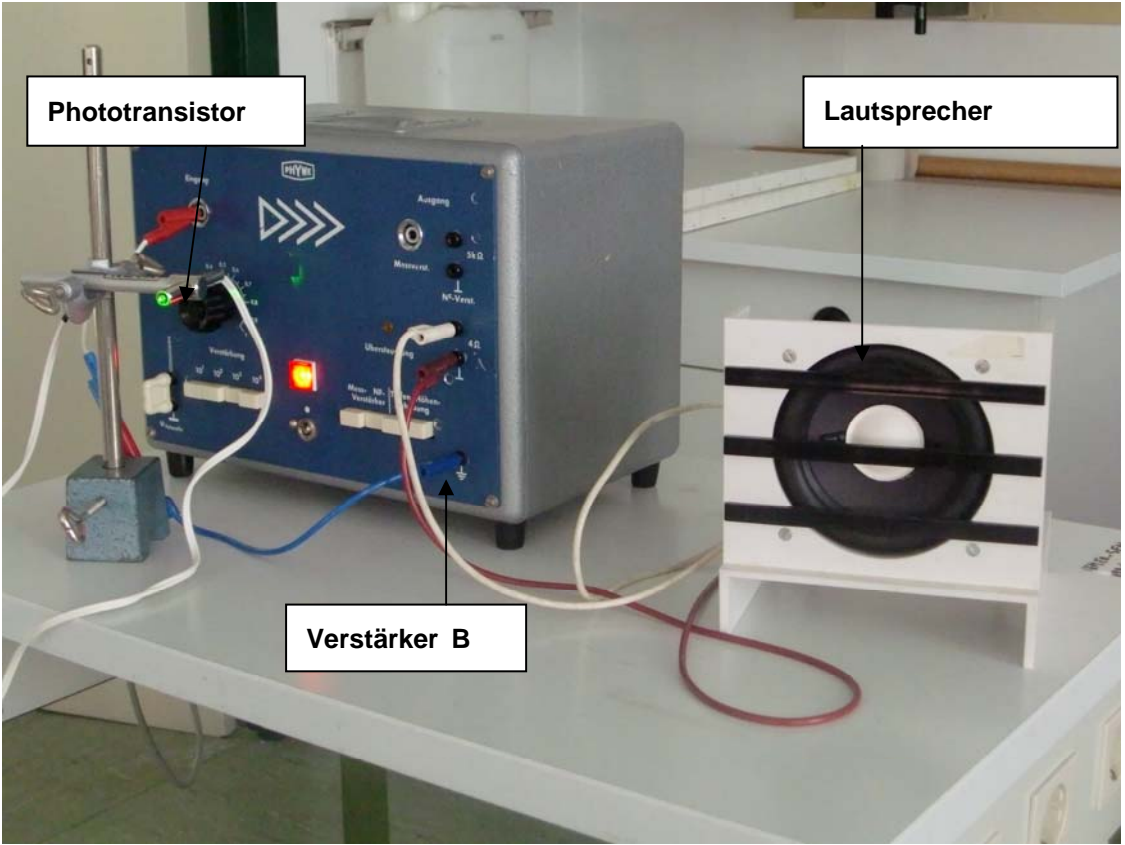
Diese Methode des Hörbarmachens räumlicher Schwingungen eines Laserpunktes lässt sich jedoch auch anderweitig verwenden: In Form einer Überwachungsanlage.

Hierbei wird der Laserpunkt von außen auf die Fensterscheiben des Raumes gerichtet, der belauscht werden soll und die Schwingungen der Scheibe durch Schallschwingungen (Gespräche) im Inneren lassen sich nach dem oben gezeigten Prinzip wieder hörbar machen. In Deutschland ist diese Art der Überwachung allerdings verboten.

**Sendemodul:**



**Empfangsmodul:**



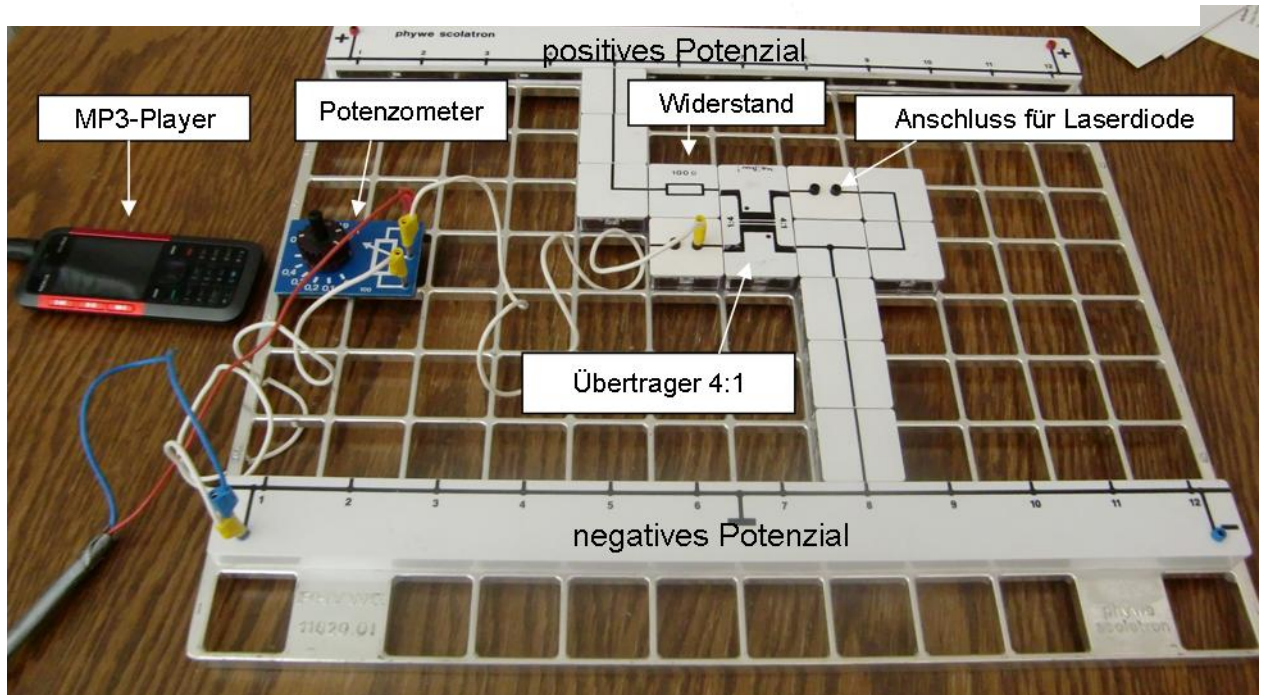
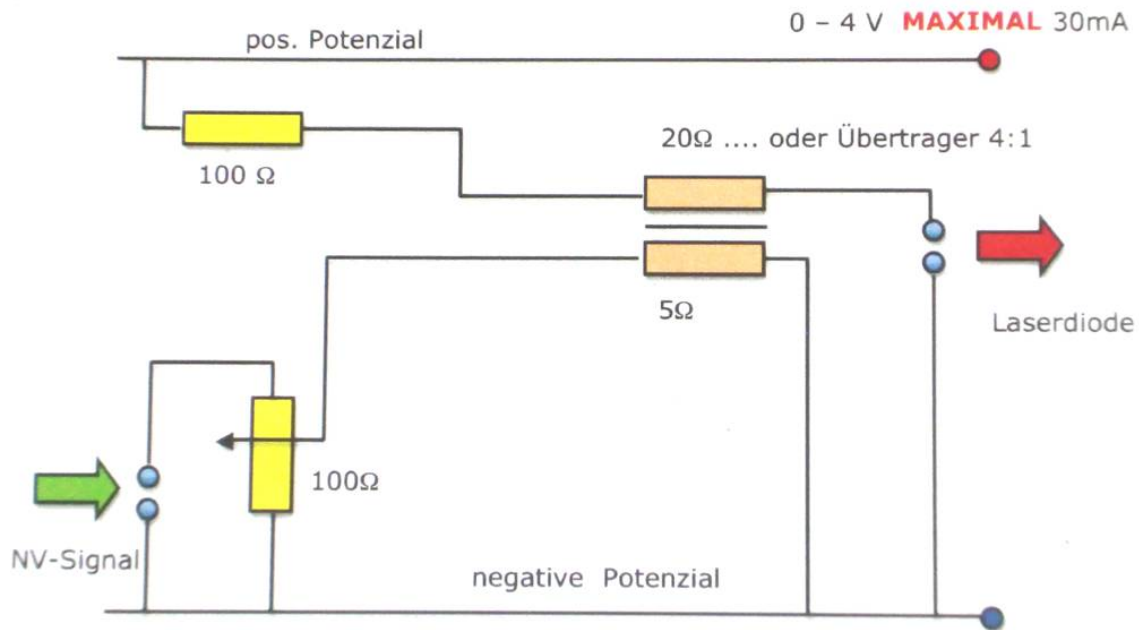
# Informationsübertragung modulierte Laser

Bei diesem Versuch testeten wir die Tauglichkeit einer Laserdiode zur Informationsübertragung:

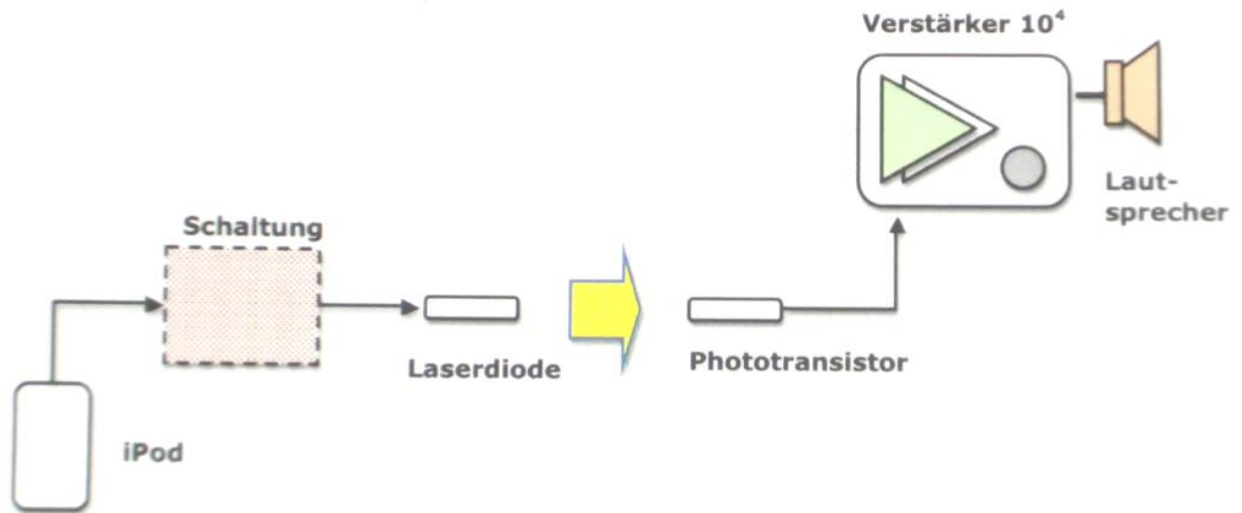
## Material:

- Niederfrequenz-Quelle – hier wird ein MP3-Player verwendet
- Schaltung, Lichtempfänger – Phototransistor mit Halter
- Verstärker, Lautsprecher

## Aufbau:

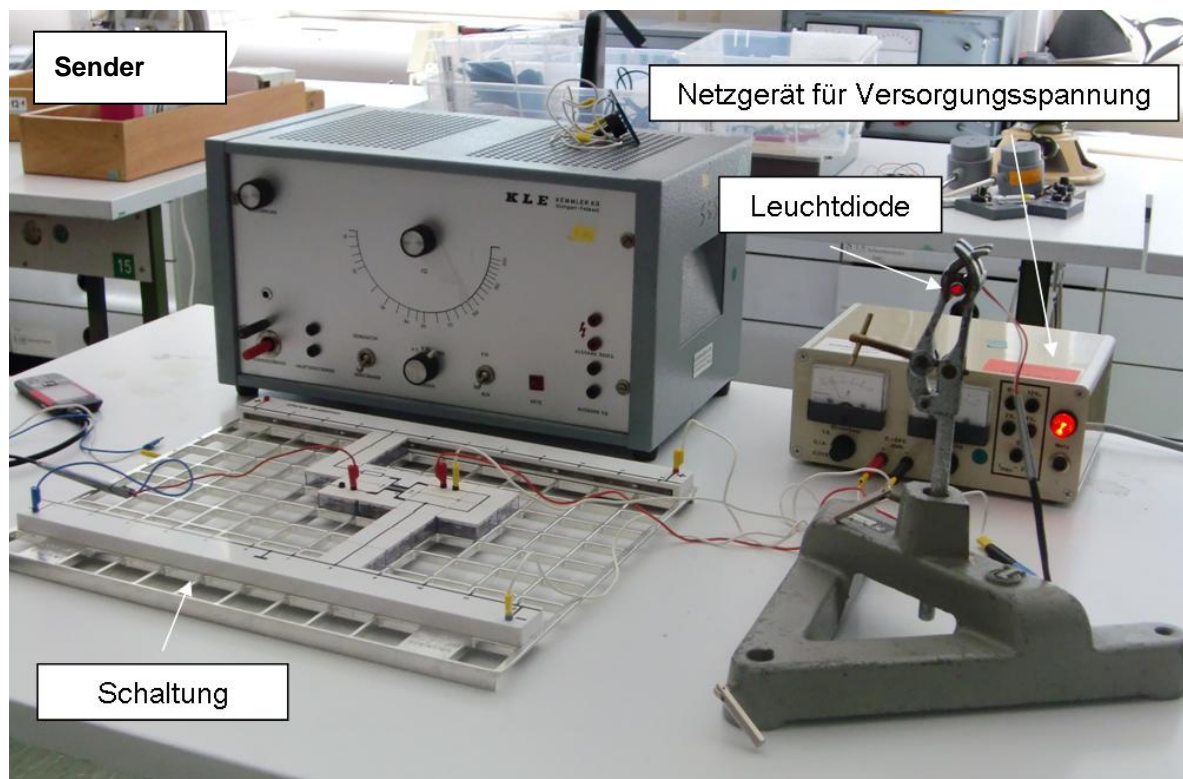


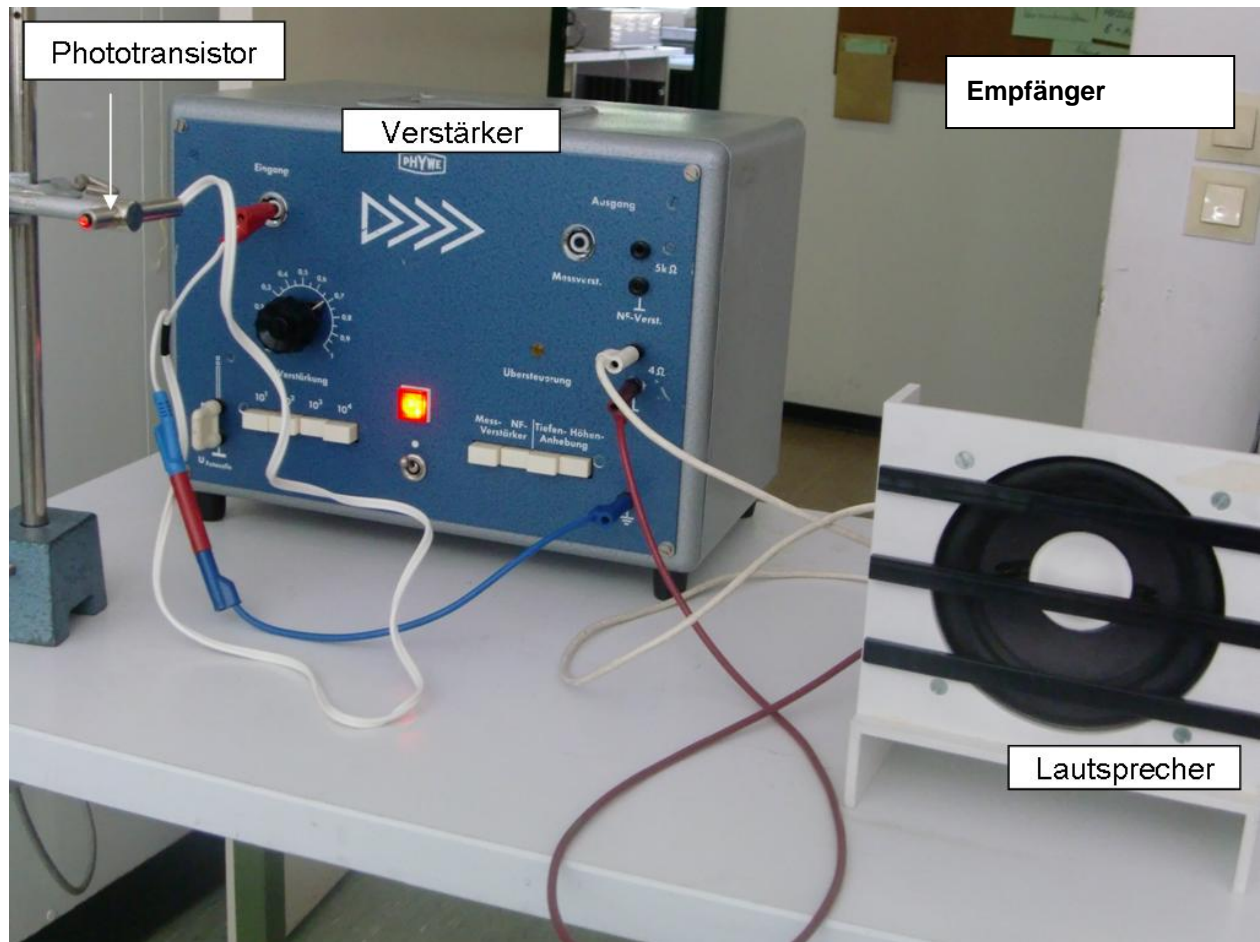




Der MP3-Player wird an die selbst zusammengesteckte elektronische Schaltung angeschlossen, wobei auf das Potenziometer verzichtet werden kann, da sich die Lautstärke direkt am MP3-Player regeln lässt. So wird das Signal zudem besser. Die Laserdiode wird auf den Phototransistor ausgerichtet, der das Signal zum Verstärker leitet. An den Verstärker wird der Lautsprecher angeschlossen.

Nun wird die Versorgungsspannung der Schaltung langsam hochgedreht, bis der Lasereffekt der Leuchtdiode eintritt. Das absolute Maximum beträgt hier 9V, da die Laserdiode sonst zerstört werden kann.





### Ergebnisse des Experiments:

Dieser Versuch ist mit dem Versuch „Informationsübertragung Lichtvariante – Verbesserung“ zu vergleichen, doch wird anstelle eines Lämpchens eine Laserdiode verwendet, so dass eine Übertragung über weitere Entfernungen möglich und die Qualität besser ist.

Die Grundspannung lässt die Laserdiode durchgehend leuchten, das Signal der Niederfrequenzquelle wird mit einem Übertrager 4:1 verstärkt.

Dennoch konnten wir Unterschiede in der Übertragungsqualität feststellen – die Musik mancher Lieder eignet sich besser, die von anderen schlechter. Wir vermuten, dass es mit Rhythmus und Tonhöhe zusammenhängt.