Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1

Versuche zu elektrischen Ladungen

1.1 Reibungselektrizität (Papierschnitzel)

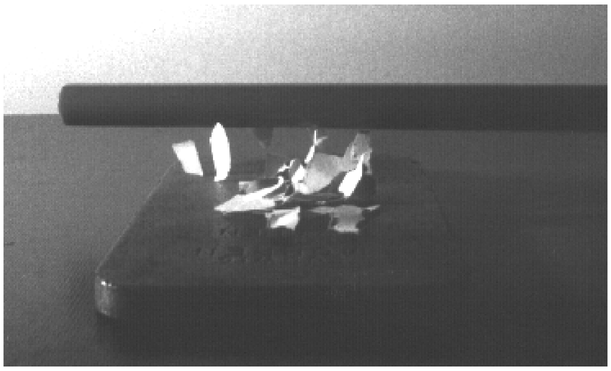
Benötigt werden:

- Reibzeug: Plexiglasstab und Seide
- Papierschnitzel

Aufbau:

Durchführung:
Der Plexiglasstab wird mit der Seide gerieben und der Stab über die Papierschnitzel gehalten.

Beobachtung:



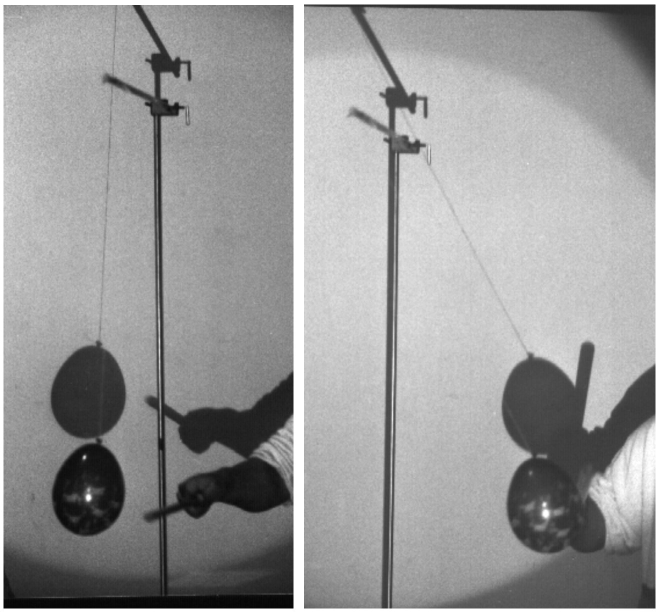
Die Papierschnitzel werden angezogen.

1.2 Existenz unterschiedlicher Ladungen

Benötigt werden:

- 1 Luftballon mit ca. 13 cm Durchmesser, der an einem 1 m langen, dünnen Faden befestigt ist
- Stativstangen und Muffen
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell und Plexiglasstab + Seide
- Kohlebogenlampe

Aufbau:



Der Luftballon wird an einem "Galgen" aus Stativstangen aufgehängt. Dabei ist zu beachten, daß der Abstand des Ballons zu der senkrechten Stange möglichst groß ist, da er auf Grund der Influenz von der Stange angezogen werden kann und an ihr haften bleibt. Der Aufbau wird mit der Lampe an die Wand projiziert.

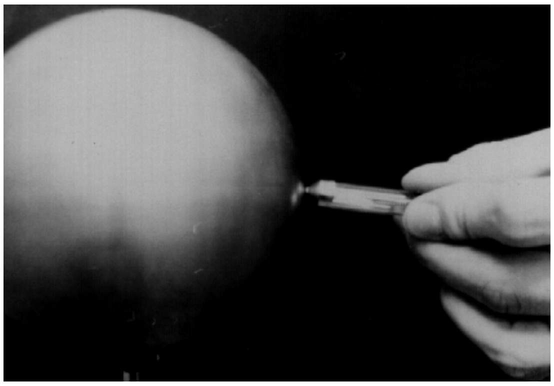
Durchführung und Beobachtung:
Der Luftballon wird direkt durch das Reiben mit dem Fell geladen.
1) Der PVC-Stab wird mit dem Fell gerieben und dem Ballon genähert. Aufgrund der gleichen Ladung wird der Ballon abgestoßen.
2) Nun wird der Plexiglasstab an der Seide gerieben und dem Ballon genähert. In diesem Fall wird eine Anziehung beobachtet.

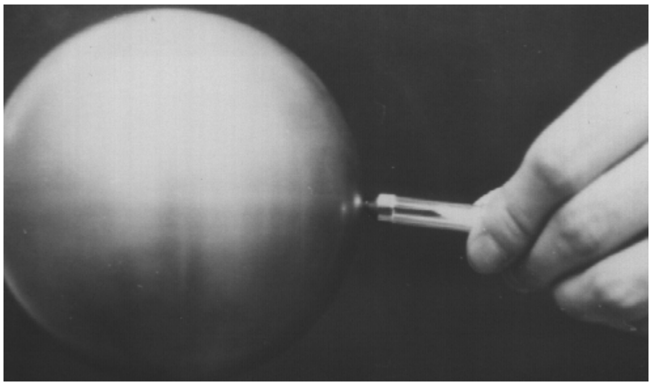
1.3 Glimmlampe: Leiter und Isolatoren

Benötigt werden:

- Hartgummi-(Tribidur)stab
- Katzenfell
- Glimmlampe
- Metallplatte (isoliert aufgestellt)
- Kunststoffplatte

Aufbau:





Durchführung:
Mit dem geriebenen Stab wird zunächst die Metallplatte aufgeladen. Dann wird die Glimmlampe an verschiedenen Stellen auf die Platte gehalten.
Der Vorgang wird anschließend mit der Kunststoffplatte wiederholt.

Beobachtung:
Bei der Berührung mit der Metallplatte leuchtet das Lämpchen nur beim ersten Mal auf, bei der Kunststoffplatte leuchtet es an den verschiedenen Stellen auf.

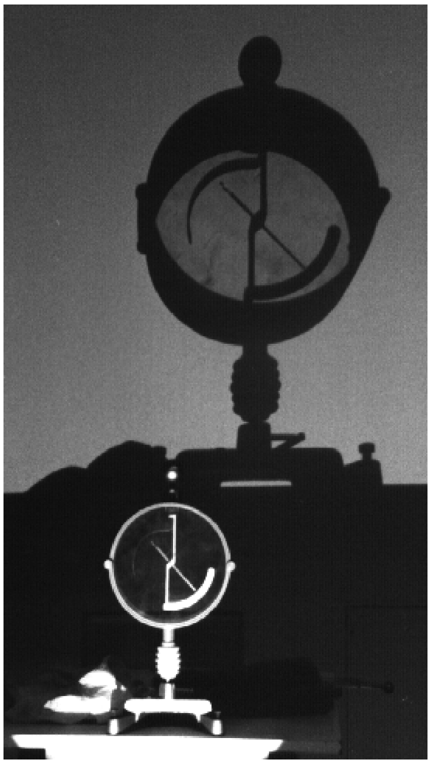
Bemerkung:
Auf den richtigen Pol der Glimmlampe achten.

1.4 Braunsches Elektroskop

Benötigt werden:

- Braunsches-Elektroskop
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell
- Metalllöffel

Aufbau:



Durchführung:
Den PVC-Stab mit dem Fell reiben und mit dem Metalllöffel die Ladung portionsweise auf das Elektroskop auftragen.

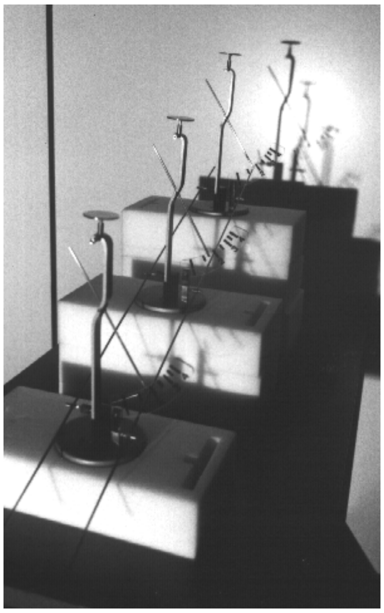
Beobachtung:
Man beobachtet, daß die Auslenkung des Elektroskops zunimmt.

1.5 Ladungsverteilung auf einem metallischen Leiter

Bentigt werden:

- 3 baugleiche Elektroskope mit Skalen
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell
- 2 Kabel
- "Erde"

Aufbau:



Durchführung:
Die Elektroskope werden mit den Kabeln untereinander verbunden und geerdet. Auf eines wird nun mit dem Reibzeug Ladung aufgebracht. Anschließend wird ein Elektroskop mit der Hand berührt.

Beobachtung:
Alle drei Elektroskope zeigen die gleiche Ladungsmenge an. Bei der Berührung mit der Hand geht bei allen der Ausschlag auf Null zurück.

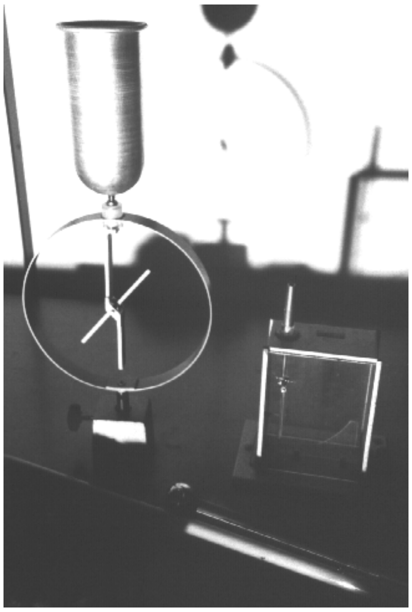
Bemerkung:
Da sich die Felder der einzelnen Elektroskope stark beeinflussen können, ist es ratsam, die Elektroskope hintereinander zu stellen und in unterschiedliche Höhe, wie es dem Foto zu entnehmen ist. Sollte der Versuch nicht das gewünschte Ergebnis liefern, ist zu prüfen, ob über die Kabel eventuell Ladung an den Experimentiertisch o. ä. abgegeben wird.

1.6 Faradaybecher

Benötigt werden:

- Faradaybecher auf Elektroskop (10 kV)
- Konduktorkugel auf Elektroskop (10 kV)
- Reibzeug: PVC- Stab + Fell
- elektrischer Löffel

Aufbau:



Durchführung:
Den PVC-Stab mit dem Fell reiben und die Ladung mit der Konduktorkugel auf das Elektroskop bringen. Nun mit dem elektrischen Löffel von der Konduktorkugel Ladung in den Faradaybecher einbringen.

Beobachtung:
Das Elektroskop schlägt aus.

Durchführung:
Nun das Elektroskop mit Konduktorkugel entladen und mit dem elektrischen Löffel versuchen, Ladung aus dem Innenbereich des Faradaybechers, danach von dem Außenbereich auf das Elektroskop mit Konduktorkugel löffeln.

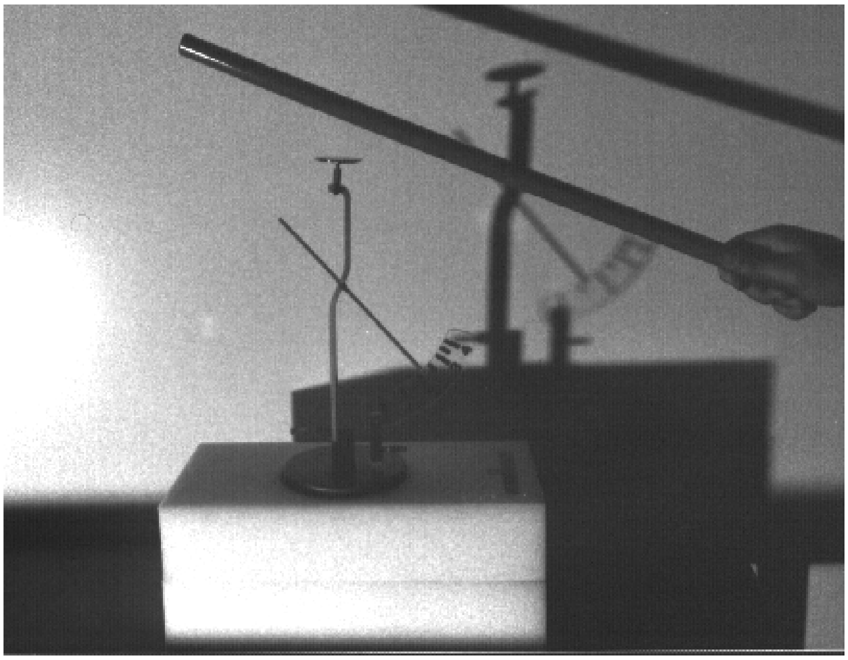
Beobachtung:
Im ersten Fall ist keine Ladungsübertragung möglich, im zweiten Fall zeigt das Elektroskop eine Ladungsübertragung an.

1.7 Influenz: geladener Stab in Nähe eines Elektroskops

Benötigt werden:

- Elektroskop
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell

Aufbau:



Durchführung:
Der geladene Stab wird in die Nähe des Elektroskops gebracht, ohne es jedoch zu berühren.

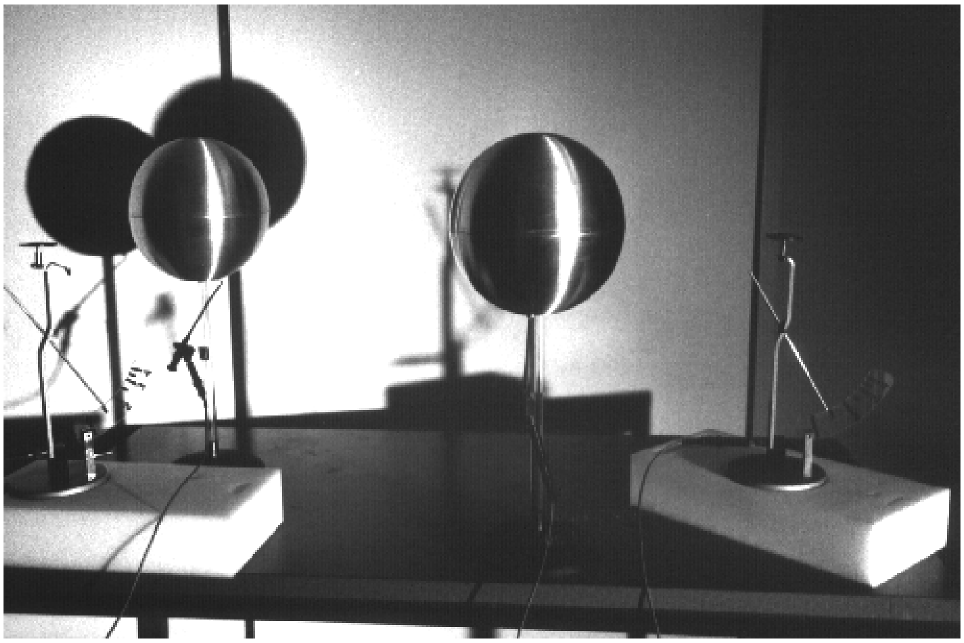
Beobachtung:
Das Elektroskop zeigt einen Ausschlag, solange der Stab sich in seiner Nähe befindet. Wird der Stab entfernt, geht der Ausschlag auf Null zurück.

1.8 Kontakt von geladenem mit ungeladenem Leiter

Benötigt werden:

- 2 gleichgroße Konduktorkugeln
- 2 Hochspannungskabel
- 2 baugleiche Elektroskope mit Skalen
- Reibzeug: PVC-Stab und Fell
- "Erde"

Aufbau:



Durchführung:
Beide Kugeln werden jeweils über die Hochspannungskabel mit den Elektroskopen verbunden. Die Kugeln sollten möglichst weit von einander entfernt aufgestellt werden. Es ist darauf zu achten, daß die Kabel nicht den Experimentierwagen berühren. Vor Versuchsbeginn sollten sowohl die Kugeln als auch die Elektroskope geerdet werden. Nun wird eine Kugel mittels Reibzeug aufgeladen und von der ungeladenen Kugel berührt.

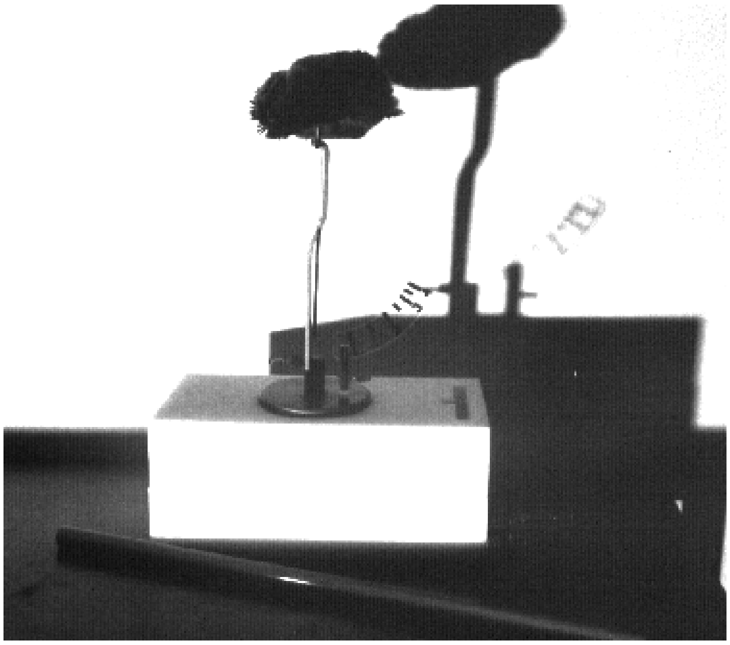
Beobachtung:
Die Ladung hat sich gleichmäßig auf beide Kugeln verteilt.

1.9 Ladungserhaltung

Benötigt werden:

- Elektroskop
- Reibzeug: PCV-Stab + Fell

Aufbau:



Durchführung:
Der Stab wird an dem Fell gerieben und das Fell anschließend auf das Elektroskop gelegt. Anschließend wird die Ladung des Stabes am Elektroskop abgestreift.

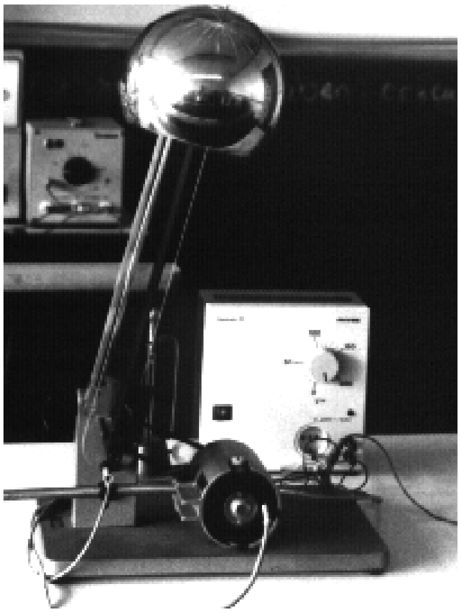
Beobachtung:
Der vom Fell erzeugte Ausschlag geht beim Aufbringen der Ladung des Stabes auf Null zurück.

1.10 Der Bandgenerator

Benötigt werden:

- Van-der-Graaff-Generator
- kleine Metallkugel mit Kunststoffgriff
- Motor

Aufbau:



Durchführung:
Das Band des Generators wird über einen Motor angetrieben. Die Ladung auf dem Dom des Generators wird durch das Nähern der Metallkugel an den Dom sichtbar gemacht.

Beobachtung:
Ist die Ladung auf dem Dom groß genug, springen Funken auf die Kugel über.

Bemerkung:
Um den Funkenschlag beobachten zu können, ist der Hörsaal zu verdunkeln.

Kapitel 2

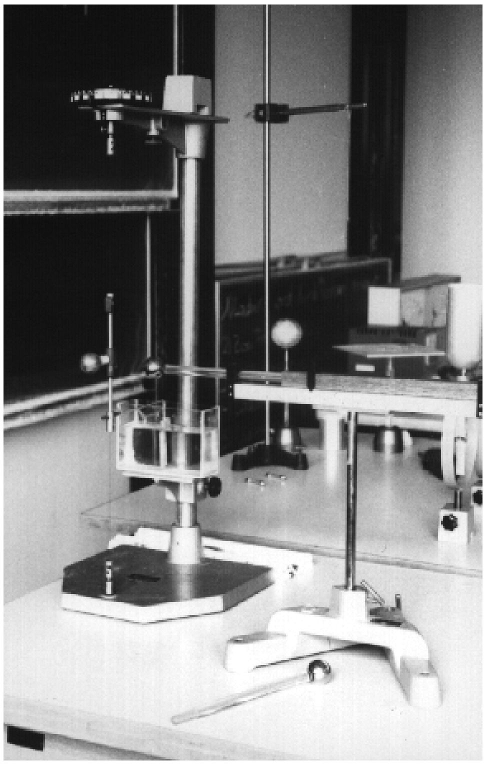
Versuche zum Coulombschen Gesetz

2.1 Coulombsche Drehwaage

Benötigt werden:

- Torsionsdrehwaage nach Schürholz LH 51 601
- Wasser für den Dämpfungsbecher
- Laser
- 2 kleine Konduktorkugeln auf Ständern (genauso groß, wie die Kugel an der Drehwaage!)
- Reibzeug: PVC-Stab
- Meßlatte

Aufbau:



Der Aufbau sollte auf zwei getrennten Tischen erfolgen, um Erschütterungen so gering wie möglich zu halten. Auf einem Tisch befinden sich die Drehwaage und die Konduktorkugel, auf dem anderen der Laser. Der Laser ist so zu justieren, daß der Strahl, wenn er von dem am Torsionsdraht befindlichen Spiegel reflektiert wird, oberhalb des Lasers wieder ankommt. Um den reflektierten Strahl sichtbar zu machen, stellt man entweder den Aufbau vor eine weiße Hörsaalwand oder man befestigt hinter dem Laser ein weißes Blatt Papier. Der Nullpunkt wird markiert. Die Konduktorkugel sollte auf dem Ständer die gleiche Höhe haben wie die Kugel an dem Torsionsdraht.

Durchführung:
Auf eine der kleinen Konduktorkugeln, im folgenden mit K_2 bezeichnet, wird mit dem Reibzeug Ladung aufgebracht. Mit dieser geladenen Kugel K_2 wird die, an dem Torsionsdraht befestigte, Kugel K_1 berührt, so daß auf beiden Kugeln die gleiche Ladungsmenge vorhanden ist. Die Konduktorkugel K_2 wird im Abstand von 20 cm von Kugel K_1 aufgestellt. Die Auslenkung des Laserstrahls wird markiert. Mit der dritten, neutralen Konduktorkugel K_3 wird nun die Ladung der Konduktorkugel K_2 halbiert und die Auslenkung des Laserstrahls markiert. Mit dem gleichen Vorgang wird die Ladung von K_2 nun auf ein Viertel der ursprünglichen Ladung reduziert. Nun wird der Abstand der beiden Kugeln K_1 und K_2 auf 14,14 cm und anschließend auf 10 cm reduziert und die Ausschläge bei gleicher, halber und viertel Ladung markiert.

Beobachtung:
Bei dem Halbieren und Vierteln der Ladung halbiert bzw. viertelt sich auch die Auslenkung. Bei der Verkürzung des Abstandes verdoppelt bzw. vervierfacht sich der Ausschlag.

Kapitel 3

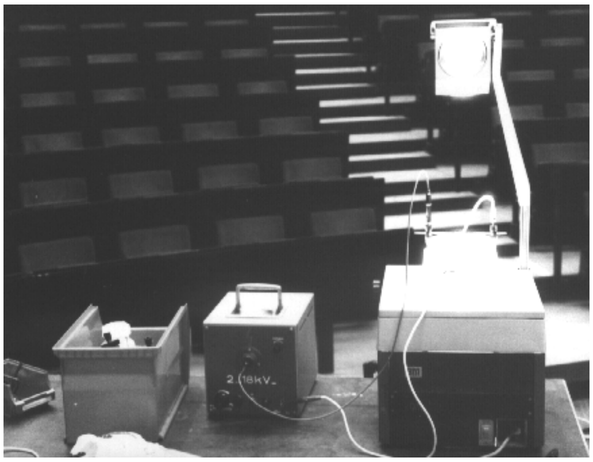
Versuche zum elektrischen Feld

3.1 Feldlinienbilder Teil 1: Punktladungen

Benötigt werden:

- Plexiglasschale
- Elektroden
- Grieß in Rizinusöl (über Nacht quellen lassen)
- Bandgenerator mit REO
- Overheadprojektor

Aufbau:

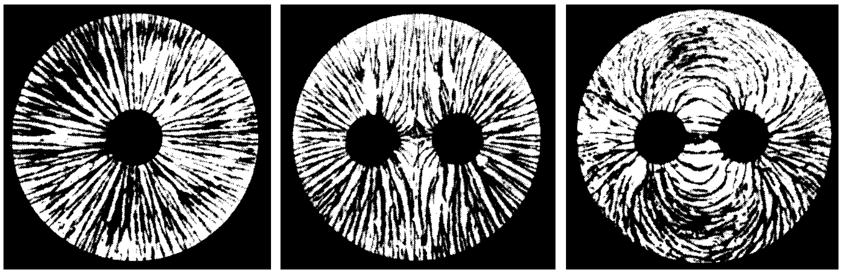


Durchführung:
Gezeigt wird:

1. Feld eines Monopols (Metallring einlegen und diesen erden!)
2. Feld zweier Punktladungen mit gleicher bzw. unterschiedlicher Ladung

Die Demonstration erfolgt über den Overheadprojektor.

Beobachtung:



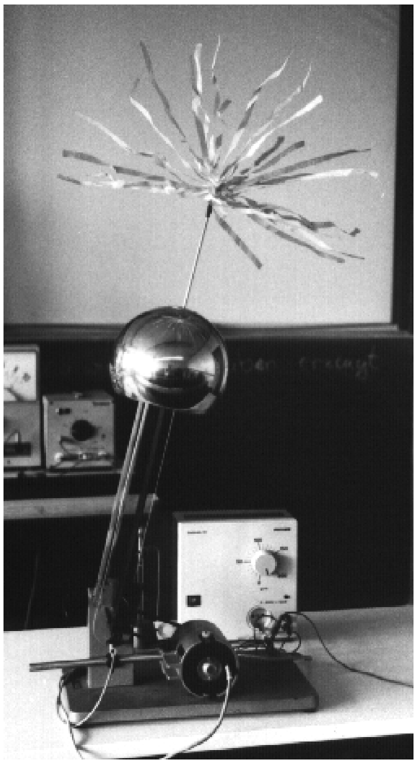
Die Grießkörner richten sich im elektrischen Feld aus.

3.2 3-dimensionale Feldlinien: Papierbüschel

Benötigt werden:

- Van-der-Graaff-Generator
- Papierbüschel auf Halterung
- Motor

Aufbau:



Die Halterung des Papierbüschels wird auf den Dom des Generators gesteckt.

Durchführung:
Das Band des Generators wird über den Motor angetrieben.

Beobachtung:
Die Papierstreifen richten sich entlang des Feldes aus.

3.3 3-dimensionale Feldlinien: Haare

Benötigt werden:

- Van-der-Graaff-Generator
- Versuchsperson mit langen, frischgewaschenen Haaren
- Motor
- isolierende Platte

Aufbau:


Durchführung:
Die Versuchsperson stellt sich auf die isolierende Platte und legt eine Hand auf den Dom des Generators. Der Generator wird über den Motor angetrieben.

Beobachtung:
Die Haare richten sich entlang des Feldes aus.

3.4 Feldlinienbilder Teil 2: homogenes Feld

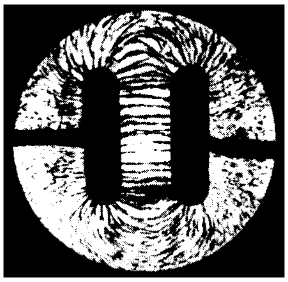
Benötigt werden:

- Plexiglasschale
- 2 lange Elektroden
- Grieß in Rizinusöl (über Nacht quellen lassen)
- Bandgenerator mit REO
- Overheadprojektor

Aufbau:
Der Aufbau erfolgt analog zu Versuch 3.1, jedoch mit anderen Elektroden.

Durchführung:
Eine Platte wird geerdet, die andere aufgeladen. Die Demonstration erfolgt über den Overheadprojektor.

Beobachtung:



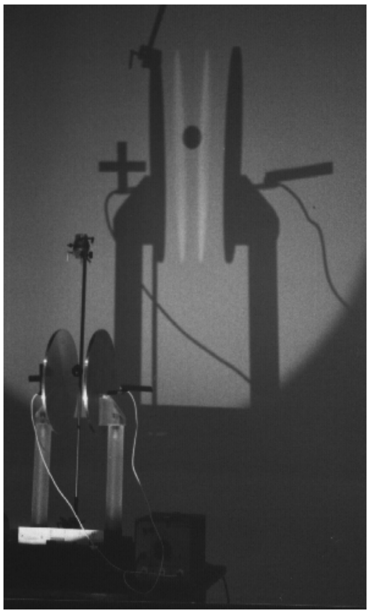
Die Grießkörner richten sich im homogenen elektrischen Feld aus.

3.5 Monopol im Feld eines Plattenkondensators (geladener TT-Ball)

Benötigt werden:

- großer Kondensator
- Braunsches Elektrovoltmeter 1,5 kV
- Netzgerät LH 6 kV
- Monopol: graphitierter TT-Ball an einer ca. 1 m langen Perlonschnur
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell
- elektrischer Löffel
- Entladungsgabel

Aufbau:



Durchführung:
Das Netzgerät anschließen und bei der Spannungsreglerstellung "0" den Ball an einer Kondensatorplatte entladen. Den PVC-Stab mit dem Fell reiben und mit dem elektrischen Löffel die Ladung vom Stab portionsweise auf den TT-Ball übertragen. Nun den Kondensator mit Hilfe des Netzgerätes aufladen.

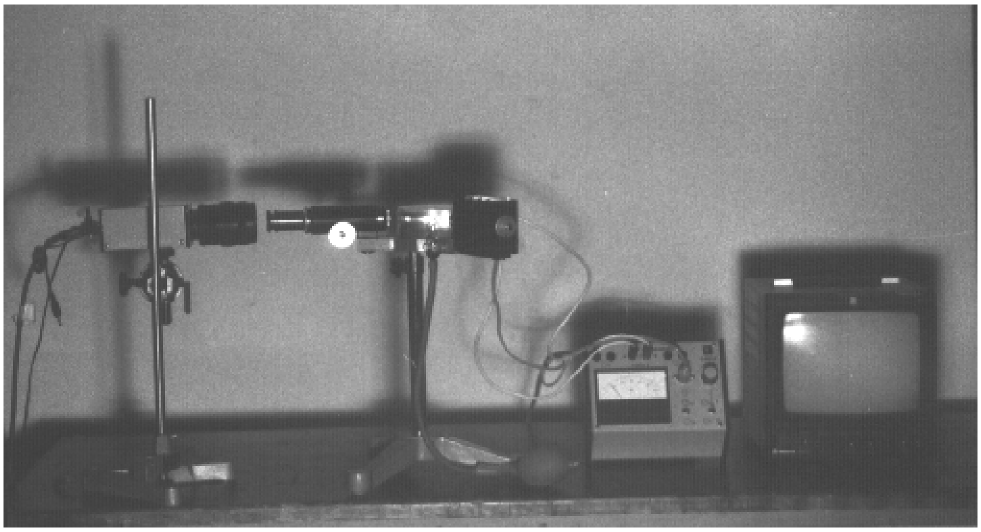
Beobachtung:
Der TT-Ball wird ausgelenkt.

3.6 Millikan-Versuch

Benötigt werden:

- Millikangerät LH 55 941
- Netzgerät dazu LH 55 942
- Kamera: Nemco CCD mit Objektiv tarcus 35 mm No. 21 821,
  Einstellung: Blende 2,8 , 2,5 m
- Monitor: National WV- 53 10
- Stoppuhr

Aufbau:



Die Kamera wird 2 cm vor der Linse des Okulars aufgebaut.

Durchführung:
Im ersten Versuchsteil fallen die Tröpfchen ohne Einwirkung des elektrischen Feldes nur aufgrund der Schwerkraft. Die Zeit, die ein Tröpfchen für eine bestimmte Strecke benötigt, wird gestoppt. Dies wird mehrmals wiederholt, und daraus die Fallgeschwindigkeit ermittelt.
Im zweiten Teil wird das elektrische Feld erzeugt und die Steiggeschwindigkeit kann analog ermittelt werden. (Der Schwebezustand ist bei 80 - 100 V erreicht.)

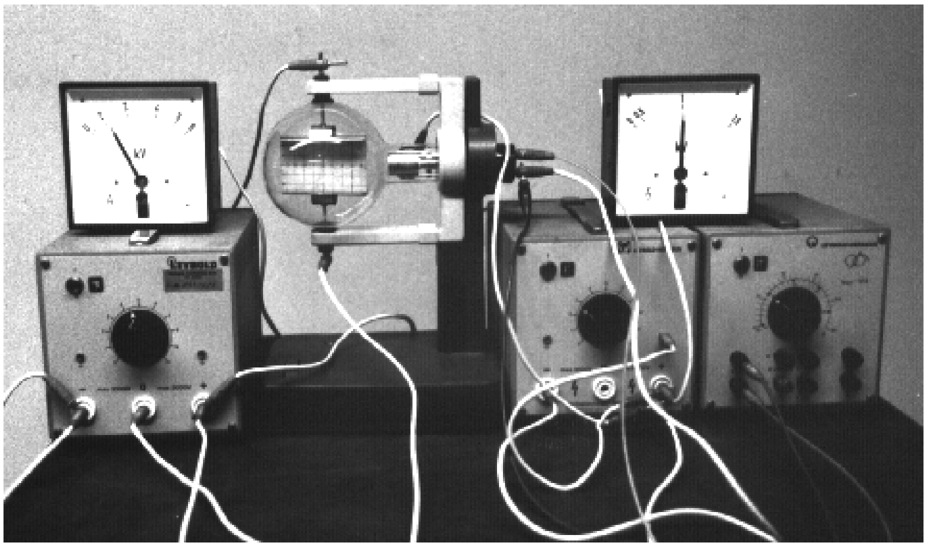
Bemerkung:
Projektion mit Großbildprojektor.

3.7 Ablenkung eines Elektronenstrahls

Benötigt werden:

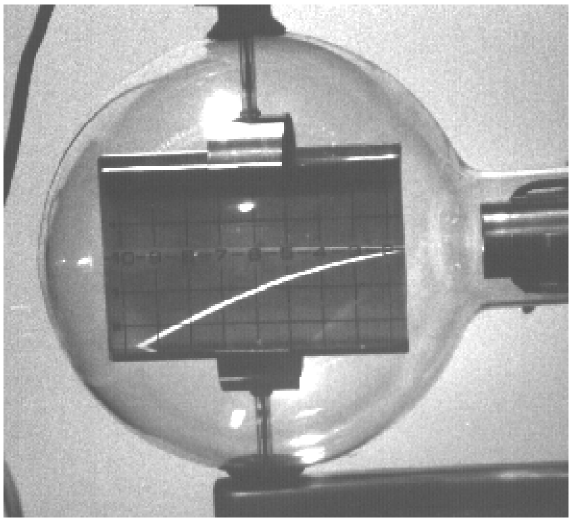
- Elektronenstrahl-Ablenkröhre LH.- Nr. 555 12
- Experimentierständer LH.- Nr. 555 05
- Netzgerät (Heizspannung) LH.- Nr. 562 76
- Netzgerät (Anodenspannung) LH.- Nr 522 37
- Netzgerät (Plattenkondensator) LH.- Nr 522 37
- stat. Voltmeter 0 ... 1,5 V LH.- Nr. 540 38
- stat. Voltmeter 0 ... 6 V LH.- Nr. 540 39

Aufbau:



Durchführung:
Nachdem der Elektronenstrahl sichtbar ist, wird im ersten Versuchsteil die Spannung an den Kondensatorplatten erhöht, im zweiten Versuchsteil wird die Beschleunigungsspannung erhöht.

Beobachtung:



Der Strahl je nach Stärke des elektrischen Feldes, bzw. der Beschleunigungsspannung, unterschiedlich stark ausgelenkt.

Bemerkung:
Achtung: Die Heizspannungsquelle muß hochspannungsfest sein!

3.8 Feldlinienbilder Teil 3: geschlossener Ring

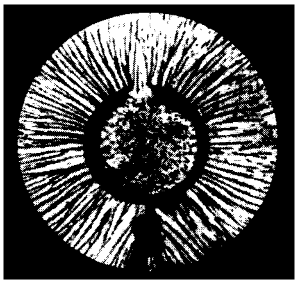
Benötigt werden:

- Plexiglasschale
- 2 Ringelektroden
- Grieß in Rizinusöl (über Nacht quellen lassen)
- Bandgenerator mit REO
- Overheadprojektor

Aufbau:
Analog zu Versuch 3.1.

Durchführung:
Die beiden Elektroden werden in die Schale gelegt und der äußere Ring geerdet. Die Demonstration erfolgt über den Overheadprojektor.

Beobachtung:



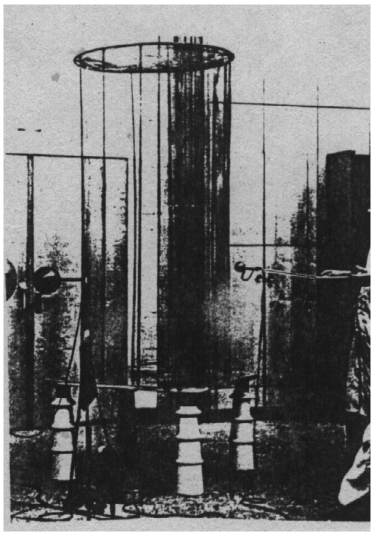
Die Grießkörner richten sich im elektrischen Feld aus.

3.9 Großer Faradaykäfig

Benötigt werden:

- großer Faradaykäfig auf Isolierstützen
- Eintrittsstufe
- große Metallkugel an ca. 1 m langem Plexiglasstab
- Bandgenerator
- Fahrtisch

Aufbau:



Den Faradaykäfig stabil aufstellen, den Bandgenerator auf einem Fahrtisch mit Erdkabel ca. 1 m neben dem Käfig anbringen.

Durchführung:
Den Bandgenerator anlaufen lassen, dabei den unteren Kamm erden (eventuell die Kämme, insbesondere den unteren nachstellen, gegebenenfalls die Kugel mit Spiritus abreiben und das Band trocken fönen.). Bei abgedunkeltem Hörsaal Funkenstrecken zwischen Bandgenerator und geerdeter Kugel auf Plexiglasstab zeigen. Nun den Bandgenerator mit dem Faradaykäfig verbinden, die Versuchsperson in den Käfig steigen lassen, den Bandgenerator anlaufen lassen und mit geerdeter Kugel Funken aus der Käfigwand ziehen.

Bemerkung:
Achtung!!!
Käfig entladen, bevor die Person den Käfig verläßt!!!

Kapitel 4

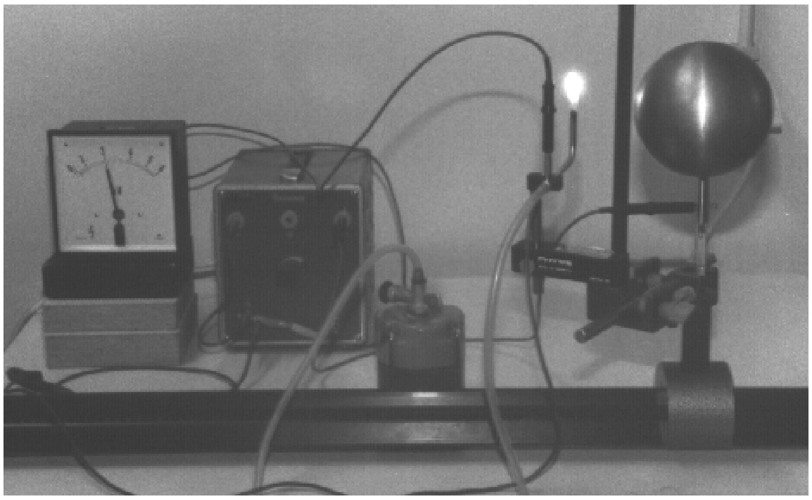
Versuche zum Potential

4.1 Flammensonde: Kugel

Benötigt werden:

- Flammensonde
- Bunsenbrenner
- Streichhölzer
- Hochspannungsquelle Leybold E 1086 (Seffent)
- Voltmeter 0 ... 6 kV
- Konduktorkugel
- Experimentierschiene

Aufbau:



Die Konduktorkugel auf der Experimentierschiene befestigen und die Flammensonde so mit drehbaren Muffen verbinden, daß die Sonde auf einer Äquipotentiallinie um die Kugel bewegt werden kann. Die Kugel mit dem Pluspol der Hochspannungsquelle verbinden. Den Minuspol auf Erde legen. Die Erde mit der Halterung der Sonde und dem Voltmeter verbinden. Sonde mit dem Pluspol des Voltmeters verbinden.

Durchführung:
Hochspannung bei voller Leistung betreiben. Flamme anzünden und mit der Sonde Äquipotentialflächen abfahren.
Für den zweiten Teil auch die Sonde auf der Schiene befestigen und den Abstand zur Kugel variieren.

Beobachtung:
Im ersten Teil bleibt die Spannung konstant, im zweiten Teil fällt sie nach außen mit 1/r ab.

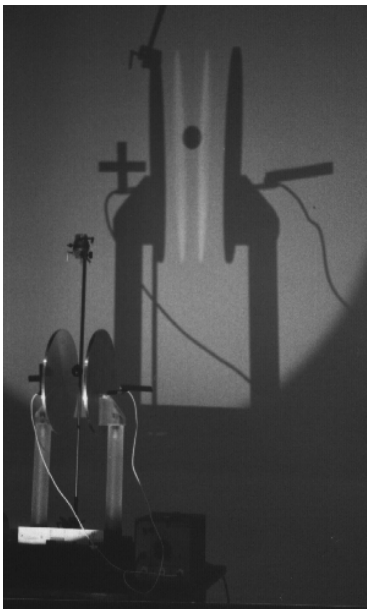
Bemerkung: Nach Versuchsende die Kugel erden !!!

4.2 1/d-Abhängigkeit im Plattenkondensator

Benötigt werden:

- großer Kondensator
- Braunsches Elektrovoltmeter 1,5 kV
- Netzgerät LH 6 kV
- Monopol: graphitierter TT-Ball an einer ca. 1 m langen Perlonschnur
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell
- elektrischer Löffel
- Entladungsgabel

Aufbau:



Den TT-Ball asymmetrisch zwischen die Platten hängen.

Durchführung:
Das Netzgerät anschließen und bei der Spannungsreglerstellung "0" den Ball an einer Kondensatorplatte entladen. Den PVC-Stab mit dem Fell reiben und mit dem elektrischen Löffel die Ladung vom Stab portionsweise auf den TT-Ball übertragen. Nun den Kondensator mit Hilfe des Netzgerätes aufladen. Den Plattenabstand verringern, bis der Ball ausgelenkt wird. Bei weiterer Verringerung des Abstandes wird die Auslenkung immer stärker, bis der Ball die Platten berührt.

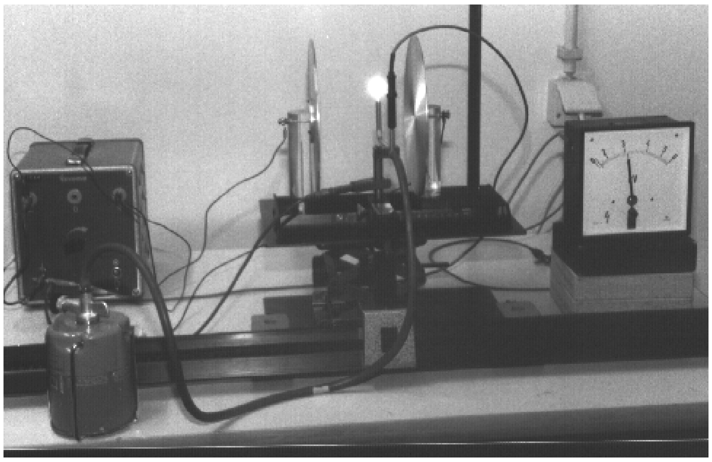
Beobachtung:
Der TT-Ball wird erst ausgelenkt, wenn der Abstand klein genug ist. Hat er eine der Platten berührt, so pendelt er fortan zwischen den Platten hin und her.

4.3 Flammensonde im homogenen Feld

Benötigt werden:

- Flammensonde
- Bunsenbrenner
- Streichhölzer
- Hochspannungsquelle Leybold E 1086 (Seffent)
- Voltmeter 0 ... 6 kV
- Plattenkondensator
- Experimentierschiene

Aufbau:



Den Plus- und Minuspol der Hochspannungsquelle mit je einer Kondensatorplatte verbinden. Den Minuspol auf Erde legen. Die Erde mit der Halterung der Sonde und dem Voltmeter verbinden. Sonde mit dem Pluspol des Voltmeters verbinden. Die Sonde auf Experimentierschiene parallel zum elektrischen Feld des Kondensators aufstellen.

Durchführung:
Hochspannung bei voller Leistung betreiben.
1) Abfahren einer Äquipotentiallinie (parallel zu den Platten)
2) Messen des Randfelds: Auf einer Äquipotentiallinie die Sonde aus dem Feld führen.
3) Messen des Potentials (Sonde von einer Platte zur anderen führen)

Beobachtung:
Im ersten Fall ist das Potential konstant, im zweiten und dritten Fall fällt es ab.

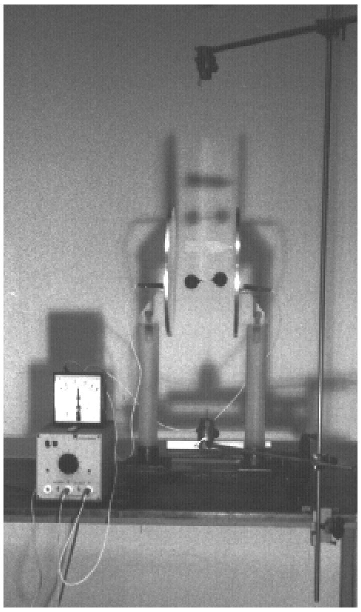
Bemerkung:
Nach Versuchsende die Platten erden !!!

4.4 Elektr. Dipol im homogenen Feld

Benötigt werden:

- großer Kondensator
- Netzgerät LH 6 kV, Braunsches Elektrovoltmeter 3 kV
- elektrischer Dipol: 2 graphitierte TT-Bälle im Abstand von 8 cm (durch Plastikhalm mit Papierpfeil)
- Entladungsgabel

Aufbau:



TT-Bälle an Torsionsdraht parallel zu dem Kondensator einbringen.

Durchführung und Beobachtung:
Die TT-Bälle werden durch Influenz aufgeladen. Dazu wird an den Kondensator eine Spannung von 3 kV angelegt. Durch Berühren der Innenseiten der TT- Bälle mit der Entladungsgabel wird die Ladung ausgeglichen. Die TT-Bälle stellen jetzt einen elektrischen Dipol dar. Es werden folgende Versuche durchgeführt:

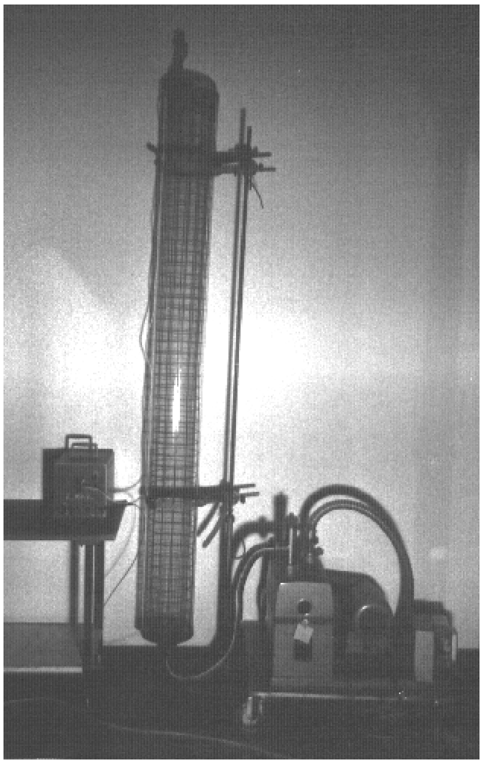
1. Der Kondensator ist entladen: Dipol ist parallel zu den Kondensatorplatten.
2. Der Kondensator wird geladen: der Dipol ist senkrecht zu den Platten.
3. Der Kondensator wird umgeladen: der Dipol ist wiederum senkrecht zu den Platten.

4.5 Entstaubungsanlage

Benötigt werden:

- Entstaubungsanlage
- Hochspannungsversorgung 18 kV
- Vakumpumpe
- Tabak

Aufbau:



Durchführung:
Die Pumpe einschalten, das Nadelventil öffnen und die Pfeife anzünden. Wenn das Rohr mit Rauch gefüllt ist, die Pumpe abschalten und die Hochspannung mit 18 kV einschalten.

Beobachtung:
Bei Anlegen der Hochspannung ist das Rohr sofort wieder klar und durchsichtig.

Bemerkung:
Die Demonstration erfolgt an der Brüstung mit Lampettenbeleuchtung seitlich vom Boden aus.

Kapitel 5

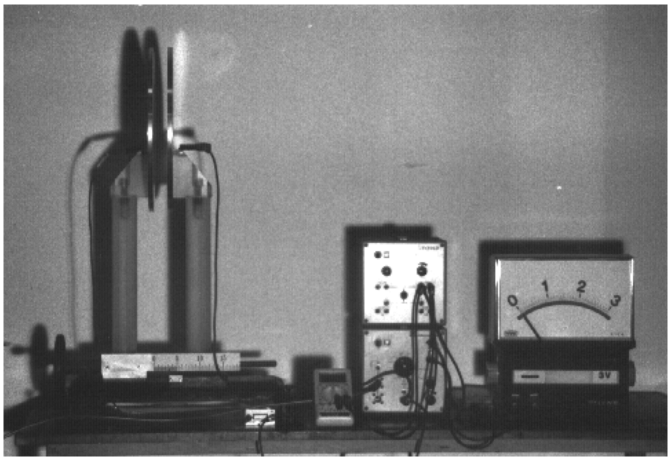
Versuche zum Kondensator

5.1 1/d-Abhängigkeit im Kondensator

Benötigt werden:

- großer Kondensator mit neuen Platten
- Netzgerät R&S 280 V
- Meßverstärker
- Doppelmawo
- Widerstand: 100 MΩ

Aufbau:



Feste Spannung (80 V) an eine Kondensatorplatte (Plattenabstand 0,5 cm) anlegen, die andere erden. Die Spannungsanzeige erfolgt mit dem Doppelmawo. Das Koaxialkabel an den Meßverstärker anschließen.

Durchführung:
Zuleitung von der nichtgeerdeten Kondensatorplatte trennen. Mit dem Koaxialkabel die Kondensatorplatte berühren und den maximalen Ausschlag am "Spannungsmeßgerät" (hier: zweiter Eingang am Doppelmawo: Meßbereich 3 V) ablesen. Der Vorgang wird in den Abständen $d = 0,5, 1, 2$ und 4 cm der Kondensatorplatten wiederholt.

Beobachtung:
Meßbeispiel Vollausschlag 3 V entspricht 10^{-8} As.

d in cm	0,5	1,0	2,0	4,0
U in V	2,9	1,45	0,8	0,5
Q in 10^{-9} As	9,67	4,83	2,67	1,67

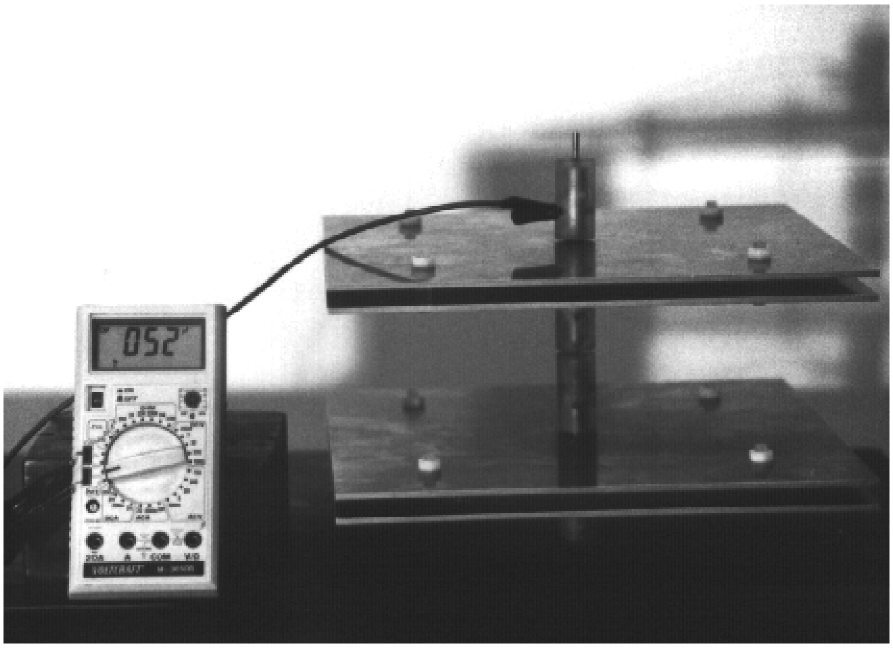
Bemerkung:
Achtung: Eichung vorher überprüfen. Bei großen Abständen macht sich das Randfeld störend bemerkbar.

5.2 Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren

Benötigt werden:

- 2 gleichgroße Plattenkondensatoren ($A = 1000\,\mathrm{cm}^2$, d=1 cm) mit der Kapazität von je 102 pF
- Digitalmultimeter

Aufbau:



Durchführung:
Zunächst wird die jeweilige Einzelkapazität der Kondensatoren gemessen. Dann werden die Kondensatoren zunächst parallel geschaltet und dann in Reihe und die jeweilige Gesamtkapazität gemessen.

Auswertung:

	C in pF
ein Kondensator	102
zwei Kondensatoren parallel	205
zwei Kondensatoren in Reihe	50

Kapitel 6

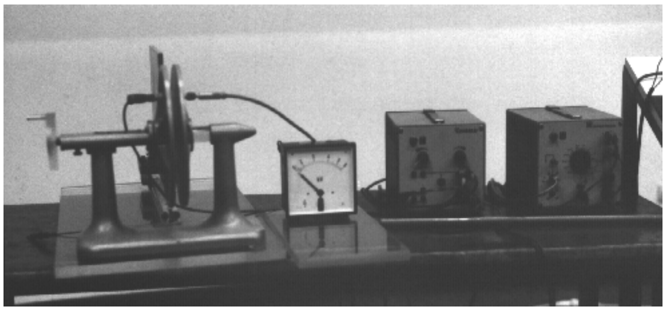
Versuche zur Materie im el. Feld

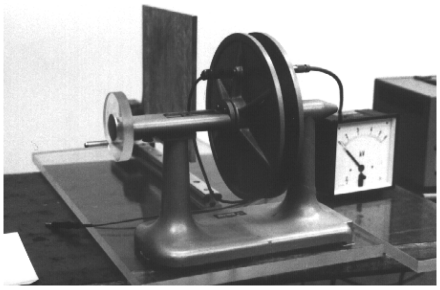
6.1 Metallplatte im Kondensator

Benötigt werden:

- Aufbaukondensator LH.- Nr. 544 23
- Hochspannungs-Netzgerät LH.- 522 37
- statisches Voltmeter 6 kV
- Metallplatte mit Halterung
- Führungsschiene
- große Plexiglasplatte

Aufbau:





Der Grundaufbau erfolgt auf der Plexiglasplatte. Der Kondensator wird so eingestellt, daß die Metallplatte gerade, ohne zu berühren, dazwischen paßt.

Durchführung:
An die Kondensatorplatte wird eine Spannung von 5 kV angelegt und mit dem statischen Voltmeter angezeigt. Die Spannungsquelle wird nun abgeklemmt (damit ist Q = const.) und die Metallplatte wird ganz zwischen die Kondensatorplatten eingeführt. Im zweiten Versuchsteil wird die Spannung konstant gehalten.

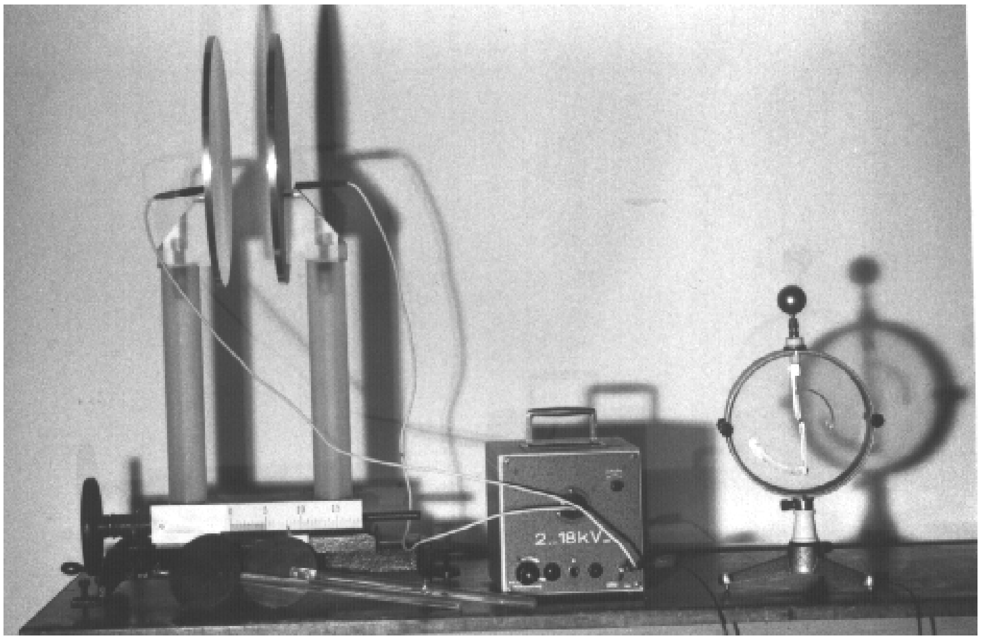
Beobachtung:
Beim Einführen der Metallplatte geht im ersten Fall die Spannung von 5 kV auf etwa 3,5 kV zurück. Bei konstanter Spannung erhöht sich beim Einbringen der Metallplatte die Ladungsmenge.

6.2 Influenzplättchen (im el. Feld trennen)

Benötigt werden:

- großer Kondensator, Plattenabstand 8 cm
- 18 kV Hochspannungsquelle
- 2 Influenzplättchen, Durchmesser 11 cm
- Elektroskop 1,5 kV mit Konduktorkugel (Durchmesser 4 cm)

Aufbau:



Durchführung:
Vor Versuchsbeginn **alles** erden!
Die Influezplättchen werden, sich berührend, parallel zu den Kondensatorplatten gehalten. Jetzt erst wird der Kondensator mit der Hochspannungsquelle aufgeladen und die Plättchen im Feld getrennt. Nun werden die Plättchen, ohne sich zu berühren, aus dem Feld herausgeführt und die Ladung am Elektroskop abgestreift.

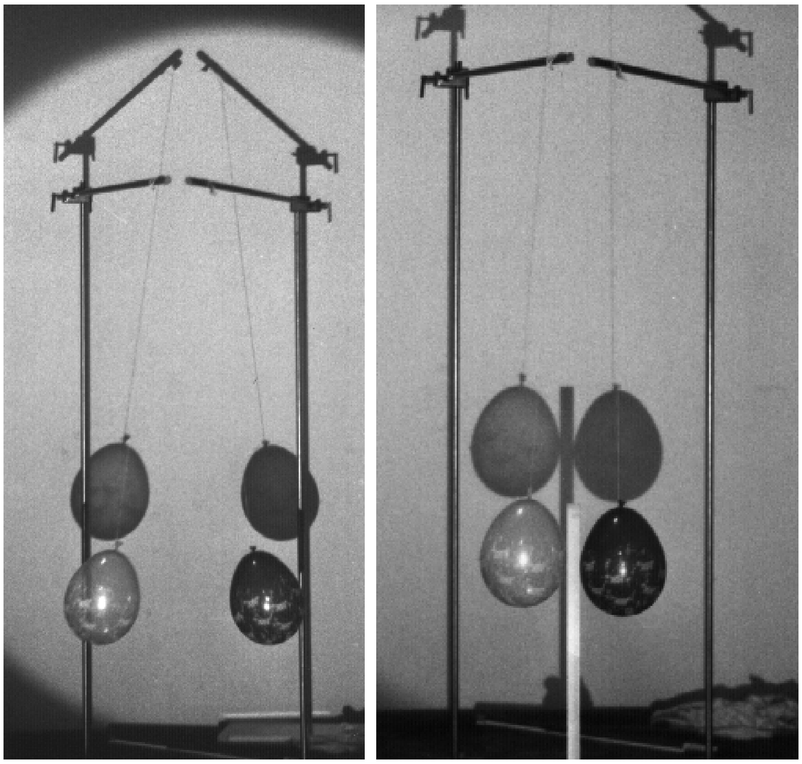
Beobachtung:
Beim Abstreifen der Ladung von Plättchen 1 schlägt das Elektroskop aus, beim zusätzlichen Abstreifen der Ladung von Plättchen 2 geht der Ausschlag auf Null zurück.

6.3 Isolator zwischen zwei geladenen Kugeln

Benötigt werden:

- 2 Luftballons an je 1 m langer Perlonschnur
- Isolatorplatte
- Reibzeug: Fell

Aufbau:



Durchführung:
Die Luftballons werden mit dem Fell gleichnamig aufgeladen und die Isolatorplatte dazwischen gehalten.

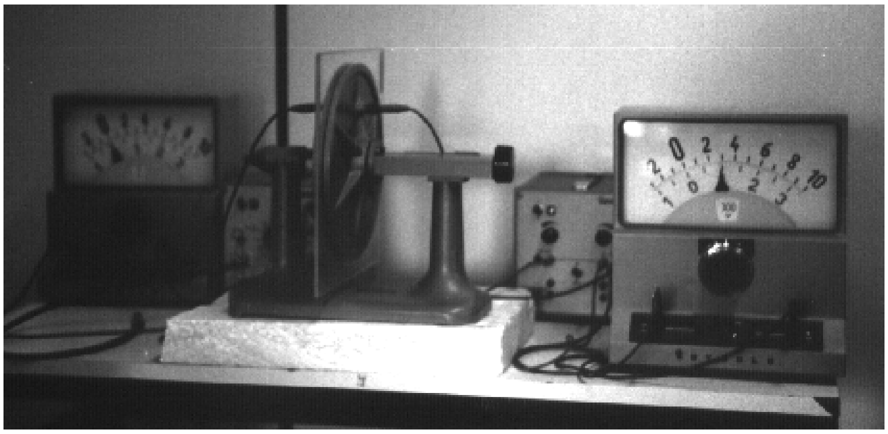
Beobachtung:
Die abstoßende Wirkung der Ballons verringert sich.

6.4 Isolatorplatte im el. Feld

Benötigt werden:

- siehe "Metallplatte im elektrischen Feld"
- Isolatorplatte anstelle der Metallplatte

Aufbau:



Durchführung:
Aufbau und Durchführung erfolgen analog zur Metallplatte im elektrischen Feld.

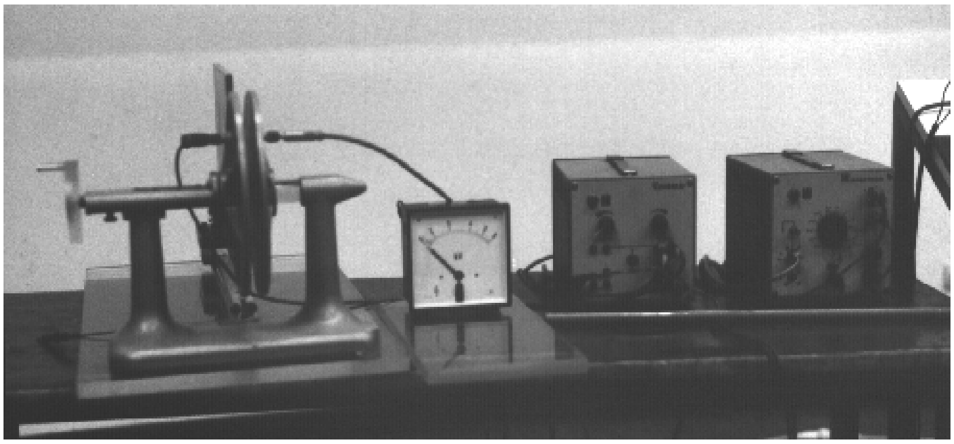
Beobachtung:
Die Wirkung infolge der eingeschobenen Isolatorplatte ist gegenüber der eingeschobenen Metallplatte schwächer.

6.5 Bestimmung von ε_r

Benötigt werden:

- siehe "Metallplatte im elektrischen Feld"
- diverse Dielektrika anstelle der Metallplatte

Aufbau:



Durchführung:
Aufbau und Durchführung erfolgen wie bei der Metallplatte im elektrischen Feld.

Es wird bei konstanter Ladung die jeweilige Spannung gemessen.

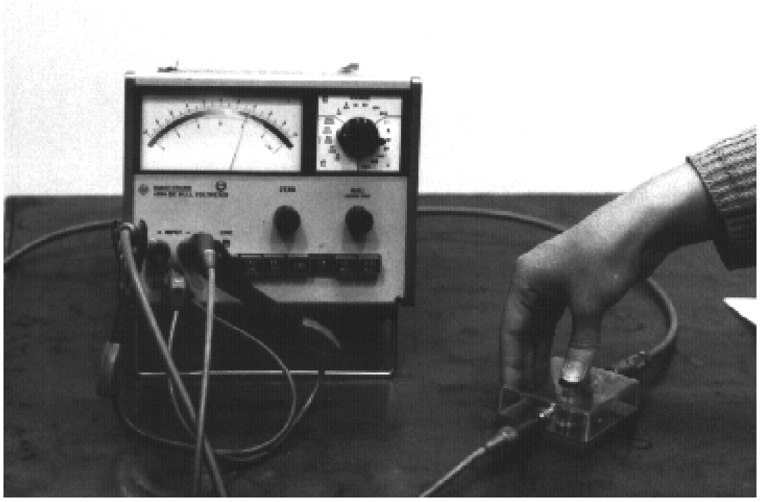
Beobachtung:
Die Spannung variiert bei den unterschiedlichen Materialien.

6.6 Piezoelektrizität (Seignettekristall)

Benötigt werden:

- Seignette-Kristall
- HP-Verstärker
- Doppelmawo

Aufbau:



Durchführung:
Das Zusammendrücken des Kristalls wird auf dem Overheadprojektor gezeigt.

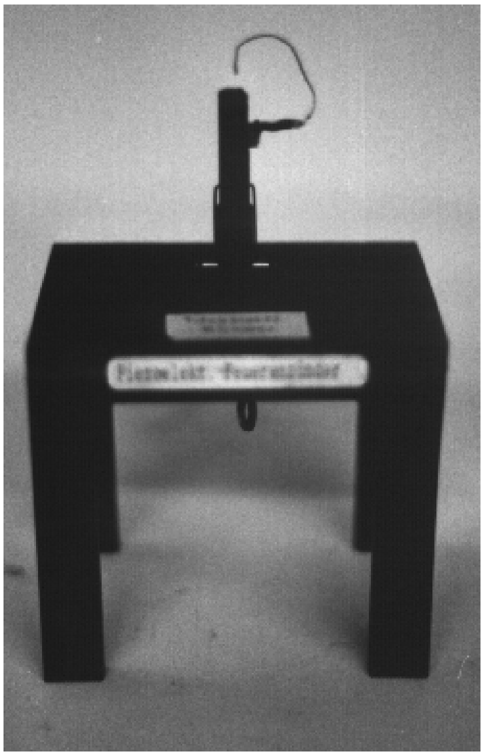
Bemerkung:
Achtung: Größere Erwärmung zerstört den Piezokristall!!!

6.7 Piezoelektrizität (Feuerzeug)

Benötigt werden:

- Piezofeuerzeug
- Bunsenbrenner
- Streichholz

Aufbau:



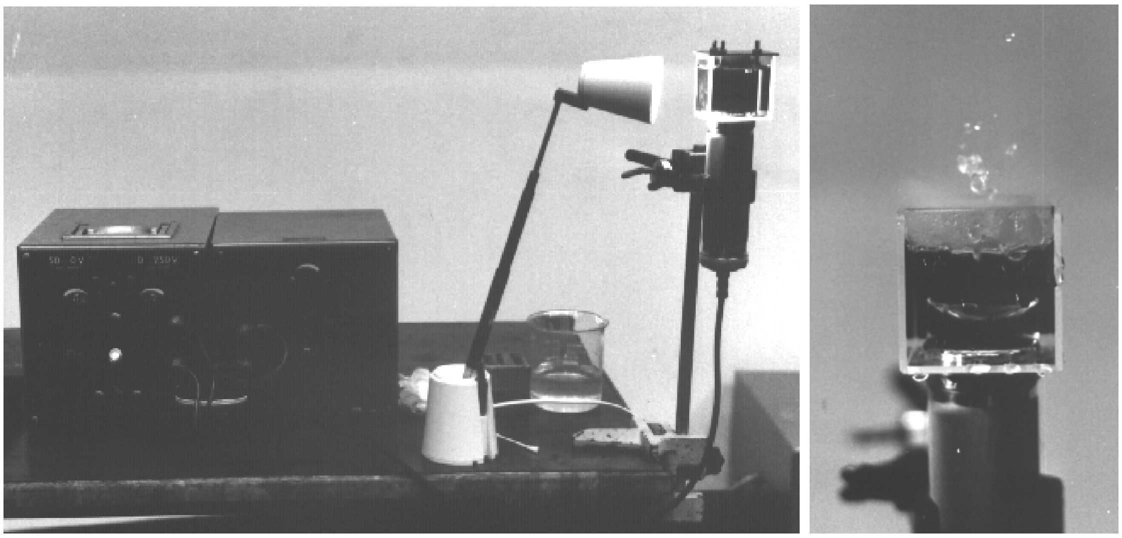
Durchführung:
Das aufgebockte Piezofeuerzeug betätigen und damit den Bunsenbrenner anzünden. Da die Brennerflamme nicht gut sichtbar ist, wird damit ein Streichholz angezündet.

6.8 Ultraschall (stehende Wellen und Springbrunnen)

Benötigt werden:

- 2 Mhz -Ultraschallgeber von Leybold
- Phywe-Küvette mit Reflektordeckel bzw. Kunststofflinse

Aufbau:



Durchführung:
Die Küvette mit Wasser füllen und das Wechselfeld anlegen. Nun den Reflektordeckel auflegen. In zweiten Versuchsteil wird der Deckel entfernt und die plankonvexe Linse in die Küvette gebracht. Die Demonstration erfolgt mit Hilfe der Kamera.

Beobachtung: Nach Anlegen des Wechselfeldes regt der "Schwingquarz" Wellen an. Durch Auflegen des Deckels bilden sich durch Reflexion am Reflektordeckel stehende Wellen, die durch die Bildung von Wasserblasen, die sich an den Wellenfronten anlagern, sichtbar gemacht werden. Wird im zweiten Teil die Linse eingebracht, so erscheint ein "Springbrunnen", da die Wellen auf einen Punkt der Oberfläche fokussiert werden.

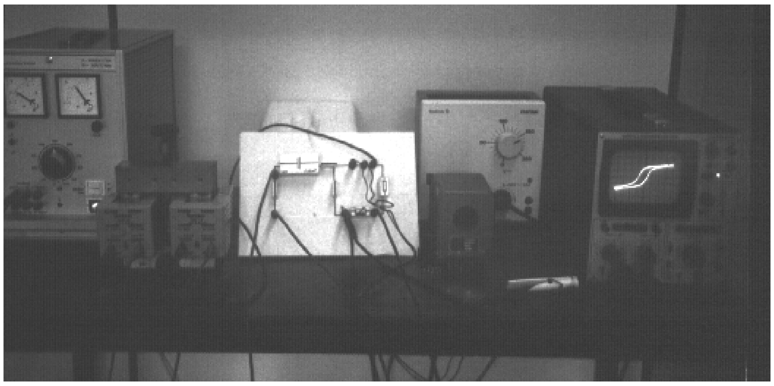
Bemerkung:
Achtung: Bei zu großer Erwärmung kann die Kunststofflinse zerstört werden.

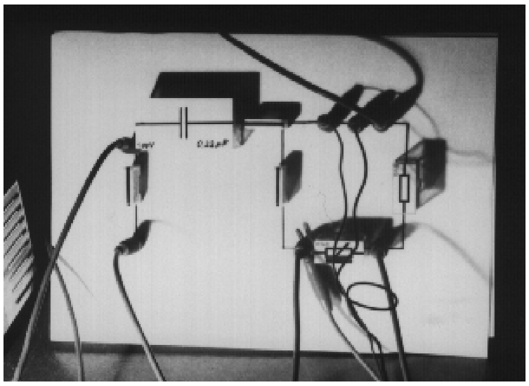
6.9 Hysterese eines Ferroelektrikums

Benötigt werden:

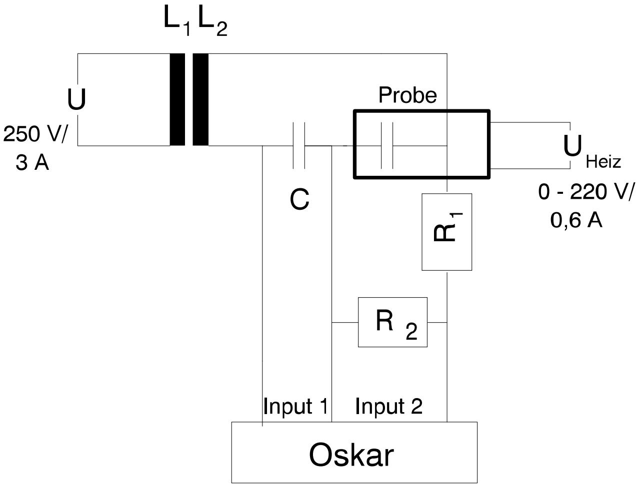
- 2 Stelltrafo REO B 374 77
- 1 Digitalvoltmeter Gultan Tastotherm D 1200
- 1 Ozsilloskop HM 412 Hameg
- 1 Kondensator $C = 0,22\mu F$
- 1 U-Kern mit Joch LH 56 211
- Spannvorrichtung LH 56 212
- Spule $L_1, n = 250$ LH 56 213
- Spule $L_2, n = 500$ LH 56 214
- Rasterstreckplatte DIN A4 LH 57 674
- Festwiderstand $R_1 = 10 M\Omega$ LH 57 778
- Stellwiderstand $R_2 = 470 k\Omega$ LH 57 786
- Experimentierkabel
- 1 Ofen CSN Vulkan Co. Nr.: 17140
- 1 Probenhalter aus Teflon
- $BaTiO_3$-Proben, 0,4 mm dick, ⌀ 5 mm, goldkontaktiert

Aufbau:



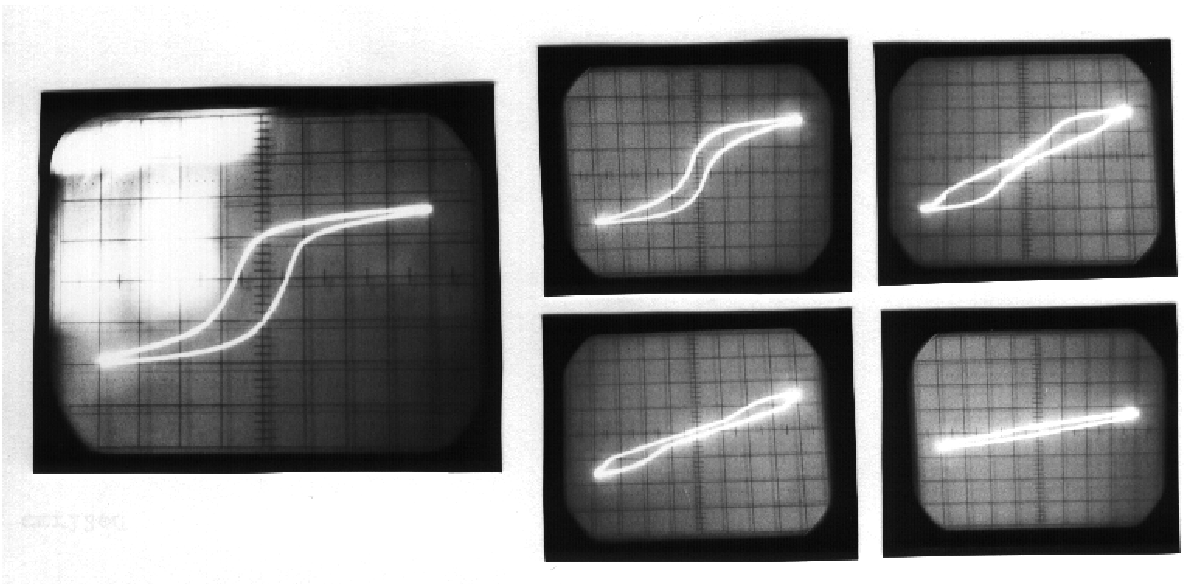


Einstellung des Oszilloskops:Delay $10\mu s$, norm.
gedrückte Tasten: Invert I, Mono / Dual, Hor. ex.
Amplituden: I: 5 V/cm, II: 1 V/cm
Input: beide DC, Anschluß siehe Skizze
Timebase = 10 ms Trigger I, int.



Durchführung:
Im ersten Teil des Versuches wird die Hysteresekurve bei Raumtemperatur und einer Versorgungsspannung von 140 V aufgenommen. Im zweiten Teil wird die Bariumtitanatprobe auf über 130° C erhitzt.

Beobachtung:



Beim Erhitzen bekommt die Hysterese eine Einschnürung in der Mitte, die sich mit steigender Temperatur in Richtung der Umkehrpunkte ausdehnt. Der Kurvenverlauf wird allgemein flacher.

Kapitel 7

Versuche zur Energie des el. Feldes

In dieses Kapitel wurden keine Versuche aufgenommen!!!

Kapitel 8

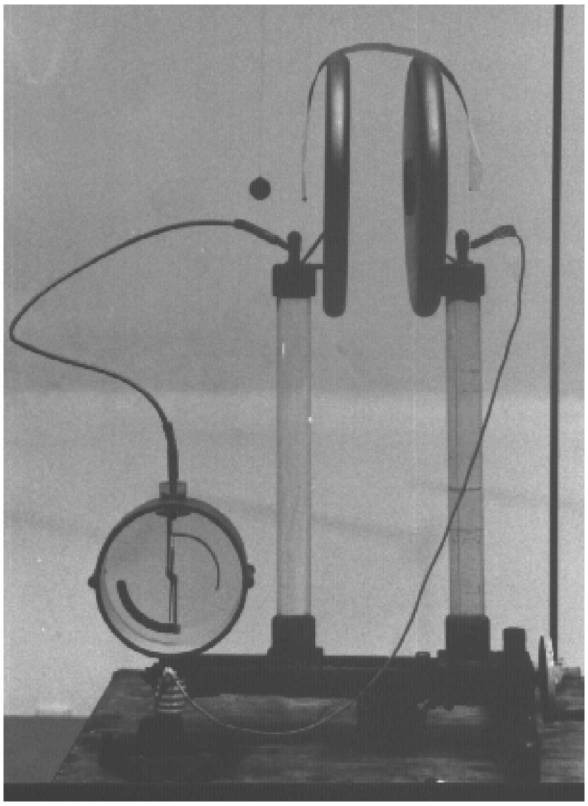
Versuche zur el. Stromstärke

8.1 Kondensator mit feuchtem Papier überbrücken

Benötigt werden:

- Plattenkondensator
- feuchter Papierstreifen
- Netzgerät
- Voltmeter

Aufbau:



Durchführung:
Der Plattenkondensator wird geladen und vom Netz getrennt. Nun wird der Papierstreifen so über den Kondensator gelegt, daß die Platten miteinander verbunden sind.

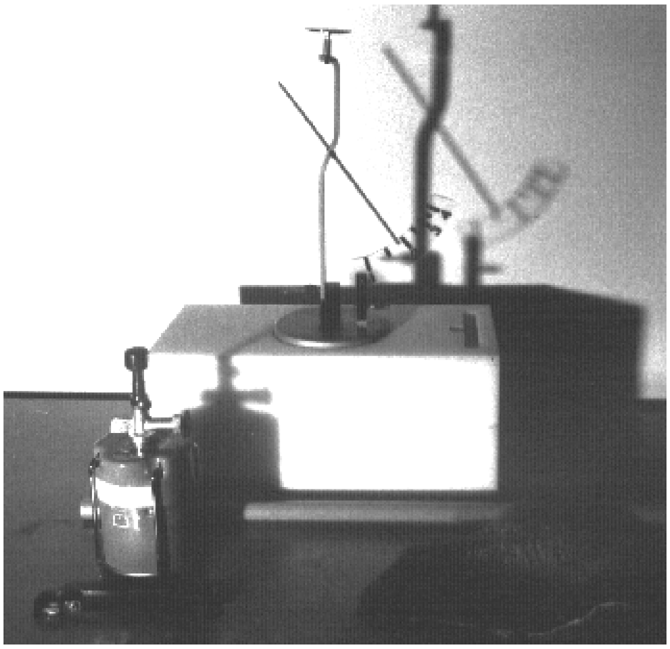
Beobachtung:
Die Ladung gleicht sich aus, es wird keine Spannung mehr angezeigt.

8.2 Leitung durch Flamme

Benötigt werden:

- großer Plattenkondensator
- Elektroskop 10 kV
- Reibzeug: PVC-Stab + Fell
- Bunsenbrenner

Aufbau:



Durchführung:
Der große Plattenkondensator wird bei angeschlossenem Elektroskop mit Hilfe des Reibzeugs aufgeladen. Nun wird der Bunsenbrenner mit kleiner Flamme zwischen die Kondensatorplatten gebracht.

Beobachtung:
Der Ausschlag an dem Elektroskop geht zurück.

Kapitel 9

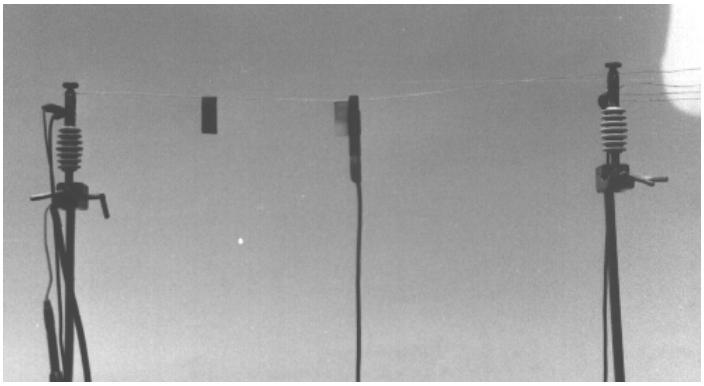
Versuche zu Widerständen

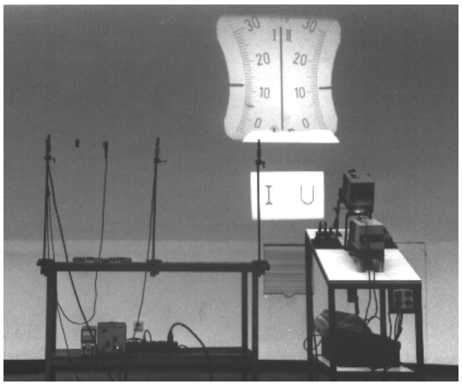
9.1 Ohmscher Widerstand und Ohmsches Gesetz

Benötigt werden:

- fester Aufbau mit Konstantandraht
- Spannungsquelle R&S: 7,5 V
- steuerbare Spannungsquelle LH.- Nr. 522 53
- Doppelmawo

Aufbau:





Spannungsquelle an steuerbare Stromquelle anschließen ($I = 0,1$ A).

Durchführung:
Der konstante Strom (Meßbereich: 0,3 A) und die zugehörige Spannung (Meßbereich 3 V) wird mit dem Doppelmawo angezeigt. Gezeigt wird a) die Spannung am Einfachdraht, am 2-fach- und am 4-fachdraht, b) die Spannung am Einfachdraht bei voller, halber und viertel Länge.

Beobachtung:
$R \sim l$ und $R \sim 1/A$.

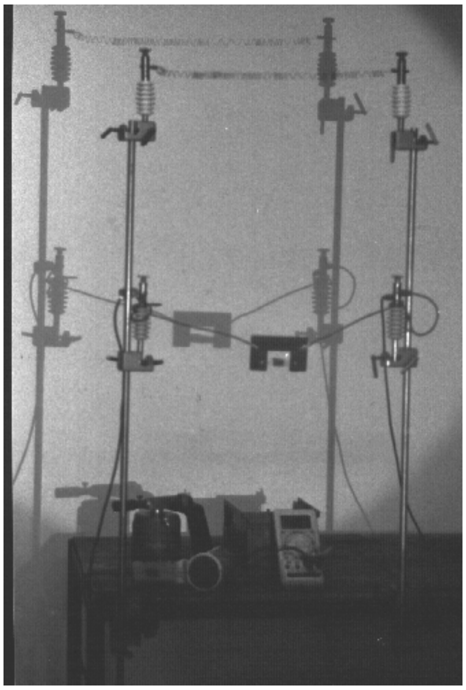
Bemerkung:
Die Längen vorher mit Papierfähnchen markieren.

9.2 Elektrischer Widerstand bei Erhitzung

Benötigt werden:

- Metallspirale
- Si-Probe
- Doppelmavo
- Bunsenbrenner
- Lampette
- Streichhölzer

Aufbau:



Die zwei Versuchsteile werden untereinander an einem Stativgalgen montiert.

Durchführung:
Die Metallspirale wird mit dem Bunsenbrenner erhitzt und die Si-Probe mit einem Streichholz.

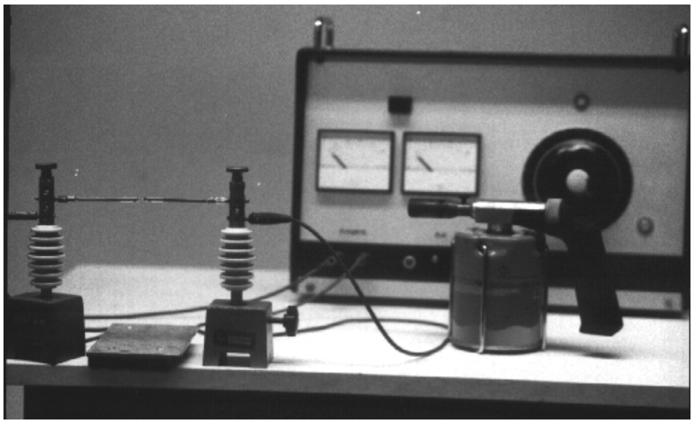
Beobachtung:
Bei konstanter Spannung wird bei Erhitzen mit dem Bunsenbrenner der Strom durch die Spirale kleiner, der durch die Si-Probe hingegen größer.

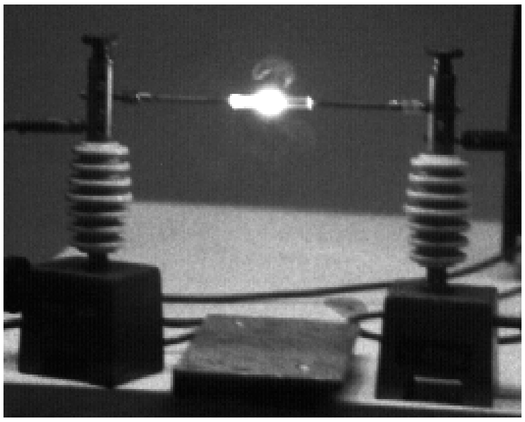
9.3 Elektrische Leitfähigkeit von Glas

Benötigt werden:

- mehrere Glasröhrchen
- 2 Kupferelektroden
- 2 Isolatoren
- Stelltrafo REO
- Bunsenbrenner

Aufbau:





Die zwei Kupferelektroden (Drähte) in einem ca. 5 cm langen Glasröhrchen im Abstand von 5 mm anbringen.

Durchführung:
Eine Spannung von 100 V anlegen. Nun das Röhrchen mit dem Bunsenbrenner bis zur Rotglut erhitzen.

Beobachtung:
Bei der Spannung alleine fließt kein Strom. Wird das Röhrchen bis zur Rotglut erhitzt, so erhitzt es sich anschließend auf Grund des Ionenstromes weiter, bis zur Weißglut, bis eine Lichtbogenzündung eintritt.

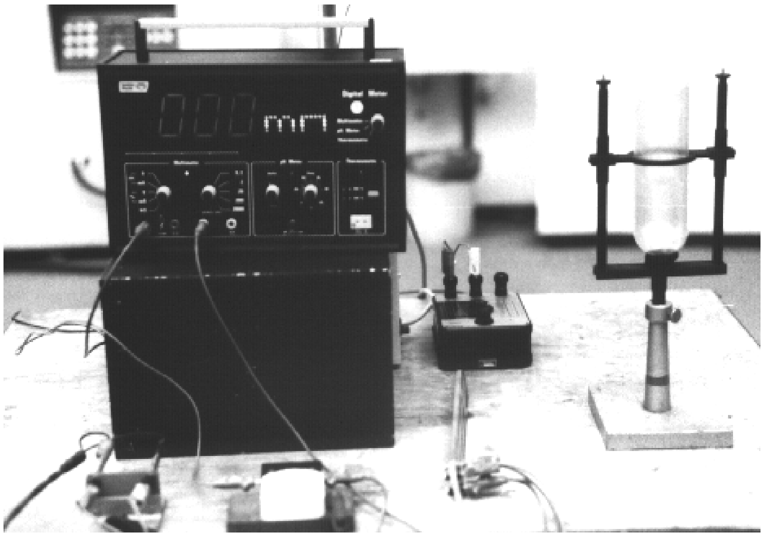
Bemerkung:
Achtung: Weiches, Na-haltiges Glas verwenden.

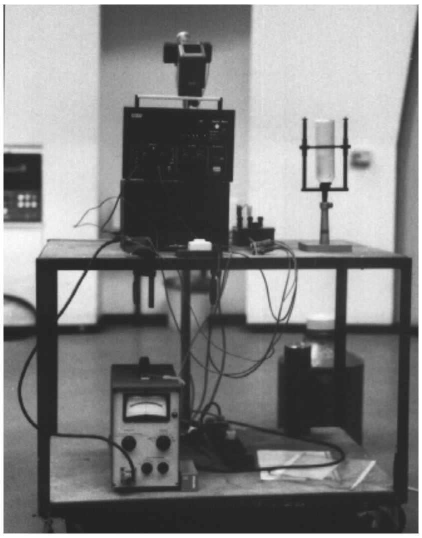
9.4 Supraleiter

Benötigt werden:

- Supraleiter auf Epoxyharzplatte
- Voltmeter
- Amperemeter
- Stromquelle
- flüssiger Stickstoff

Aufbau:





Durchführung:
Der Supraleiter wird bei einem konstant fließenden Strom von I= 0,5 A in flüssigen Stickstoff gehalten.

Beobachtung:
Die Spannung verschwindet, d.h. der Widerstand geht gegen Null.

Kapitel 10

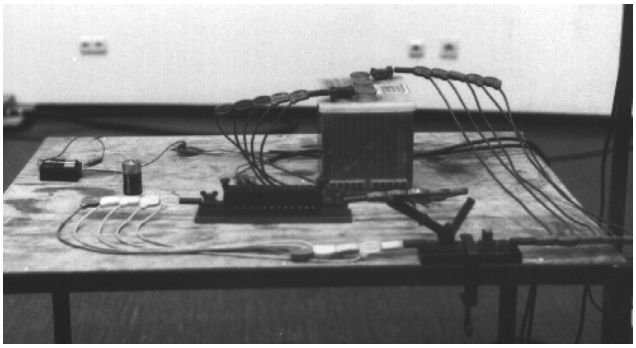
Versuche zu Netzwerken

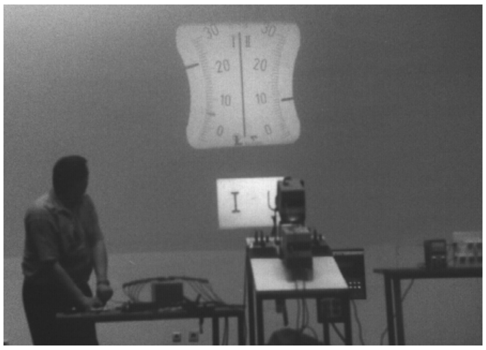
10.1 Innenwiderstand einer Batterie (Monozelle)

Benötigt werden:

- Schiebewiderstand
- eine alte und eine neue Monozelle in Anschlußkästchen
- Doppelmavo

Aufbau:





Durchführung:
Es wird die Leerlaufspannung gemessen (offener Stromkreis). Nun wird ein Kurzschluß erzeugt, d.h. der Schalter wird geschlossen. Die Messung wird mit beiden Batterien durchgeführt. Der Innenwiderstand berechnet sich wie folgt:

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{U}_{\mathrm{Klemm,\,Leerlauf}}}{\mathrm{I}_{\mathrm{Kurzschluß}}}$$

Beobachtung:

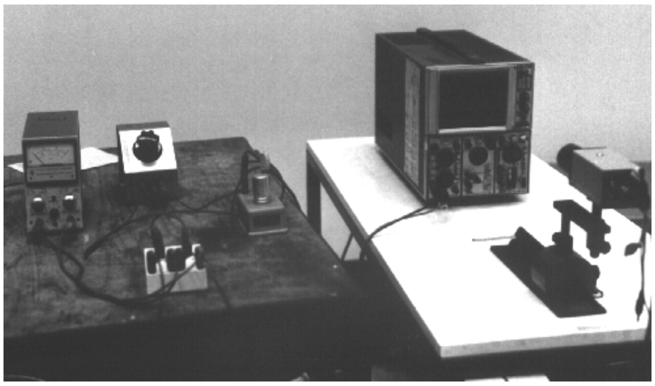
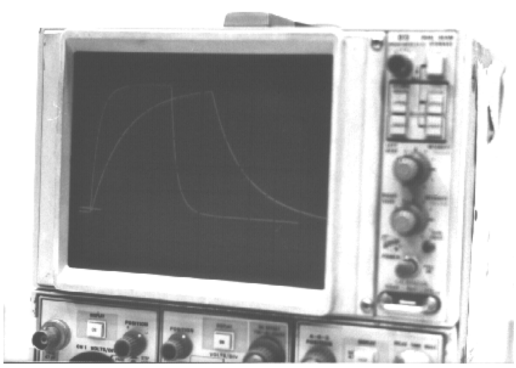
	U in V	I in A	R in Ω
neue Batterie	1,5	3,5	0,4
alte Batterie	1,5	2,0	0,65

10.2 Auf- und Entladen eines Kondensators

Benötigt werden:

- Kondensator
- Widerstand
- Wechselschalter
- Spannungsversorung R&S
- Oszillograph

Aufbau:

Durchführung:
Gezeigt wird die Lade- und Entladekurve für zwei Widerstände.
Die Demonstration erfolgt mit Speicheroskar und Kamera.

Kapitel 11

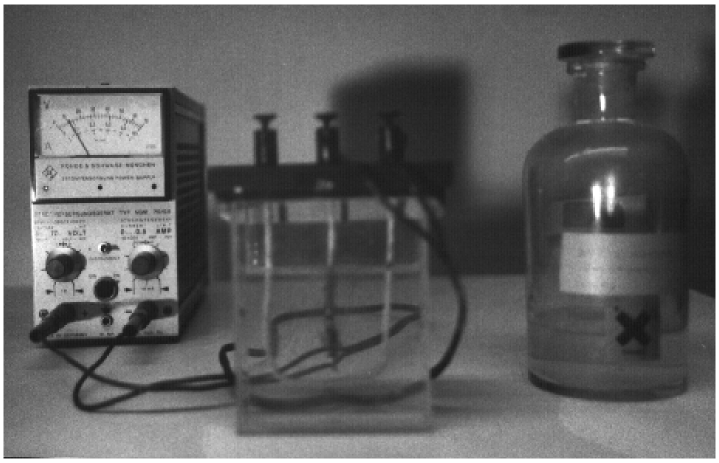
Versuche zur Leitung in Flüssigkeiten

11.1 Bleibaum

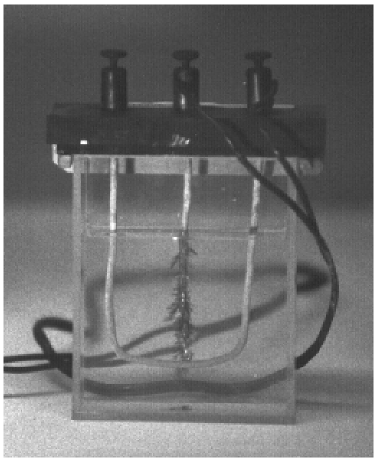
Benötigt werden:

- Apparatur für Bleibaum
- Bleiazetatlösung
- Spannungsquelle

Aufbau:



Durchführung und Beobachtung:



Beim Anlegen einer Spannung zwischen den beiden Elektroden der Apparatur beobachtet man eine Bleiabscheidung. Beim Umpolen der Spannung bildet sich die Abscheidung zurück und bildet sich an der anderen Elektrode neu.

11.2 Elektrolyse (Wasser wird durch Salz leitend)

Benötigt werden:

- 2 Kupferelektroden
- kleine Küvette
- Aqua demin.
- Amperemeter
- Kochsalz
- Löffel zum Umrühren

Aufbau:

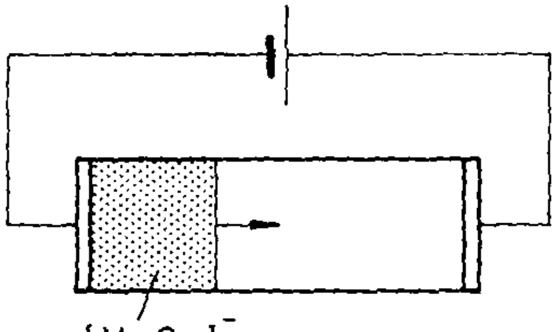
Durchführung und Beobachtung:
Zunächst zeigen, daß reines Wasser nicht leitet. Erst Zugabe von Salz macht es leitend. Beobachtung mit Kamera bei Diabeleuchtung.

11.3 Ionenwanderung

Benötigt werden:

- Ionenwanderungskammer
- Spannungsversorgung R&S (ca. 150 V)
- KNO_3
- $KMnO_4$
- feine Spritze
- Plexiglaslineal
- Stoppuhr

Aufbau:



Die Kammer wird mit KNO_3 fast gefüllt. In die eine Vertiefung bei den Elektroden wird ein Tropfen $KMnO_4$ mit Hilfe der Spritze eingebracht. Der Minuspol wird bei dem $KMnO_4$ angebracht.

Durchführung:
Spannung anlegen und die Zeit stoppen, die die Ionenwand braucht, um 2 cm zurückzulegen. Anschließend die Spannung umkehren.

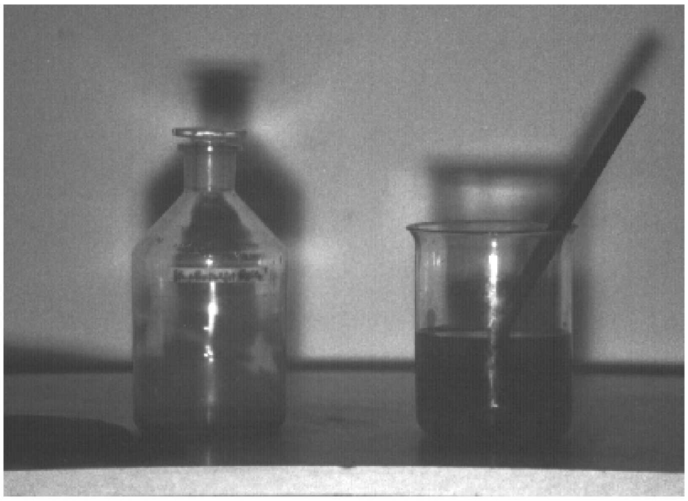
Beobachtung:
Bei Anlegen der Spannung beobachtet man die wandernden $KMnO_4$-Ionen, beim Umpolen zieht sich die violette Front zurück. Driftgeschwindigkeit $\mu = 5,6 \cdot 10^{-4}$

11.4 Galvanisieren (Stativstange in Kupfersulfat)

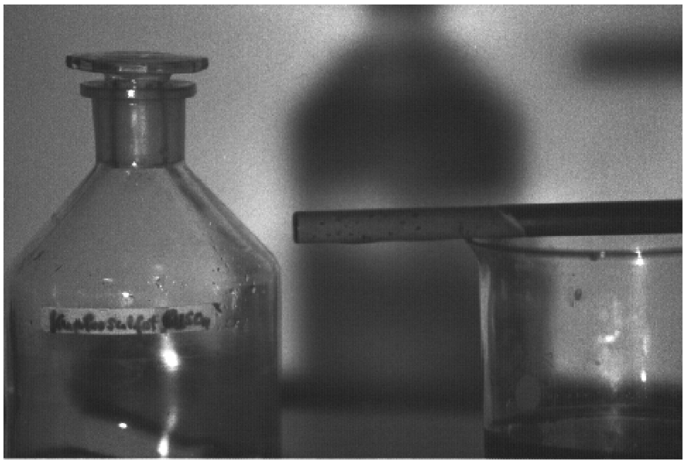
Benötigt werden:

- eine gut geschmirgelte Stativstange
- ein Gefäß mit Kupfervitriol

Aufbau:



Durchführung und Beobachtung:
Die Stange in das Gefäß stecken und die mit Kupfer überzogene Stange über die Kamera präsentieren.

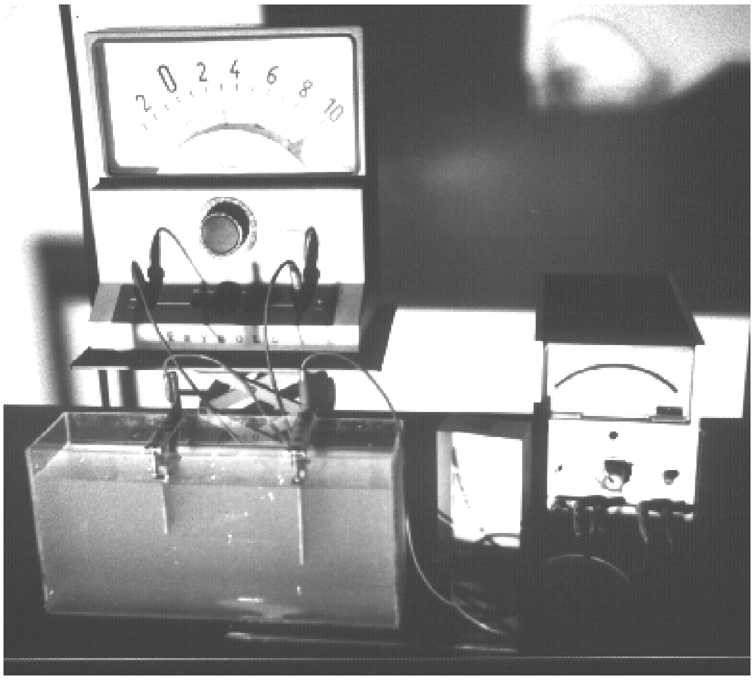


11.5 Spannungsreihe

Benötigt werden:

- Kochsalzlösung
- Kohleelektrode
- Kupferblech
- Zinkblech
- Eisenblech
- Voltmeter

Aufbau:



Durchführung:
Nacheinander werden die Spannungen der Metallbleche gegen die Kohleelektrode gemessen.

Beobachtung:

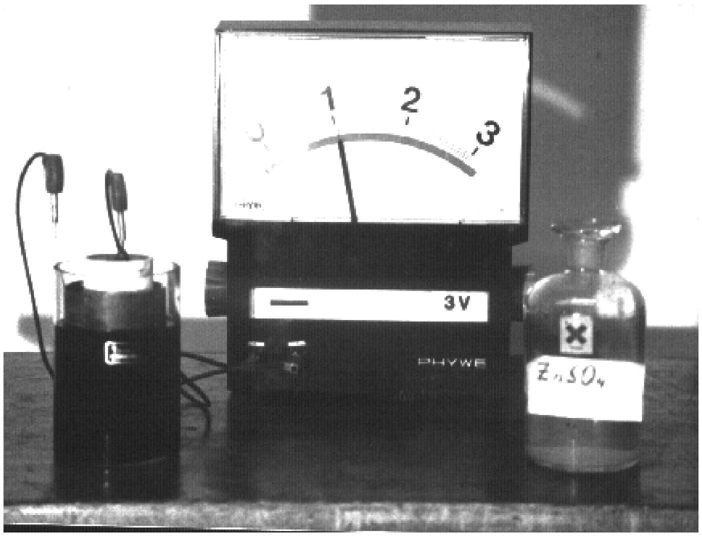
Kohle-	Zink	1,9 V
Kohle-	Eisen	1,4 V
Kohle-	Kupfer	1,0 V

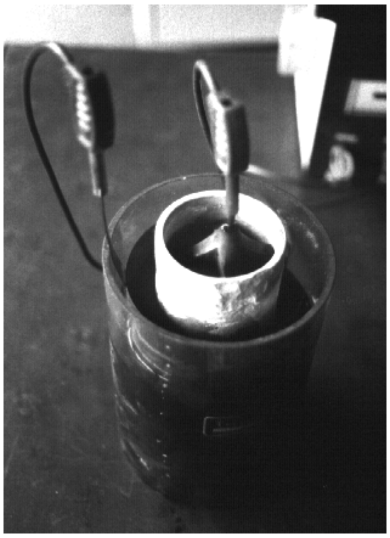
11.6 Daniell-Element

Benötigt werden:

- Daniell-Element
- $ZnSO_4$
- $CuSO_4$
- Doppelmavo

Aufbau:





Durchführung:
Das Daniell-Element im Keramikkörper mit $ZnSO_4$ und außen mit $CuSO_4$ füllen. Die Spannung zwischen den Elektroden wird mit dem Doppelmavo angezeigt.

Beobachtung:
Erwarteter Spannungswert: ca. 1,0 bis 1,1 V.

Kapitel 12

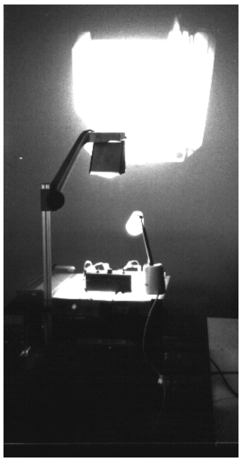
Versuche zur Leitung in Festkörpern

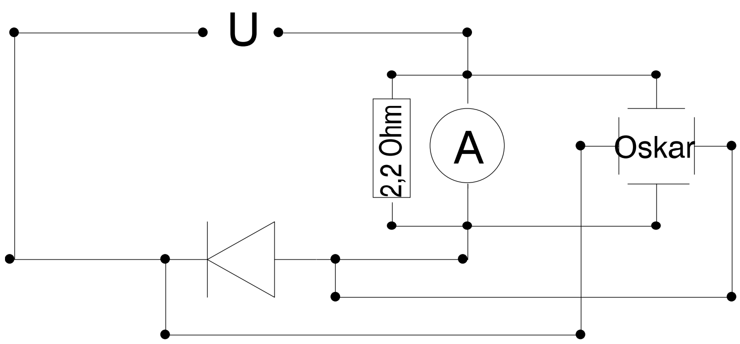
12.1 Kennlinie einer Halbleiterdiode

Benötigt werden:

- Projektionsplatte "Halbleiterdiode" aus Plexiglas
- Overheadprojektor
- Spannungsversorgung: R&S 7,5 V, 4 A
- Speicheroszillograph

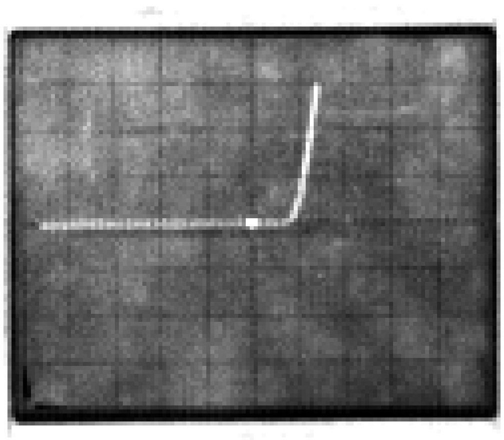
Aufbau:





Durchführung:
Durchlaßbereich: U $= 0 \ldots 1$ V, I $= 0 \ldots 50\,\mu$A
Sperrbereich: U $= 0 \ldots -2$ V, I $= 0 \ldots -3\,\mu$A

Beobachtung:

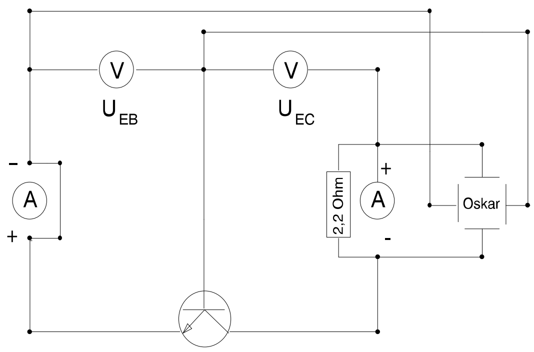


12.2 Kennlinie eines Transistors

Benötigt werden:

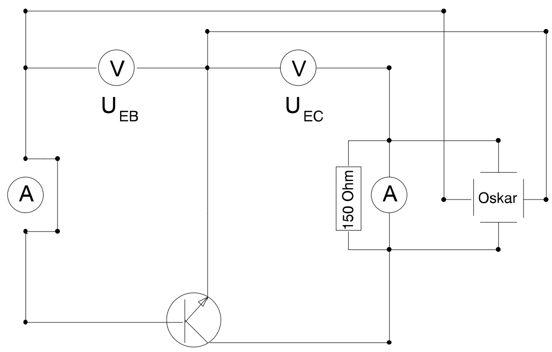
- Projektionsplatte "Transistor" aus Plexiglas
- Overheadprojektor
- Spannungsversorgung: R&S 7,5 V, 4 A
- Spannungsversorgung: R&S 15 V, 4 A
- Widerstand 2,2 Ohm
- Widerstand 150 Ohm
- Speicheroszillograph

Aufbau:
Basisschaltung:



Oskareinstellung Basisschaltung: I: 1 mV/div, U: 0,1 V/div

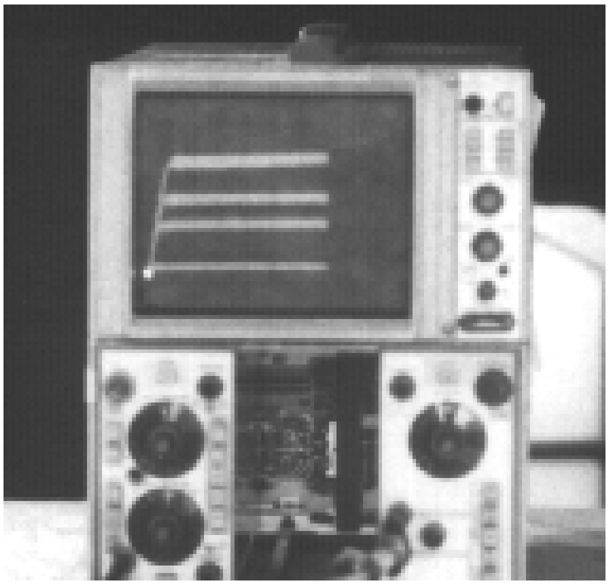
Emitterschaltung:



Oskareinstellung Emitterschaltung: I: 0,1 mV/div, U: 0,5 V/div

Durchführung:
Aufnahme der Kennlinie in Basis- und in Emitterschaltung.
U_{EB} : R&S 7,5 V 0...1 V
U_{EC} : R&S 15 V 0...5 V

Beobachtung:



Kapitel 13

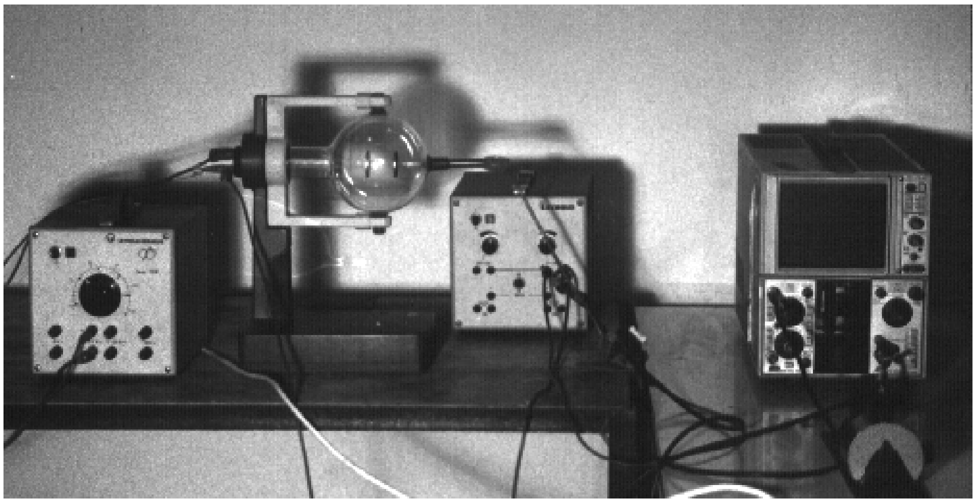
Versuche zur Leitung in Gasen und Vakuum

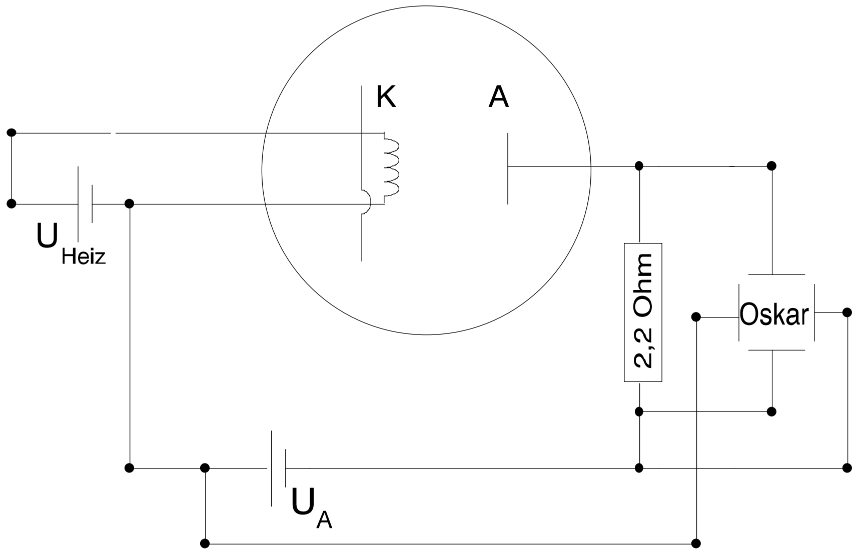
13.1 Vakuum-Diode

Benötigt werden:

- Diodenröhre LH.-Nr. 555 07
- Experimentierständer LH.-Nr. 555 05
- Netzgerät für Röhrenversuche LH.-Nr. 522 35
- Versorgung (6 V / 3 A) LH.-Nr. 522 39
- Meßverstärker LH.-Nr. 532 01
- Oszilloskop

Aufbau:



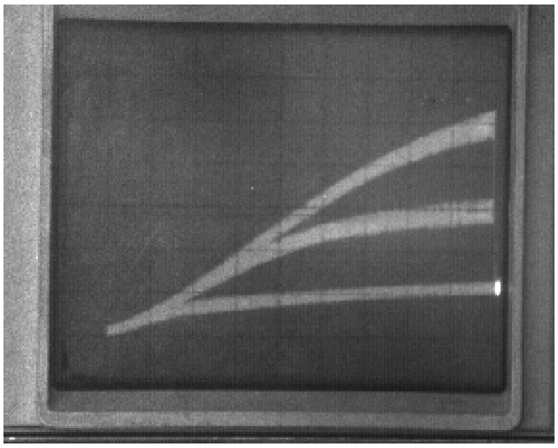


Durchführung:

1. $I_A - U_A$- Kennlinie bei positiver Anodenspannung:
   Heizspannung $U_f = 5\,V$ wählen und die Anodenspannung U_A von 0 auf 300 V hochdrehen. Der Anodenstrom wird als Funktion der Anodenspannung aufgezeichnet.

2. $I_A - U_A$- Kennlinie bei negativer Anodenspannung:
   Heizspannung $U_f = 5\,V$ wählen und die Anodenspannung U_A von 0 bis -6 V variieren. Der Anodenstrom wird mit dem Meßverstärker verstärkt und als Funktion der Anodenspannung aufgezeichnet.

Beobachtung:



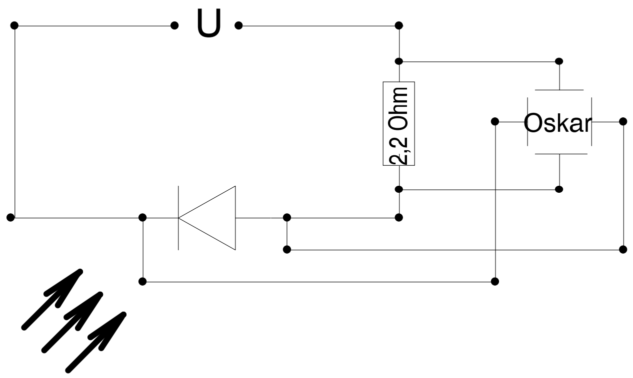
Bei zunehmender Anodenspannung steigt der Anodenstrom bis zu einem Sättigungswert an. Bei negativer Anodenspannung fällt der Anodenstrom mit zunehmender Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode.

13.2 Photozelle

Benötigt werden:

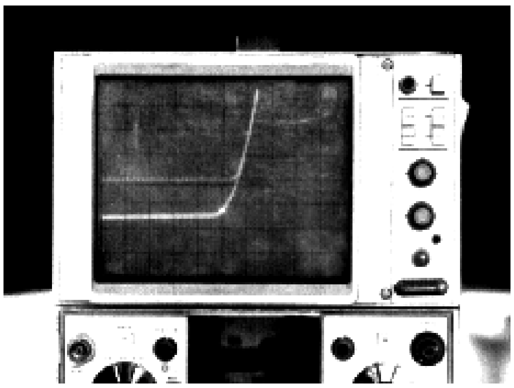
- Projektionplatte “Photozelle” aus Plexiglas
- Lampe
- Overheadprojektor
- Spannungsversorgung: R&S 7,5 V, 4 A
- Speicheroszillograph

Aufbau:



Durchführung:
Aufnahme der Kennlinie ohne und mit Bestrahlung.

Beobachtung:

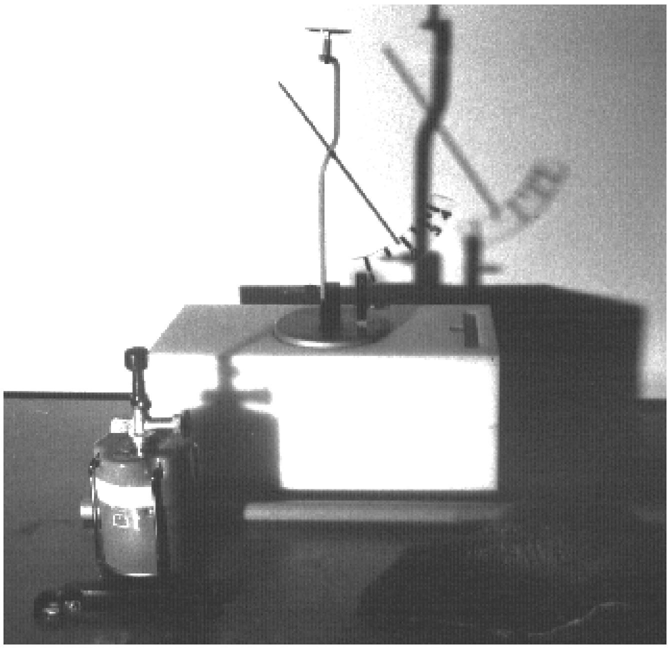


13.3 Leitung durch Flamme

Benötigt werden:

- großer Plattenkondensator
- Elektroskop 10 kV
- Spannungsquelle
- Amperemeter
- Bunsenbrenner

Aufbau:



Durchführung:
Der große Plattenkondensator wird bei angeschlossenem Elektroskop und einem Plattenabstand von einigen cm auf einige 100 V aufgeladen. Nun wird der Bunsenbrenner mit kleiner Flamme zwischen die Kondensatorplatten gebracht.

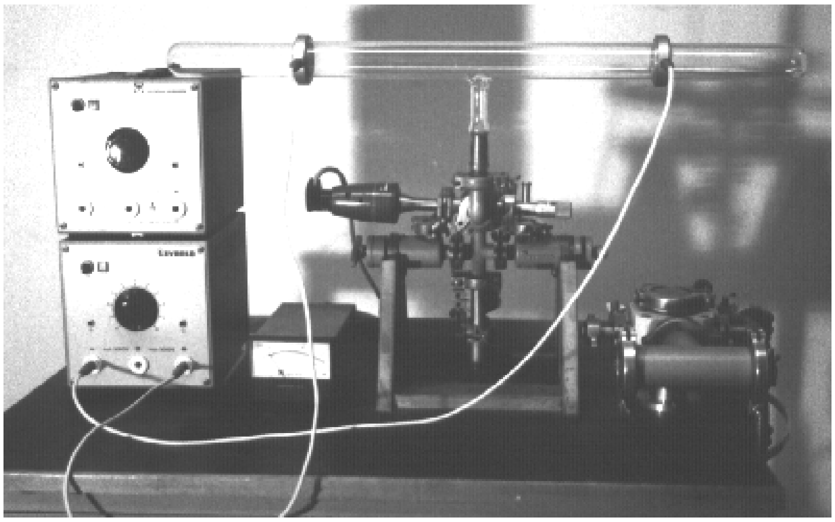
Beobachtung:
Das Amperemeter zeigt einen Strom an, sobald die Flamme zwischen die Platten gehalten wird.

13.4 Entladungsrohr

Benötigt werden:

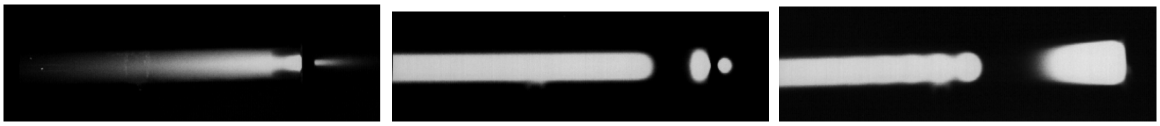
- Entladungsröhre LH-Nr. 554 16
- Leybold Hochspannungsversorung 6 kV
- Vakuumpumpe
- Vakuummeter

Aufbau:



Durchführung:
Hochspannung von 6 kV anlegen und die Röhre evakuieren. Die Entladungserscheinungen können durch Schließen des Hahns für einige Zeit festgehalten werden.

Beobachtung:



Unterhalb eines bestimmten Drucks werden hinter der Anode Kathodenstrahlen und hinter der Kathode Kanalstrahlen sichtbar.

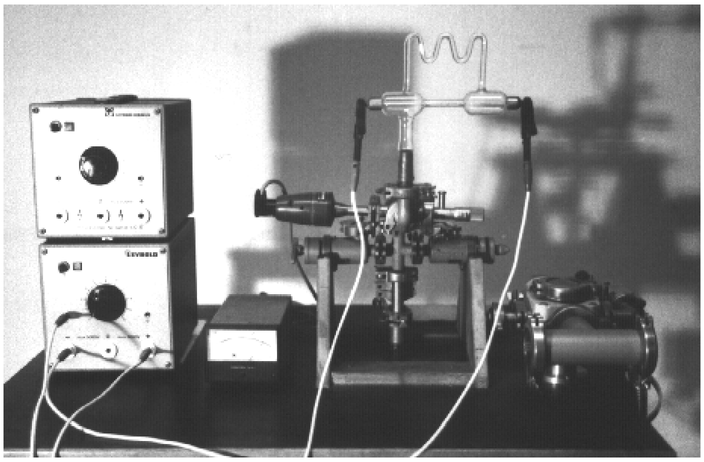
Bemerkung:
Um die Kathoden- und Kanalstrahlen sichtbar zu machen, empfiehlt sich der Einsatz der ganz großen Vakuumpumpe.

13.5 Umwegrohr (nach Hittorf)

Benötigt werden:

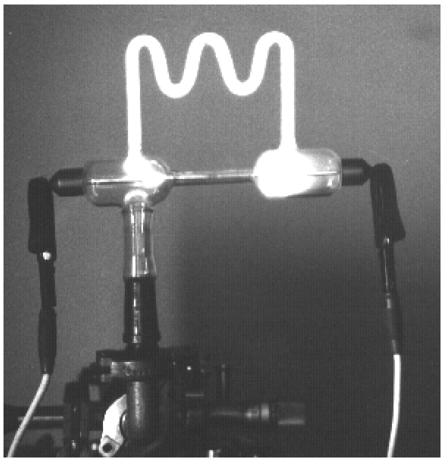
- Umwegrohr LH.-Nr. 554 36
- Versorgung: 18 kV Gerät
- Gasbalastpumpe

Aufbau:



Durchführung:
Das Umwegrohr auf die Vakuumpumpe setzen, die Hochspannung anlegen und langsam evakuieren.

Beobachtung:



Bei hohem Druck erfolgt die Entladung direkt zwischen den Elektroden, bei niedrigem Druck hingegen über den Umweg.