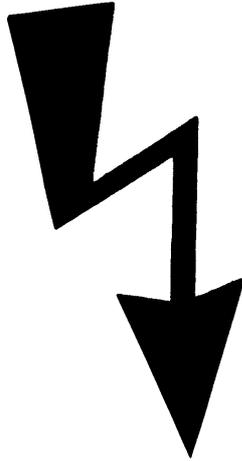


# **ELEKTRIK**



## ELEKTRIK

Bei diesem Versuch lernen Sie einige grundlegende Begriffe der Elektrizitätslehre kennen (Strom, Spannung, Widerstand, Kapazität). Darunter fallen auch das Ohmsche Gesetz, die Kirchhoffschen Regeln und insbesondere auch die Messung von Strom und Spannung. Das Umsetzen von elektrischen Schaltbildern in die Wirklichkeit kann dabei geübt werden.

Die hier verwendeten Begriffe haben grundlegende Bedeutung für viele Gebiete und Anwendungen der Medizin. Die Physiologie greift beispielsweise sehr stark auf sie zurück. Schutzmaßnahmen vor der Gefährdung durch elektrischen Strom können damit erklärt werden.

Am Ende des Versuchs können Sie mit einem kommerziellen Gerät Ihren eigenen Hautwiderstand messen. Volkstümlich heißt das Gerät auch Lügendetektor.

! Zu diesem Versuch müssen Sie sich **vor** Versuchsbeginn in einem Lehrbuch die entsprechenden Grundlagen klarmachen.

Beachten Sie die Hinweise zu Fehlergrenzen auf Seite 26 dieser Unterlagen. Hier nochmal ein kurzer Ausschnitt: !

Die Eichfehlergrenzen eines Meßgerätes bezeichnen die größten Abweichungen der Anzeige vom richtigen Wert, die nach der Eichordnung - beim Vergleich mit einem Normal - noch zulässig sind.

  $\approx 1,5$  

a) Bei analogen elektrischen Meßgeräten wird die Fehlergrenze in Prozent, bezogen auf den Endwert des Meßbereiches angegeben. Die Fehlergrenzen sind meist direkt am Rand der Skala des Meßgeräts ersichtlich. Ein Spannungsmesser der Klasse 1,5 hat eine Fehlergrenze von 1,5% vom **Endwert** des Meßbereichs. Bei einem Meßbereich von 50V bedeutet das  $\pm 0,75V$  (zur Erklärung der anderen Zeichen auf der Skala siehe Lehrbuch).

b) Bei digitalen Meßgeräten kann man die Fehlergrenze häufig nur aus der Bedienungsanleitung entnehmen; sie wird angegeben in Prozent bezogen auf den **Meßwert** zuzüglich einen oder mehrere mehrere Digits (Schritte bei den letzten anzeigenden Stellen des Instruments). Ein vierstelliges digitales Strommeßgerät mit einer Anzeige von 1,234A und einer Fehlergrenze von 1% vom Meßwert plus 5 digits hat einen absoluten Fehler von  $0,012 + 0,005 = 0,017A$ .



SZ 20.5.1978

## Patient trifft der Schlag

Viele elektromedizinische Geräte weisen schwerwiegende Fehler auf

Von unserem Redaktionsmitglied Stefan Klein

Düsseldorf, 19. Mai

Eine elektrische Infusionspumpe hatte 19 Sicherheitsmängel — einer davon war tödlich: Als Folge einer zu schnellen Tropfrate kam es bei einem Baby zu einer Luftembolie, die das Kleinkind nicht überlebte. Bei einem elektrischen Wiederbelebungsgesetz kam der Stromimpuls zu schnell und zu heftig — der Patient starb. Ein Hochfrequenz-Chirurgiegerät war fehlerhaft konstruiert — die Operation endete mit schweren Verbrennungen. Aus den Düsen eines kosmetischen Gerätes kam statt ionisiertem Dampf kochendes Wasser — die Kundin eines Schönheitssalons verbrühte sich im Gesicht.

Diese vier Vorfälle sind exemplarisch für den Zustand elektromedizinischer Geräte, die der nordrhein-westfälische Arbeitsminister Friedhelm Farthmann (SPD) von der Zentralstelle für Sicherheitstechnik (ZfS) unter die Lupe nehmen ließ. Das Ergebnis nannte Farthmann am Freitag in Düsseldorf „erschreckend“. Von 282 überprüften Geräten waren nur 89 ohne Fehler, beim großen Rest summierten sich die Mängel auf die Zahl 918. Davon wiederum waren 625 so schwerwiegend, daß sie laut Prüfbericht „zu lebensbedrohlichen Gefährdungen von Patienten und Bedienungspersonal führen können“.

Auf der langen Mängelliste stehen Herzschrittmacher und Narkosegeräte, künstliche Nieren und Herz-Lungen-Maschinen, EKG- und Wiederbelebungsgesetze. Mal ist die Pumpenfrequenz nicht stabil, mal ist die Verwechslungsgefahr bei Schläuchen und Stecksystemen zu groß. Bei Herzschrittmachern war die Vergußmasse nicht dicht, so daß Körperflüssigkeit in das Gerät eindringen konnte, bei Operationstischen stellte sich die Hydraulik als fehlerhaft heraus, bei künstlichen Nieren tropfte Desinfektionsflüssigkeit in die Dialyse, und bei Narkosegeräten war eine Überwachung des Gasgemischs nicht möglich.

Bei den Beanstandungen standen die ausländischen Geräte an der Spitze: Von 134 untersuchten Fabrikaten aus dem Ausland arbeiteten nur zehn fehlerfrei, an den übrigen 124 Geräten fanden die ZfS-Kontrolleure 713 Mängel. Wenn es trotz dieser alarmierenden Zahlen nicht häufiger zu Unfällen kommt, so liegt dies laut Farthmann an der „Besonnenheit der Ärzte in den Kliniken“. Der Minister will sich darauf freilich nicht verlassen, und so hat er eine ganze Reihe von Vorschlägen gemacht wie dem Übel in den Operationssälen und Behandlungszimmern abzuwehren ist.

Seinen wichtigsten Therapievoranschlag unterbreitete Farthmann Bundesarbeitsminister Herbert Ehrenberg: Dieser möge sich dafür einsetzen, schrieb Farthmann, bei der Novellierung des Gesetzes über technische Arbeitsmittel eine „Bauartprüfpflicht“ für elektromedizinische Geräte der sogenannten lebenserhaltenden Kategorie einzuführen. Derzeit gibt es nur freiwillige Sicherheitsprüfungen — und entsprechend selten werden sie durchgeführt: Nur 70 von insgesamt 6000 verschiedenen Typen elektromedizinischer Geräte haben Prüfplaketten von autorisierten Prüfstellen wie etwa dem TÜV.

## Medizintechnik verwarft sich gegen Mängelvorwürfe

SZ 12.6.1978

N. Erlangen (Eigener Bericht) — Mit einem stagnierenden Geschäft muß die Medizintechnik auch in den nächsten Jahren rechnen. Die 100 Betriebe im Fachverband „Elektromedizinische und strahlentechnische Geräte“ im Zentralverband der elektrotechnischen Industrie (ZVEI) der Bundesrepublik sehen keine rosigen Zeiten, erklärte Fachverbandsvorsitzender Hans-Erich Dreyer, Erlangen. Die Kostenentwicklung im Gesundheitswesen habe zu einer Verunsicherung bei Krankenhausverwaltungen, Kommunen und Ärzten geführt. Es bestehe die Gefahr, daß zunehmend deutsche Unternehmen von ausländischen Firmen aufgekauft werden. Arbeitsplätze seien gefährdet, wenn die Bevölkerung ständig durch unqualifizierte Äußerungen von Politikern verunsichert werde.

Dreyer wies die Vorwürfe des nordrhein-westfälischen Gesundheitsministers Friedhelm Farthmann, es bestünden gesundheits- und lebensbedrohliche Mängel an elektromedizinischen Geräten, mit Nachdruck zurück. Allein in der Bundesrepublik stünden 500 000 installierte

Anlagen und Einzelgeräte. Für die Sicherheit dieser Geräte bestünden auf nationaler und internationaler Ebene Gesetze und Normen, deren Beachtung Selbstverständlichkeit sei. Alle Geräte unterlägen strengen Qualitätskontrollen.

Die deutsche Medizintechnik produziert Geräte im Wert von 2 Mrd. DM, 50% werden exportiert. Am Weltmarktvolumen von 10,4 Mrd. DM hält sie damit 20% Anteil. Dies sei ein deutlicher Beweis für die hohe Qualität. Die Vorwürfe des Ministers seien unqualifiziert, es gebe keine Nachprüfungsmöglichkeit, da er bisher weder die Defekte noch die Fehler genannt habe. Dreyer wies darauf hin, daß die deutsche Industrie Wartungsverträge für alle Geräte anbiete. Wartung koste jedoch Geld. Alle in der Bundesrepublik hergestellten medizintechnischen Geräte unterlägen den Vorschriften des deutschen Maschinenschutzgesetzes. Diese Vorschriften würden auch auf internationaler Ebene benutzt. Die deutschen Hersteller würden bundeseinheitlich Vorschriften über Wartung und Überprüfung begrüßen. Sie lehnen jedoch ein System von mehr als 20 Prüfungsinstanzen ab.

# Gefahren des elektrischen Stromes für den Menschen

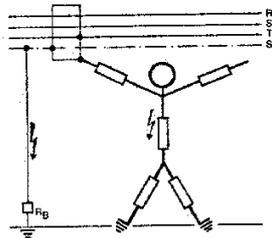


Abb. 1:

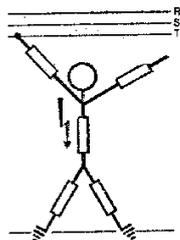


Abb. 2:

Diese Seite ist einem Merkblatt des Bayerischen Landesinstitutes für Arbeitsschutz entnommen:

Sicherer Umgang mit elektrischem Strom

Bayerisches Landesinstitut für Arbeitsschutz  
Pfarrstr. 3  
München

## Grundlagen

Die Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom hängt nicht – wie oft angenommen – von der Höhe der elektrischen Spannung (Volt) [V] ab.

Die **Stromstärke (Ampère) [A]** bestimmt die Größe der Gefahr. Schon bei geringer Spannung von einigen Volt kann sich ein Unfall ereignen, wenn große Stromstärken durch den Körper fließen. Beispielsweise verbrannte ein Finger an einer 6-Volt-Autobatterie. Der Ehering hatte die Pole kurzgeschlossen und einen sehr großen Entladestrom ausgelöst.

Die Stromeinwirkung ist auch von der Stromart (Gleich- oder Wechselstrom), der Frequenz des Wechselstromes, und von dem elektrischen Widerstand (R) des Körpers, gemessen in Ohm [ $\Omega$ ], abhängig. Der Widerstand ist sehr unterschiedlich, je nach Berührungsfläche, dem Stromweg durch verschiedene Glieder, der Beschaffenheit der Haut und Kleidung, dem Übergangswiderstand (trockene, feuchte Haut u. a.). Im Körper ist die Leitfähigkeit sehr verschieden, beispielsweise im Blut, in Gewebeflüssigkeit oder Knochen – komplexer Widerstand. Der Widerstand des menschlichen Körpers wird im Mittel mit 1300  $\Omega$  angenommen.

Wenn ein Fehlerstrom parallel zum Menschen über einen sehr kleinen Widerstand ( $R_B$ ) zur Erde abgeleitet wird, fließt nur ein Teilstrom durch den Menschen (Abb. 1). Darauf beruhen eine Reihe von Schutzmaßnahmen. Ist der Mensch der alleinige Ableiter der vollen Stromstärke, dann besteht meist Lebensgefahr (Abb. 2).

## Einwirkungen des elektrischen Stromes auf den Körper

### Physikalische Einwirkungen

Die **Wärmeentwicklung** beim Stromdurchgang führt zu **inneren und äußeren Verbrennungen** aller Schweregrade in Abhängigkeit von der Stromstärke. Große Stromstärken bewirken das Auskochen der Gewebeflüssigkeit und Zerstörung des Eiweißes mit häufig tödlicher Wirkung nach einigen Tagen, da der Körper die giftigen Verbrennungsprodukte nicht abbauen kann. An den Berührungsstellen finden sich oft kleine punktförmige Verbrennungen – Stromdurchschläge durch die Haut – sogenannte Strommarken.

### Physiologische Einwirkungen

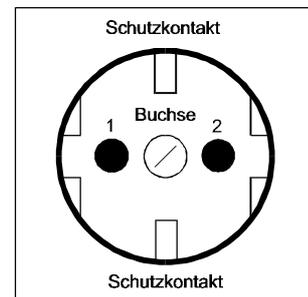
Vier Einwirkungsbereiche sind nach Untersuchungen von Dr. Koeppe anzunehmen:

Stromstärke bei		Physiologische Reaktion des Menschen
Gleichstrom	Wechselstrom 50 Hertz [Hz]	
I. bis 80 mA Milliampère	bis 25 mA	bis 5 mA: nur geringe Einwirkung 5–15 mA: Loslassen noch möglich, Krampfgefühl 15–25 mA: Selbständiges Loslassen des Kontaktes nicht mehr möglich
II. 80–300 mA	25–80 mA	25–50 mA: Noch ertragbare Stromstärke, Blutdrucksteigerung, Herzunregelmäßigkeit, Herzstillstände mit Wiedereinsetzen der Herzaktivität 50–80 mA: <b>Bewußtlosigkeit</b>
III. 300 mA–3 A	80 mA–3 A	<b>Herzkammerflimmern</b> , tot, bei kürzerer Einwirkung als 0,3 s meist noch kein Herzkammerflimmern
IV. mehr als 3 A	mehr als 3 A	Wie Bereich II., aber meist Lungenblähung und Bewußtlosigkeit, jedoch mit steigender Stromstärke stärkere Verbrennungen

## Sicherheit elektromedizinischer Geräte und Anlagen

Die normale Schutzkontaktdose (Schukodose) hat zwei Buchsen, von denen eine mit der sogenannten Phase und die andere mit dem Nulleiter verbunden ist.

Die beiden seitlich hervorragenden Kontakte heißen Schutzkontakte und sind mit dem Schutzleiter verbunden; das Schutzleiterkabel ist immer grüngelb gestreift; es darf nur für diesen Zweck verwendet werden!



Die Phase wird von einer der spannungsführenden Leiter R, S oder T des Drehstroms abgenommen und hat eine effektive Spannung von 230V gegen den Mittelpunktleiter des Drehstroms (siehe Lehrbuch). Die Phase ist mit einer Sicherung ausgerüstet (im häuslichen Bereich häufig eine Schmelz- oder Magnetsicherung von 10 bis 20A), die nicht mit der später zu besprechenden Fehlerstromsicherung verwechselt werden darf.

Abb.3: Schutzkontaktdose

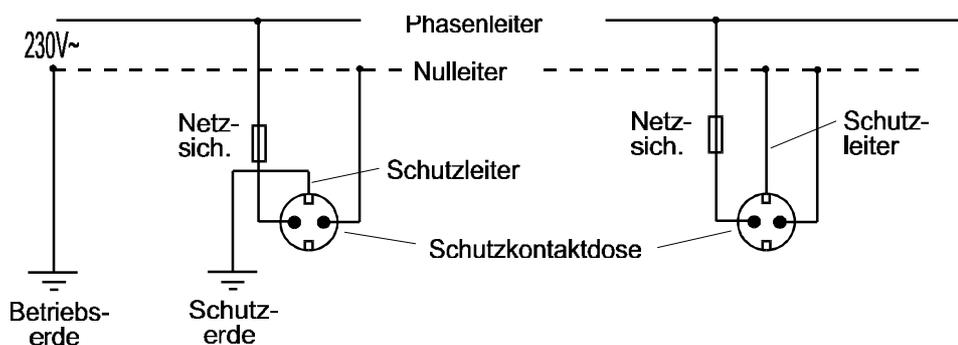


Abb. 4a: Schaltung mit Schutz-erde

Abb. 4b: Nullung

Der Nulleiter ist mit der Betriebs-erde (beim Kraftwerk, Umspannstation, Trafostation o.ä.) verbunden. Der Schutzleiter ist entweder mit einer speziellen Schutz-erde oder dem Nulleiter (sog. Nullung) verbunden. Das letztere ist im Haushalt üblich, bei Räumen, Anlagen und Geräten des elektromedizinischen Bereichs aber unzulässig.

Den Nulleiter einer normalen nichtbenutzten Steckdose kann man normalerweise gefahrlos berühren. Bei ordnungsgemäßer Installation ist er über eine niedrigohmige Leitung mit der Betriebs-erde verbunden. Fließen allerdings über einen Verbraucher hohe Ströme über den Nulleiter mit seinem zwar kleinen, aber doch endlichen Widerstand ab, so kann auch am Nulleiter eine gewisse Spannung anliegen.

Auch wenn Betriebs-erde und Schutz-erde getrennt sind und nicht auf gleichem Potential liegen, herrscht eine Spannung zwischen Nulleiter und Schutzkontakt. In elektromedizinisch genutzten Räumen muß deshalb zwischen allen größeren Leitern (metallische Heizkörper, Wasserrohre usw.) eine sog. Potentialausgleichsleitung installiert werden.

Bei einer normalen Steckdose läßt sich ohne Messung nicht entscheiden, welche der beiden Buchsen die Phase ist. Herrscht zwischen Buchse 1 und Schutzkontakt eine Spannung von 230V, dann führt Buchse 1 die Phase, andernfalls Buchse 2. Es kann lebensgefährlich sein, die Phase einer normalen Steckdose zu berühren, da entsprechend

dem vorstehend wiedergegebenen Merkblatt ein zu hoher Strom durch den menschlichen Körper fließen kann.

Es gibt eine Reihe von Schutzmaßnahmen für elektromedizinische Geräte, um gefährliche Spannungen bzw. Ströme zu vermeiden, wie z.B. die Verwendung von Schutzkleinspannungen oder spezielle Isolierungen.

Eine auch für elektromedizinische Geräte bedeutsame Schutzmaßnahme bei 230V-Anschluß ist die Fehlerstromschutzschaltung, auch FI-Schutzschaltung genannt. Diese Schutzschaltung, die auch für den normalen Haushalt sehr gut geeignet wäre (aber aus Kostengründen bisher nicht verbindlich ist), schaltet die Spannung üblicherweise innerhalb weniger hundertstel Sekunden ab, sobald ein gefährlicher Strom (10 - 30mA; je nach Anforderung) nicht über den Nulleiter sondern an ihm vorbei zur Erde abfließt (sog. Fehlerstrom). Ein derartiger Strom ist für den Menschen gerade noch tolerierbar, ohne ernstere Schäden zu bewirken.

Das Prinzip der FI-Schutzschaltung ist, daß der zu einem Verbraucher fließende Strom auch vollständig über den Nulleiter zurückfließen muß. Sobald ein Teil des Stroms nicht ordnungsgemäß über den Nulleiter sondern z.B. über den Schutzleiter oder einen Menschen zur Erde abfließt, ist die Summe der im Phasen- und Nulleiter fließenden Ströme nicht mehr Null.

Sind Phasen- und Nulleiter gemeinsam durch eine Induktionsspule geführt, wird im Normalbetrieb keine Spannung induziert.

Fließt irgendwo ein Fehlerstrom, ist die Summe der Ströme durch die Induktionsspule nicht mehr Null. Die induzierte Spannung unterbricht die Leitungen, wobei durch geeignete Schaltungen der Fehlerstrom, bei dem der Schalter unterbricht, einstellbar ist.

Bei jedem FI-Schutzschalter ist eine Prüftaste eingebaut. Beim Betätigen dieser Prüftaste fließt ein genügend großer Teilstrom an der Induktionsspule vorbei, um den Schutzschalter zu betätigen.

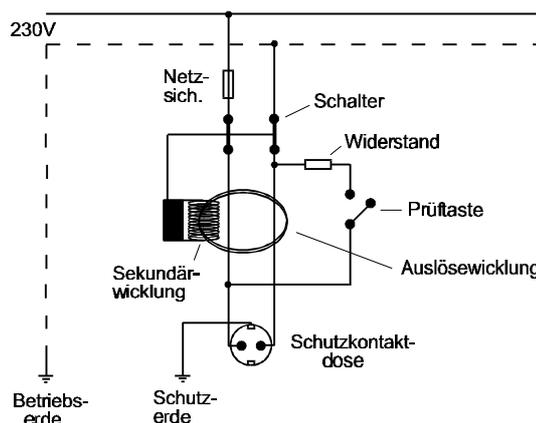


Abb.5: Prinzipschaltbild der FI-Schutzschaltung

## Bedeutung des Hautwiderstandes

Befestigt man zwei Elektroden fachgerecht z.B. an der Innenfläche einer Hand, kann man durch Anlegen einer Spannung und Messen dieser Spannung und des fließenden Stroms einen Widerstand ermitteln, der gewöhnlich als Hautwiderstand bezeichnet wird. Dieser Widerstand kann von weniger als  $1\text{k}\Omega$  bis zu mehreren  $100\text{k}\Omega$  reichen; er wird als Basis- oder Grundwiderstand bezeichnet. Der Basiswiderstand hängt vom Zustand der Haut ab (z.B. ob feucht oder trocken, krankhaft oder gesund).

Dem sich nur langsam (Stunden) ändernden Basiswiderstand sind schnellere (Sekunden bis Minuten) Widerstandsänderungen überlagert, die primär durch plötzlich erhöhte Aktivität der Schweißdrüsen bewirkt werden. Eine Aktivitätserhöhung der Schweißdrüsen kann z.B. durch psychische Prozesse bedingt sein. Man spricht deshalb in

diesem Zusammenhang bei der Messung des Hautwiderstandes auch häufig vom Lügendetektor.

Jedoch lassen sich die Schweißdrüsen auch medikamentös anregen; darin liegt eine gewisse Bedeutung für die Medizin (Medikamentenprüfung o.ä.).

Es ist an dieser Stelle nicht möglich, auf die ganze Problematik elektrodermalen Messungen einzugehen, insbesondere die Problematik des Lügendetektors aufzurollen.

## Zu den Grundlagen des Versuchs

Zur theoretischen Vorbereitung sollten Sie in entsprechenden Lehrbüchern 'Physik für Mediziner/Biologen' die Kapitel zu den im folgenden aufgeführten Punkten bearbeiten:

- 1) Definition und Messung von Strom und Spannung, Kennlinie eines elektr. Gerätes
- 2) Definition und Messung von Widerständen
- 3) Innenwiderstand einer Spannungsquelle
- 4) Parallel- und Hintereinanderschaltung von Widerständen; Kirchhoffsche Regeln
- 5) Exponentielle Veränderung der Spannung an einem Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit beim Auf- bzw. Entladen.

An Geräten sind vorhanden:

Gleichspannungsnetzgerät (0 - 25V; 0 - 3A)

Batterien (1,5V; 4,5V; 9V) bzw. Nickel-Cadmium-Akkus (1,5V; 9V)

ein analoges Vielfachmeßinstrument (Unavo)

ein digitales Vielfachmeßinstrument (abgekürzt DVM bzw. DMM = DigitalMultiMeter)

(diese beiden Geräte werden vom Betreuer nach Funktionsprüfung ausgegeben und am Ende des Versuchs nach Funktionsprüfung wieder eingesammelt; Kurzbedienungsanleitungen für beide Geräte am Arbeitsplatz bzw. auf der Rückseite der Geräte)

Hautwiderstandsmeßgerät (Bedienungsanleitung am Arbeitsplatz)

Satz von Widerständen, Kondensatoren, Verbindungskabel usw.

Hinweis: Die englische Sprache hat sich im technischen Bereich sehr weitgehend durchgesetzt, auch bei Abkürzungen. Es bedeutet (müssen Sie wissen):

DC = Direct Current = Gleichstrom

AC = Alternating Current = Wechselstrom

DV = Direct Voltage = Gleichspannung

AV = Alternating Voltage = Wechselspannung

Sie finden diese Abkürzungen auf den Meßinstrumenten.

-----

Es geht bei diesem Versuch auch darum, innerhalb begrenzter Zeit Bedienungsanleitungen zu lesen, zu verstehen und anleitungsgemäß in die Realität umzusetzen.

Die Vielfachinstrumente sind zwar mit einem gewissen Überlastungsschutz versehen, der aber nicht gegen beliebig falsche Bedienung schützt!

**Bevor Sie eine Schaltung mit einer Spannungsquelle verbinden, holen Sie bitte einen Betreuer zur Überprüfung!**

# ELE

## 1 Messung von Spannung und Strom (Auswertung sofort)

Messen Sie mit Hilfe eines digitalen und eines analogen Vielfachmeßinstrumente (auch Multimeter genannt) die Spannung einer 1,5V, einer 4,5V und einer 9V Batterie (Spannungsangaben gemäß Aufschrift) bzw. Akkus. Wählen Sie den zu jeder Spannung optimalen Meßbereich.

Berechnen Sie die absoluten und relativen Fehler zu jeder Messung.

Dazu müssen die Unsicherheiten der beiden Meßinstrumente für die verwendeten Meßbereiche notiert werden.

siehe auch Seite 26 dieser Unterlagen zu Fehlern bei elektrischen Meßgeräten!!!

## 2 Messung von Widerständen, Aufnahme einer Kennlinie

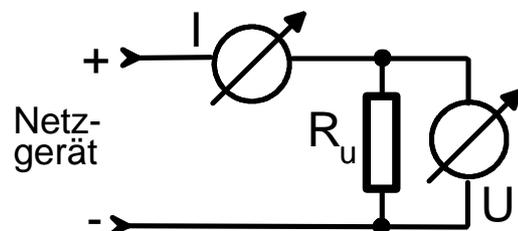
Lassen Sie sich vom Betreuer einen unbekanntes Widerstand  $R_u$  geben; notieren Sie seine Nummer und Belastbarkeit im Protokoll.

### 2.1 Bestimmung eines unbekanntes Widerstandes

2.1.1 Messen Sie den unbekanntes Widerstand  $R_u$  direkt mit dem Digitalinstrument.

2.1.2 Bestimmen Sie den Widerstand mit Hilfe der beim Versuch ausliegenden Farbcode-tafel (Vitrohmmeter).

Rechnen Sie aus dem Wert des Widerstandes und der Belastbarkeit aus, mit welcher Spannung der Widerstand maximal belastbar ist.



2.1.3 Nehmen Sie die Kennlinie des unbekanntes Widerstandes  $R_u$  auf, d.h. messen Sie Spannung und Strom gemäß der folgenden Schaltung für mindestens 5 verschiedene Werte:

Tragen Sie die Kennlinie in das Karopapier des Protokollheftes ein und bestimmen Sie aus der Steigung der Ausgleichsgeraden den Widerstand. Die auf den Widerständen angegebenen Belastbarkeitsgrenzen dürfen nicht überschritten werden; durchgeschmorte Widerstände müssen ersetzt werden (sie kosten wenig, es ist nur mühsam, sie zu besorgen).

Vergleichen Sie die aus den drei Methoden erhaltenen Widerstände! Stimmen sie im Rahmen der Meßunsicherheiten überein?

## 2.2 Kennlinie einer Glühlampe

Nehmen Sie die Kennlinie einer der vorhandenen Glühlampen auf.

Zeichnen Sie die Kennlinie auf das Karopapier Ihres Praktikumsheftes.

Notieren Sie die auf der Glühlampe selbst ersichtlichen Betriebsdaten (Spannung, Strom, Leistung; diese sollen nicht überschritten werden. (Beim Durchbrennen der Lampe muß eine neue besorgt werden)

Wie groß ist der Widerstand der Glühlampe bei der Betriebsspannung (Rechnung aus den Meßwerten)?

Messen Sie den Widerstand der Glühlampe mit dem Digitalinstrument.

Stimmt er mit dem Wert aus der Rechnung überein?

## 3 Bestimmung des Innenwiderstandes eines Akkus (freiwillig)

Bestimmen Sie den Innenwiderstand des 1,2V-Akkus (Mignon-Zelle) mit Hilfe der vorhandenen Meßgeräte und Bauteile. Dazu muß eine kleine Schaltung aufgebaut werden, mit der Sie Strom und Spannung des belasteten Akkus messen können. Vom Hersteller wird folgendes Näherungsverfahren vorgeschlagen: Belastung des Akkus mit  $I_1=100\text{mA}$  und gleichzeitiger Spannungsmessung  $U_1$ . Dann Belastung mit  $I_2=200\text{mA}$  und nach 4 bis 5s Belastung wieder Spannungsmessung  $U_2$ . Der Innenwiderstand berechnet sich dann gemäß

$$R_i = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1)$$

**Auf keinen Fall darf der Innenwiderstand des Akkus direkt mit dem Widerstandmeßbereich der Vielfachmeßinstrumente bestimmt werden !**

Achten Sie besonders darauf, Meßgeräte und Bauteile nicht zu überlasten. Insbesondere sind die Akkus bei Strömen von mehr als 100mA nur einige Sekunden zu belasten, da Sie sonst Ihre Messung nicht zu Ende führen können. Zusatzaufgabe: Bauen Sie eine Schaltung auf, mit der Sie den für die Innenwiderstandsmessung verwendeten Akku wieder aufladen können. Die Ladeströme der Akkus sind auf den Akkus selbst vermerkt; die Spannung an den Polen des Akkus soll nicht mehr als 115% der Nennspannung betragen. Ihr Betreuer soll die Schaltung vor Inbetriebnahme abnehmen.

## 4 Anwendung der Kirchhoffschen Regeln

Konstruieren Sie rechnerisch aus den vorhandenen Widerständen mittels Serien- und Parallelschaltung einen Widerstand von  $x\Omega$  auf 1% genau zusammen. Ihr Betreuer sagt Ihnen, wie groß  $x$  sein soll. Bauen Sie Ihre Konstruktion auf dem Steckbrett zusammen und überprüfen, ob der errechnete Wert mit dem gemessenen Wert übereinstimmt. Ihr Betreuer soll den Zusammenbau vor Ort überprüfen.

## 5 Fehlerstromschutzschaltung bei 230V

Diese Messungen dürfen nur unter Aufsicht eines Betreuers und nur an der Sicherheitssteckdose durchgeführt werden!

Prüfen Sie die Funktionsfähigkeit der Sicherheitssteckdose durch Betätigen der Prüftaste (Test); das rote Knöpfchen muß herauspringen.

Messen Sie mit dem Digitalinstrument die Spannung an der Sicherheits-Steckdose. Welche Buchse führt die Phase?

Bauen Sie eine Schaltung auf, sodaß Schutzkontakt und Phase der Sicherheits-Steckdose über einen geeigneten veränderbaren Widerstand miteinander verbunden sind.

Zeichnen Sie die aufgebaute Schaltung ins Protokollheft.

Messen Sie den zwischen Schutzkontakt und Phase fließenden Strom, während Sie am Widerstand drehen.

Bei welchem Strom löst die Fehlerstromsicherung aus?

Herrscht Übereinstimmung mit dem auf dem FI-Schalter angegebenen Wert?

## 6 Messung des Hautwiderstandes

Legen Sie gemäß der am Versuchsplatz ausliegenden Bedienungsanleitung zum Hautwiderstandsmeßgerät die Elektroden an. Messen Sie Ihren Basiswiderstand und probieren Sie aus, wie weit sich durch physiologische Reaktionen (auf Händeklatschen, Geblendetwerden o.ä.) oder psychische Vorgänge (Lügendetektor) Ihr Hautwiderstand ändert.

Ohne die Elektroden abzunehmen, stöpseln Sie die Stecker der Elektroden direkt in das Digitalvielfachmeßinstrument (DVM) und messen damit ebenfalls den Hautwiderstand. Polen Sie die Stecker beim DVM einmal um.

Unterscheiden sich die Meßwerte im Rahmen der Meßunsicherheit?

Messen Sie den Widerstand eines der vorhandenen, bekannten Widerstände zur Überprüfung des Gerätes.

## 7 Ladungs- bzw. Kapazitätsmessung

Kondensatoren sind ein wichtiges Bauelement der Elektronik; sie speichern elektrische Ladung. Auch den Menschen kann man als - ziemlich unregelmäßig gebauten - Kondensator (ca. 100 - 200pF) ansehen. Wer hat sich nicht schon beim Gehen über Teppichfußböden oder durch Reibung von Kunstfaserwäsche hoch aufgeladen und dann mit mancherlei Unannehmlichkeiten wieder entladen. Es können dabei Spannungen von mehr als 10000V auftreten. In der Literatur wird u.a. von Explosionsunglücken in Operationsälen bei Verwendung explosiver Narkosemittel durch elektrostatische Aufladung berichtet. Auch empfindliche Meßinstrumente können dadurch beeinflußt werden, heutige elektronische Bauelemente sogar leicht zerstört werden. Als Abhilfemaßnahmen kann man leitfähige Fußböden, Erdung von Personen, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in einem Raum usw. vornehmen.

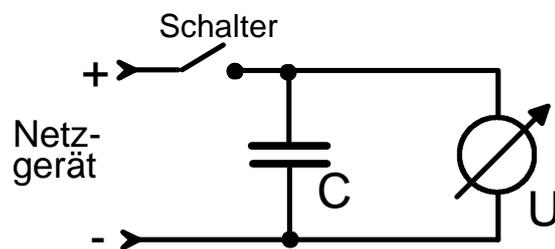
## 7.1 Messung mit technischen Kondensatoren

Bauen Sie mit einem der vorhandenen Kondensatoren und den vorhandenen Geräten und Bauteilen eine Schaltung auf, mit der Sie die exponentielle Änderung der Spannung mit der Zeit beim Entladen nachweisen können. Achten Sie auf den Innenwiderstand des Meßgeräts, sowie auf die zulässige Höchstspannung und evtl. Polung der verwendeten Kondensatoren.

Eine einfache Schaltung für diese Messung sieht so aus:

Hier wird mitbenutzt, daß das digitale Vielfachinstrument schon einen hohen Eingangswiderstand von  $10\text{M}\Omega$  hat, über den sich der Kondensator entlädt.

Falls Sie eine andere Schaltung aufbauen, bitte ins Heft einzeichnen.



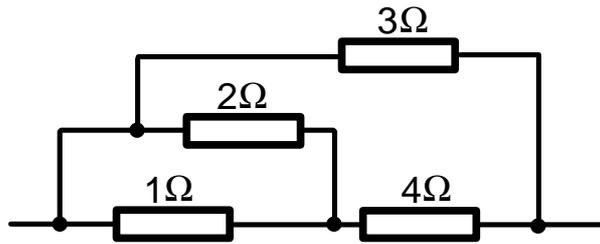
Notieren Sie den auf dem verwendeten Kondensator vermerkten Wert der Kapazität.

**Auswertung:** Tragen Sie die Spannung in Abhängigkeit von der Zeit in halblogarithmisches Papier ein und ermitteln aus der gezeichneten Ausgleichsgeraden die Kapazität des verwendeten Kondensators. Stimmt der so ermittelte Wert mit dem auf dem Kondensator selbst vermerkten Wert im Rahmen der Meßunsicherheit überein?

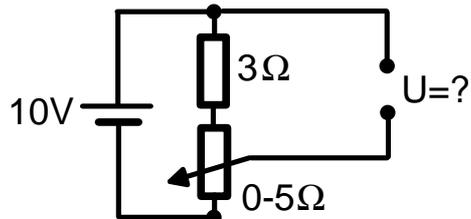
Die bei diesem Versuch verwendeten Kondensatoren haben Meßunsicherheiten von etwa 20%.

**Aufgaben**

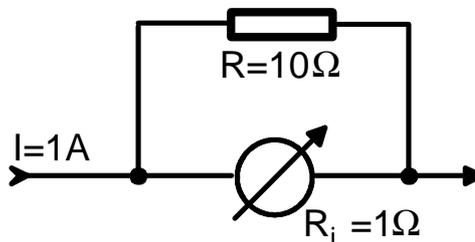
- 1) Berechnen Sie den Widerstand der folgenden Kombination von Widerständen:



- 2) In welchem Bereich läßt sich die Spannung mit nebenstehender Anordnung variieren?  
Der Widerstand mit dem Pfeil ist variabel



- 3) Welchen Strom zeigt das Meßinstrument an, wenn ein Strom von 1A in die gezeichnete Anordnung hineinfließt?



- 4) Welcher Strom fließt bei einem 12V-Akkumulator mit einem Innenwiderstand von  $0,05\Omega$  im Kurzschlußfall?
- 5) Ein Mensch faßt mit einer Hand an die Phase und mit der anderen Hand an den Nulleiter einer 230V-Steckdose; sein Hautwiderstand betrage  $3k\Omega$ .  
Welcher Strom fließt bei der Annahme eines Ohmschen Widerstandes?  
Ist dieser Strom gemäß der Tabelle in der Arbeitsunterlage gefährlich?
- 6) Welche Sicherung(en) bei einer 230V-Steckdose mit normaler Netzsicherung und Fehlerstromschutzschalter werden reagieren, wenn man einen Kurzschluß hervorruft, d.h. Phase und Nulleiter verbindet?
- 7) Ein  $47\Omega$ -Widerstand sei bis zu  $0,25W$  belastbar. Welche Spannung darf maximal an ihm anliegen?

- 8) Zwei gleiche Vielfachmeßinstrumente seien hintereinander geschaltet und mit einer 1,5V Batterie verbunden.
- a) Ein Instrument sei als Amperemeter, das andere als Voltmeter geschaltet. Welche Spannung zeigt das Voltmeter an?
- b) Beide Instrumente seien als Voltmeter geschaltet (gleicher Meßbereich). Welche Spannung zeigt jedes von ihnen an?

