

Analoges Multimeter (Entwurf)



Technisch bedingte Änderungen vorbehalten!

Inhalt

Einleitung	3
Voraussetzungen für das Basteln mit Elektrotechnik und Elektronik	4
1. Das Löten	4
2. Mechanische Vorbereitung der Bauteile	6
3. Arbeitsschutz	6
Grundlagen der Elektrotechnik	8
4. Geschichtliche Entwicklung	9
5. Der Stromkreis	11
Montage des Multimeters	12
6.1 Bauteile des Multimeters	12
6.2 Anfertigung von Verbindungsleitungen	15
6.3 Zusammenbau des Multimeters	19
Gebrauchsanweisung des Multimeters	31
7.1 Spannungsmessung	34
7.2 Strommessung	35
7.3 Widerstandsmessung	35
Versuche und Experimente mit dem Multimeter	36
8.1 Das Experimentier-Steckboard	36
8.2 Verbindungsleitungen	37
8.3 Die Spannungsquelle	37
Versuche zum Ohm'schen Gesetz	39
9.1 Die Reihenschaltung	39
9.2 Die Parallelschaltung	41
9.3 Betriebszustände – AUS-Zustand – Normaler Betrieb – Kurzschluss	42
9.4 Versuche zur Widerstandsmessung	43
Verzeichnis der verwendeten Literatur und Quellen	47

Einleitung

Der Bausatz Analoges Multimeter ist noch in der Entwicklung und im Handel nicht als Komplettpaket erhältlich. Es werden hier alle benötigten Bauelemente und deren Bezugsquellen beschrieben. Es ist eine ausführliche und detaillierte Bauanleitung enthalten.

Die meisten Bauteile können problemlos über verschiedene Elektronik-Versandhändler bezogen werden. Einige Bauteile können allerdings in der Fertigung oder Beschaffung Probleme bereiten. Für einen völlig unerfahrenen Einsteiger ist dieses Projekt daher nicht geeignet. Ich wünsche trotzdem viel Spaß und hoffentlich auch Erfolg bei der Umsetzung dieses Projektes. Im angebotenen Bausatz sind alle wesentlichen Bauteile enthalten.

Die erforderlichen Werkzeuge, und Batterien sind allerdings nicht im Lieferumfang enthalten.

Es gibt zahlreiche Lernpakete und Bausätze im Handel. Die meisten Lernpakete wurden von der Firma Franzis und freien Mitarbeitern entwickelt und können über den Internethandel, www.franzis.de oder andere Elektronikanbieter bezogen werden.

Mit diesen Lernpaketen können sich bereits Kinder ab 14 Jahren beschäftigen, ihr technisches Wissen erweitern, ihre Interessen testen und einen Grundstein für die richtige Berufswahl legen. Das Interesse an der Technik, deren Gesetzen und Möglichkeiten soll geweckt werden und Lust auf die Entdeckung von mehr machen.

Die Grundlagen der Elektrotechnik sind auch die Grundlagen für die Elektronik, Informationstechnik, Rechentechnik, Automatisierung, Digitalisierung, künstliche Intelligenz und vieles andere mehr. Ohne ein solides Grundwissen der Elektrotechnik kommt der Mensch in Zukunft weder im Berufsleben noch im privaten Umfeld aus.

Wir begegnen in unserem Umfeld überall Anlagen und Geräte, welche auf den elektrischen Grundlagen beruhen. Der elektrische Strom ist allerdings in der Regel nicht direkt sichtbar, nicht erkennbar und somit rätselhaft. Der elektrische Strom wird erst durch seine unterschiedlichen Wirkungen sichtbar und erkennbar. Erst wenn eine Glühlampe leuchtet, ein Elektroherd den Topf erwärmt, ein Motor ein Gerät antreibt usw. wird die Wirkung des elektrischen Stroms sichtbar. Ob ein elektrisches Kabel oder eine Freileitung unter Spannung steht und ein elektrischer Strom hindurch fließt ist für den Menschen, ohne geeignete Hilfsmittel nicht erkennbar.

Es kann vorkommen, dass ein verspielter Hund sich damit beschäftigt, ein am Boden liegendes Stromkabel anzuknabbern. Wenn er die äußere Isolierung durchgebissen hat wird er einen elektrischen Schlag abbekommen. Die Gefahr war für den Hund nicht erkennbar. Der elektrische Schlag wird für den Hund sehr schmerzhaft sein und kann tödlich enden. Auch der Mensch kann sich durch Unwissenheit und Leichtsinn zahlreichen Gefahren aussetzen. Die Elektroenergie ist für die weitere Entwicklung der Menschheit ein großer Segen, stellt für Mensch und Tier aber auch eine gewisse Gefahr dar. Es ist also wichtig die Gefahren der Elektroenergie zu kennen, und sich durch richtiges Verhalten davor zu schützen.

Mit einem Messgerät, welches im Handel als fertiges Gerät erhältlich ist und als Multimeter bezeichnet wird, kann die Elektroenergie gemessen und die gemessenen Werte beurteilt werden. Es können die elektrischen Größen von Spannung, Strom und Widerstand gemessen werden. Ein einfacheres Messgerät, ein Spannungsprüfer oder Phasenprüfer, kann zur Feststellung von vorhandener Spannung oder Spannungsfreiheit verwendet werden.

Die meisten mir bekannten Lernpakete haben den Mangel, dass keine geeignete Messeinrichtung enthalten ist. Bei vielen Experimenten stochert man meist im Dunklen herum, ohne wirklich nachvollziehen zu können, was tatsächlich passiert und warum. Wenn alles wunschgemäß funktioniert, dann ist alles gut und wenn nicht, dann hat man ein Problem. Man kann daran glauben, dass alles richtig funktioniert oder auch nicht. Erst mit einer geeigneten

Messeinrichtung ist es möglich, die Dinge nachzuvollziehen, zu begreifen und der Glaube wird dann zum Wissen. Ein Multimeter, ob analog oder digital, ist im Handel bereits recht preiswert erhältlich. Der Eigenbau eines analogen Multimeters dürfte allerdings wesentlich interessanter und lehrreicher sein.

Dieser Bausatz für ein analoges Multimeter kann somit auch bei der Beschäftigung mit anderen Lernpaketen sinnvoll und ergänzend eingesetzt werden. Die Funktionsweise der analogen Messtechnik soll erläutert werden.

Voraussetzungen für das Basteln mit Elektrotechnik und Elektronik

Der Aufbau eines eigenen Multimeters setzt allerdings einiges voraus.

- Es ist ein gewisses technisches Verständnis erforderlich.
- Es sind einige praktische Fähigkeiten und Erfahrungen erforderlich.
- Es wird eine Grundausstattung an den erforderlichen Werkzeugen benötigt.
- Es sollte ein geeigneter Arbeitsplatz vorhanden sein.
- Bei Bedarf muss auf fremde Hilfe zurückgegriffen werden. Vielleicht können ja auch die eigenen Eltern dabei helfen.
- Eine Grundvoraussetzung ist das Löten. Beim Elektronikversand www.elv.de ist ein geeignetes Löt-Lernpaket für 22,49 € mit einer Aufbewahrungsbox erhältlich (Best.-Nr. 109324).

1. Das Löten

Mit dem Löten werden elektrisch leitende Verbindungen zwischen Leitern und verschiedenen Bauteilen hergestellt. Für den Anfang ist ein einfacher Lötkolben für 230 V, mit einer Leistung von 15 bis 30 W, mit einer Meißel Spitze ausreichend. Es kann 1 mm Lötzinn mit einer Flussmittel-Seele verwendet werden. Die zu verbindenden Teile müssen sauber und fettfrei sein. Bei Bedarf müssen die Enden gereinigt werden (mechanisch oder mit Spiritus).

Das Löten erfolgt bei einer Temperatur von ca. 250 °C. Das Zinn schmilzt, umschließt die zu verbindenden Teile, und verbindet diese beim Abkühlen. Damit das Lötzinn gut verlaufen kann ist ein Flussmittel erforderlich, welches in der Seele vom Lötzinn enthalten ist. Die zu verbindenden Teile müssen mit der Lötkolbenspitze ebenfalls auf ca. 250°C erwärmt werden, damit das Lötzinn gut verlaufen kann, was an einer glänzenden Oberfläche erkennbar ist. Die Lötkolbenspitze muss sauber, gut verzinnt sein und einen großflächigen Kontakt mit den zu verbindenden Teilen haben, damit ein guter Wärmeübergang auf die Teile garantiert ist. Die Lötkolbenspitze muss eine Temperatur von 300 bis 350 °C haben, damit dies garantiert ist.

Wenn größere Teile verlötet werden sollen, muss der Lötkolben eine höhere Leistung haben. Für unsere Zwecke ist ein Lötkolben mit 15 bis 30 W aber völlig ausreichend. Es gibt im Handel auch Lötkolben mit Schalter, zur Umschaltung der Leistung zwischen 15 und 30 W und einer Aus-Stellung. Die Bauteile dürfen auch nicht zu stark und zu lange erwärmt werden, da diese sonst Schaden nehmen, oder zerstört werden können. Es ist günstig, wenn man die zu verbindenden Teile in einer Vorrichtung fixieren kann. Mit einer Hand hält man den Lötkolben und mit der anderen Hand den Lötendraht an die Lötstelle. Muss man ein Teil mit der Hand halten, geht das meist kurzzeitig, wenn es eine Isolierung hat, sonst ist es ratsam eine Flachzange zu verwenden. Eine Zange führt aber auch Wärme von der Lötstelle ab, weshalb die Zange nicht zu dicht an der Lötstelle sein sollte.

Der Lötkolben ist immer sicher auf dem Lötkolbenständer abzulegen und bei längeren Pausen möglichst auszuschalten. Nach einiger Zeit bildet sich Zunder an der Lötkolbenspitze, was das Löten erschwert oder unmöglich macht. Die Lötkolbenspitze muss dann gründlich gereinigt werden. Das Löten sollte zunächst an einigen Drahtenden geübt werden. Wenn die zu verbindenden Teile eine saubere Oberfläche haben, dann sollte die Verbindung gelingen, wenn die Lötkolbenspitze und der Lötendraht gemeinsam an die Lötstelle gehalten werden. Das im Lötendraht enthaltene Flussmittel ist in der Regel ausreichend.

Wenn die zu verbindenden Drahtenden zunächst einzeln verzinnt werden, dann gelingt die Lötverbindung besser und schneller. Sind die Bauteile allerdings verschmutzt oder oxidiert, dann müssen diese zunächst durch schaben, feilen oder kratzen vorbereitet und dann verzinnt werden. Dann ist in der Regel ein zusätzlich eingesetztes Flussmittel (Löthönig) erforderlich.

Beim Löten entstehen Dämpfe durch das Flussmittel. Es sollte vermieden werden diese Dämpfe einzuatmen, es kann eine Reizung der Atemwege und Augen erfolgen. Deshalb sollte die Nase nicht direkt über die Lötstelle gehalten werden, sondern weiter weg.

Für den Löt Arbeitsplatz sollte eine schwer entflammare Unterlage von ca. 60 x 40 cm² verwendet werden, um die Tischplatte zu schützen.



Bild: Grundausrüstung für den Löt Arbeitsplatz

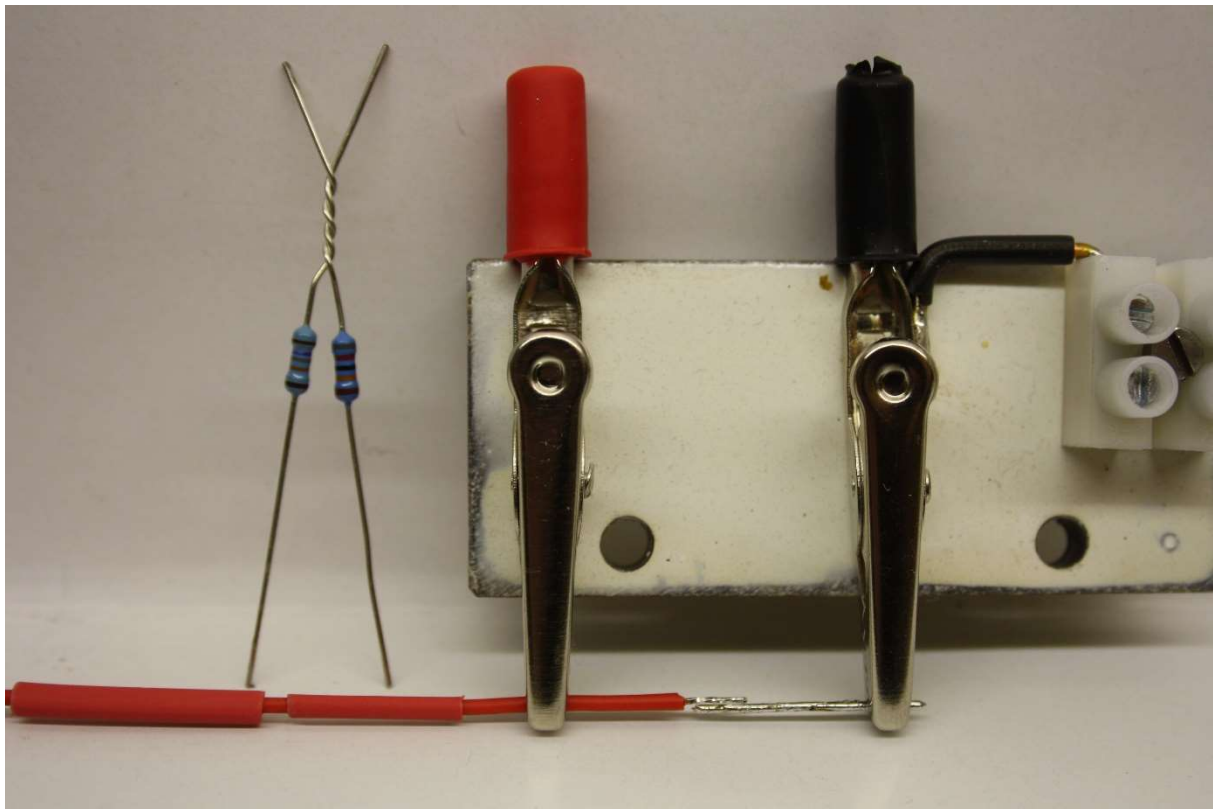


Bild: Fixierung der zu verbindenden Drahtenden mit Abgreifklemmen, verrödeln von Anschlussdrähten vor dem Löten

2. Mechanische Vorbereitung der Bauteile

Saubere und fettfreie metallische Oberflächen lassen sich in der Regel ohne Probleme und Vorbereitung gut verzinnen und verlöten. Dies trifft für Kupfer, Messing, Silber, Eisen u. a. zu. Aluminium lässt sich allerdings nicht verlöten, da es immer eine Oxidschicht aufweist. Auch alle anderen Metalle bilden mit der Zeit auf der Oberfläche eine Oxidschicht aus, was durch chemische Einflüsse, Feuchtigkeit und Wärme begünstigt wird. Eine Oxidschicht muss in der Regel zunächst mechanisch durch Schaben oder Feilen entfernt werden, damit eine Lötverbindung erfolgen kann.

Die Drahtenden von gegurteten Widerständen weisen meist Kleberrückstände auf, die das Löten erschweren können. Auch von den Händen übertragener Schweiß oder Schmutz kann das Löten erschweren. Saubere Drahtenden sollten deshalb nicht unnötig mit den Fingern berührt werden, es sollte auf Sauberkeit geachtet und möglichst eine Zange verwendet werden.

Massive Schaltdrähte sollten zuvor auf Maß zugeschnitten, ab isoliert, verzinkt und gebogen werden (Datei „Schaltdraht_analMM_DC100.pdf“.

3. Arbeitsschutz

Alle Arbeiten an elektrischen Anlagen sollten nur im spannungsfreien Zustand ausgeführt werden. Dies sollte auch für unsere Experimente eingehalten werden. Es besteht für den Menschen immer die Gefahr einen elektrischen Schlag zu bekommen oder einen Kurzschluss zu verursachen. Ein Stromdurchfluss durch den menschlichen Körper sollte immer vermieden

werden, da eine Schädigung erfolgen kann. Der menschliche Körper ist kein Akku der mit Strom aufgeladen werden kann.

Der menschliche Körper stellt für den Strom auch nur einen elektrischen Leiter mit einem bestimmten Widerstand dar. Die Stromstärke beim Durchfließen des menschlichen Körpers ist also abhängig von der Höhe der Spannung und dem jeweiligen Widerstand.

Eine Spannung bis zu 42 V gilt als Kleinspannung und ist für den Menschen in der Regel ungefährlich, da durch den hohen Widerstand des menschlichen Körpers nur sehr geringe Stromstärken auftreten können.

Durch einen verursachten Kurzschluss kann aber trotzdem eine Gefährdung, auch bei niedrigen Spannungen, auftreten, wenn sich der Mensch in unmittelbarer Nähe aufhält. Beim elektrischen Lichtbogen-Schweißen, was bei einer Spannung von ca. 20 V und mit ca. 100 A erfolgt entsteht eine sehr große Hitze, welche ausreicht um Stahl zu schmelzen (ca. 1537 °C). Jeder verursachte Kurzschluss hat einen kleineren oder größeren Lichtbogen zur Folge, was mit großer Hitzeentwicklung verbunden ist. Diese Gefährdung tritt bei leistungsstarken Spannungsquellen und Akkumulatoren auf, wenn ein Kurzschluss verursacht wird.

Erfolgt durch ein Werkzeug ein unbeabsichtigter Kurzschluss an einem Akkumulator, so kann das Werkzeug verdampfen und flüssiges Metall durch die Gegend spritzen, was für einen in der Nähe befindlichen Menschen schwerste Verletzungen zur Folge hat.

Für unsere Experimente verwenden wir deshalb nur Batterien der Größe Mignon (AA) welche eine begrenzte Leistung haben und keine nennenswerte Gefahr darstellen.

Der Lötkolben wird im Betrieb sehr warm und darf nur am Griff angefasst werden. Auch die Drähte und Bauteile leiten die Wärme sehr schnell weiter und können eine Gefährdung darstellen. Auch eine mögliche Brand-Gefährdung durch den erhitzten Lötkolben muss ausgeschlossen werden.

Grundlagen der Elektrotechnik

Es gibt umfangreiche Literatur zur Elektrotechnik. Das sind zahlreiche Lehr- und Fachbücher, die alle verschiedenen Teilgebiete sehr ausführlich behandeln.

Für den Einsteiger ist das allgemeinverständliche Buch vom Autor Bo Hanus mit dem Titel „Der leichte Einstieg in die Elektrotechnik und Elektronik“ sehr zu empfehlen. Das Buch wurde 2013 von FRANZIS-Verlag verlegt. Es ist in der Regel in öffentlichen Bibliotheken und auch teilweise im Buchhandel erhältlich. Als E-Book ist es auch über www.ciando.com für 19,99 € erhältlich. In der Datei „LPr_Bo-Hanus.pdf“ ist eine Leseprobe von diesem Buch enthalten.

In diesem Rahmen kann ich hier nur auf die wichtigsten Dinge eingehen.

Die Grundlage sind die Gesetze im Gleichstromkreis, das Ohm'sche Gesetz. Das Ohm'sche Gesetz drückt aus, wie sich der Strom innerhalb eines Stromkreises, auf der Grundlage der im Universum geltenden Naturgesetze, verhält.

Die Elektroenergie ist neben der Mechanischen Energie, der Wärmeenergie, der Kernenergie und anderen eine wichtige Energieform. Da der elektrische Strom nicht unmittelbar sichtbar ist, kann man sich die verschiedenen Größen am besten vorstellen, wenn man diese mit dem Wasser vergleicht, obwohl beides völlig unterschiedliche Dinge sind. Die Ladungsträger der Elektroenergie sind die freien Elektronen, welche eine negative Ladung haben. Freie Elektronen kommen in fast allen Materialien vor, in einigen mehr und in anderen weniger.

Die freien Elektronen sind die Elektronen der äußeren Bahnen von Atomen, welche nur eine lockere Bindung zum Atomkern haben. Der elektrische Strom ist demnach, sich bewegendes Elektronen. Die Elektronen kann man mit den Wassertropfen in einem großen Fluss vergleichen, der auch als Strom bezeichnet wird.

Die verschiedenen Materialien setzen dem elektrischen Strom einen unterschiedlichen Widerstand entgegen. Der elektrische Widerstand wird mit dem Formelzeichen R bezeichnet und hat die Maßeinheit Ohm (Ω).

Materialien mit einem geringen elektrischen Widerstand werden als elektrische Leiter bezeichnet. Materialien mit einem sehr hohen elektrischen Widerstand sind Nichtleiter. Einige Materialien, mit einem mittleren Widerstand, werden als Halbleiter bezeichnet, z. B. Silizium und Germanium.

Analog wie ein Flussbett, welches das Wasser führt, wenn es schmal und flach oder aber breit und tief ist, setzt es dem fließenden Wasser einen großen oder kleinen Widerstand entgegen, so auch der elektrische Leiter den Elektronen im Stromkreis.

Die Menge der Elektronen, welche durch den elektrischen Leiter fließen, kann man mit der Wassermenge im Flussbett vergleichen, ob es sich um einen kleinen Bach kurz nach der Quelle, oder aber um einen gewaltigen Flusslauf kurz vor der Mündung im Meer handelt. Die Menge der Elektronen wird mit dem Formelzeichen für die Stromstärke „ I “ mit der Maßeinheit Ampere (A) ausgedrückt.

Die Kraft mit welcher die Elektronen durch den elektrischen Leiter gedrückt werden, kann man mit dem Höhenunterschied eines Flusses vergleichen, den er auf einer bestimmten Strecke hat. Hat ein Fluss auf 1000 m Länge nur eine geringe Höhendifferenz von z.B. 1 m, wird er gemächlich dahinplätschern, im Gegensatz zum gleichen Fluss, wenn dieser eine Höhendifferenz von 100 m aufweist. Die Kraft oder der Druck welcher die Elektronen durch den elektrischen Leiter treibt wird als Spannung mit dem Formelzeichen „ U “ und der Maßeinheit Volt (V) bezeichnet.

Daraus folgt das Ohm'sche Gesetz, welches lautet:

$$R = U / I$$

Widerstand R in Ω (Ohm)

Spannung U in V (Volt)

Stromstärke I in A (Ampere)

Abgeleitet ergibt sich daraus: $I = U / R$ und $U = R \times I$

Das Ohm'sche Gesetz gilt für den Gleichstromkreis. Im Prinzip gilt es auch im Wechselstromkreis, wobei einige Besonderheiten zu beachten sind.

4. Geschichtliche Entwicklung

- Entstehung des Universums durch den Urknall vor ca. 15 Milliarden Jahren
- Entstehung der Erde vor ca. 4,6 Milliarden Jahren
- Entstehung des ersten Lebens im Urozean der Erde vor ca. 4 Milliarden Jahren
- Der Mensch (Homo sapiens) wanderte vor ca. 35.000 Jahren von Afrika ausgehend aus, verbreitet sich langsam über die ganze Erde, und verdrängte den Neandertaler.
- Erkenntnisgewinn durch die alchemistische Forschung ab 300 n. Chr.
- 1450 Erfindung des Buchdrucks (Johann Gutenberg)
- 1752 Franklin erfindet den Blitzableiter
- 1765 Watt erfindet die Dampfmaschine
- 1786 Galvani erforscht die Kräfte der Elektrizität
- 1799 Volta baut seine galvanische Säule
- 1820 Oersted erforscht den Elektromagnetismus
- 1826 Sturgeon erfindet den Elektromagneten
- 1826 Ohm beschreibt das Ohm'sche Gesetz
- 1831 Faraday erforscht die elektromagnetische Induktion
- 1833 Gauß und Weber bauen den ersten elektrischen Telegraphen
- 1846 Siemens erfindet den ersten elektrischen Zeigertelegraphen
- 1859 Planté erfindet den Akkumulator
- 1861 Reis erfindet den ersten Fernsprecher
- 1864 Maxwell berechnet das elektromagnetische Feld
- 1867 Siemens baut die erste Dynamomaschine
- 1874 Baudot baut das erste Telegraphensystem
- 1876 Bell verbessert den Fernsprecher
- 1877 Edison erfindet das Grammophon
- 1879 Edison konstruiert die erste Glühlampe
- 1882 Edison erbaut das erste Elektrokraftwerk (Gleichstrom)
- 1882 Gaulard und Gibbs bauen den ersten Transformator
- 1885 Bernados erfindet das Lichtbogenschweißen

- 1887 Tesla erfindet den Drehstrommotor
- 1888 Hertz erforscht die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen
- 1889 Tesla konstruiert den ersten Wechselstromgenerator
- 1896 Marconi entwickelt die drahtlose Telegraphie
- 1900 Kjellin baut den ersten Induktionsofen
- 1912 Brehm erfindet ein Echolotgerät
- 1922 Busch baut die erste elektrische Linse
- 1923 Zworykin baut die Fernseh-Bildaufnahmeröhre
- 1952 Bruch (Telefunken) entwickelt das Farbfernsehen
- 1962 Telstar (TV-Satellit) überträgt zum ersten Mal Fernsehbilder
- 1967 PAL-Farbfernsehsystem wird in Deutschland eingeführt
- 1967 Erstes Gezeitenkraftwerk in Europa wird fertiggestellt
- 1970 Taschenrechner werden in den USA entwickelt
- 1970 Hoff entwickelt den Mikroprozessor
- 1972 Kabelfernsehtetze werden in den USA gebaut
- 1985 IBM integriert eine Million Halbleiter in einem Chip
- 1986 Unfall im Kernreaktor Tschernobyl
- 1989 Inbetriebnahme des Jade-Windparks Wilhelmshaven
- 1991 Offizieller Start des World Wide Web

Dies sind nur die wichtigsten Stationen der Entwicklung des Universums und der Menschheit. Wer sich näher damit beschäftigen möchte wird in der Literatur und im Internet zahlreiche geeignete Quellen finden.

5. Der Stromkreis

In der Datei „Stromkreis.pdf“ sind die wichtigsten Bestandteile eines jeden Stromkreises dargestellt.

Bei einem Stromkreis handelt es sich immer um einen geschlossenen Kreislauf. Innerhalb eines Stromkreises können natürlich auch Verzweigungen (Parallelschaltung) oder eine Reihenschaltung mehrerer Verbraucher auftreten.

Jeder Stromkreis besteht immer aus den Hauptbestandteilen Spannungsquelle, Verbindungsleitungen, Kontaktstellen und Verbraucher. In der Regel kommen noch weitere Elemente wie Schalter, Sicherung und andere hinzu.

Der Strom im Stromkreis kann sich entsprechend der vorliegenden Schaltung aufteilen, wobei die Summe aller Teilströme immer dem Gesamtstrom entspricht. Die vorhandene Spannung verteilt sich über alle im Stromkreis vorhandenen Verbraucher (Widerstände).



Bild: Die wichtigsten Werkzeuge für ein erfolgreiches Arbeiten

Montage des Multimeters

6.1 Bauteile des Multimeters

In der Stückliste (Datei: „Stückliste_LPanalMM_DC100.pdf“) sind alle benötigten Bauteile aufgeführt.

Die Grundlage ist der Geräteträger, in welchen alle Bauteile eingebaut werden müssen. Am Ende ergibt alles zusammen ein funktionierendes Multimeter, welches vielseitig verwendet werden kann. Der Geräteträger besteht aus 0,75 mm dickem Blech. Es kann sowohl Aluminiumblech als auch verzinktes oder beschichtetes Stahlblech (Isolierblech) verwendet werden.

Der Geräteträger kann mit einigen handwerklichen Fähigkeiten und Fertigkeiten, selbst hergestellt werden, wenn man über die erforderlichen Werkzeuge verfügt. Der fertige Geräteträger muss über alle Bohrungen und Ausschnitte verfügen (entsprechend der Maßzeichnung in der Datei: „GerTr_analMM_DC_Bem.pdf). Vielleicht besteht auch die Möglichkeit dieses Bauteil in Fremdleistung anfertigen zu lassen. Im angebotenen Bausatz ist dieser natürlich enthalten.

In die 2 Bohrungen rechts vom Ausschnitt für das Messgerät muss je eine Senkkopfschraube M 3x16 mm eingesetzt werden. Das Blech muss mit einem Senker soweit eingesenkt sein, dass der Schraubenkopf bündig mit der Blechoberfläche abschließt und später unsichtbar unter der aufgeklebten Folie verschwindet. Auf die M 3 Schrauben wird je ein Distanzröllchen aus Plaste von 10 mm Länge und 4,5 mm innerem Durchmesser aufgesteckt und mit einer M 3 Mutter befestigt. Die Schraubenköpfe sollten möglichst mit Alleskleber eingesetzt werden. Die beiden M 3 Schrauben dienen später zur Befestigung der Leiterplatte.

Das abgekantete Blech sollte sauber sein und dann mit einem DIN A4 Etikett (mit dem Aufdruck der Datei: Kl-Folie_analMM_DC.pdf) beklebt werden. Das Etikett muss mit einem zusätzlichen Kleberand von ca. 2,5 cm über den Außenlinien hinaus ausgeschnitten werden. An allen Ecken muss der Kleberand bis zur eigentlichen Außenlinie eingeschnitten werden. An der Unterseite des Beschriftungsaufklebers muss die Schutzfolie auf der Rückseite des Etiketts über die ganze Breite ca. 5 cm abgezogen werden. Das Etikett muss dann sorgfältig und möglichst genau, von der Unterkante des Geräteträgers beginnend, aufgeklebt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Flucht entlang der Abkantung genau stimmt und auch genau an der Unterseite des Geräteträgers begonnen wird. Es kann hilfreich sein, wenn das Etikett an den senkrechten Linien zu den Seitenteilen zuvor gefaltet wird. Die Schutzfolie der Rückseite wird dann Schritt für Schritt weiter abgezogen, bis die ganze Fläche beklebt ist.

Die Folie muss Stück für Stück sorgfältig und glatt aufgeklebt werden, so dass Lufteinschlüsse und Falten vermieden werden. Der 2,5 cm breite Kleberand wird anschließend nach innen umgeschlagen und aufgeklebt. Zum Schutz der Oberfläche vor Verschmutzung ist es sinnvoll, die ganze Fläche nochmals mit einer durchsichtigen Klebefolie zu bekleben. Die aufgeklebte Folie muss noch an allen Bohrungen und Ausschnitten mit einem spitzen und scharfen Messer sauber ausgeschnitten werden, wobei wegen der Verletzungsgefahr sehr vorsichtig zu arbeiten ist. Der Geräteträger ist jetzt für den Einbau aller Bauteile bereit.

Es werden unterschiedliche Widerstände, mit verschiedenen Werten, benötigt. Die Widerstände dürfen auf keinen Fall verwechselt werden, da ansonsten die ordnungsgemäße Funktion des Multimeters nicht gewährleistet ist.

Die kleine Leiterplatte sollte bestückt und mit den Anschlussdrähten versehen werden. Auf der Rückseite muss alles verlötet werden, da man im eingebauten Zustand der Leiterplatte nicht mehr rankommt.



Bild: Die wichtigsten Bauteile

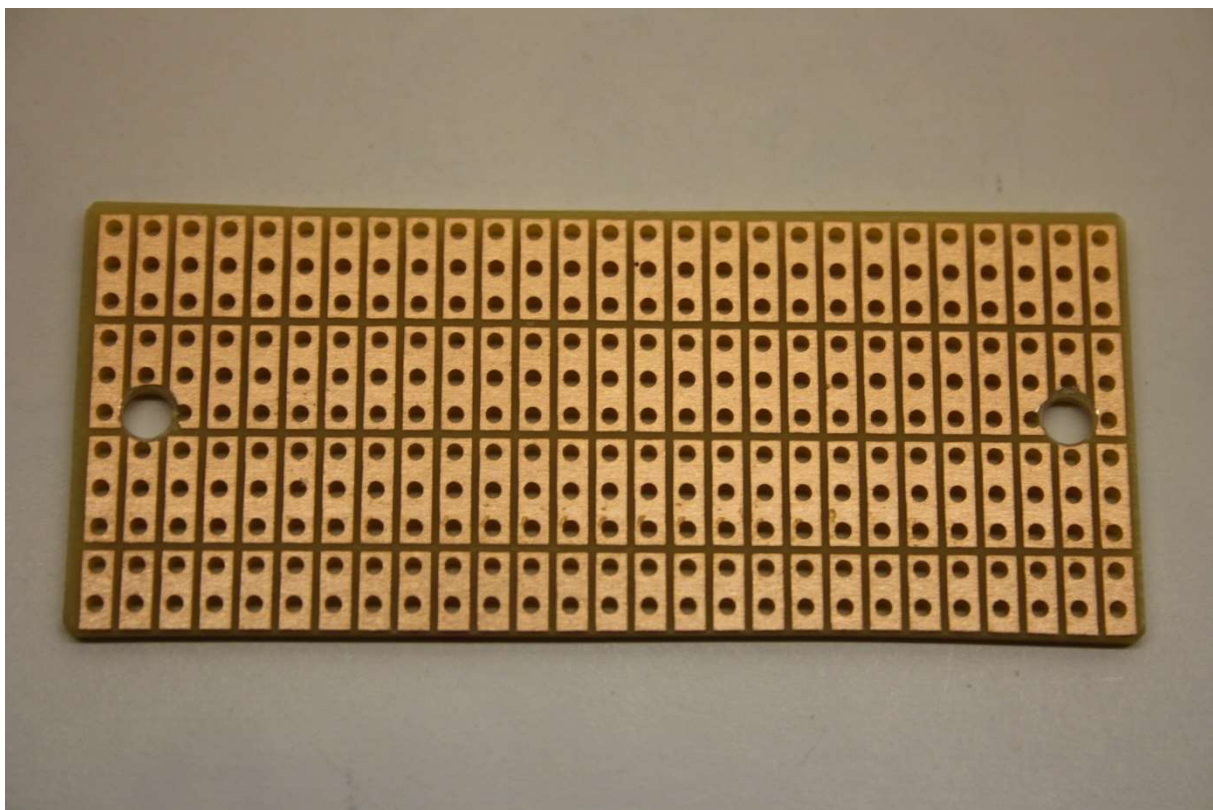


Bild: Unbestückte Leiterplatte

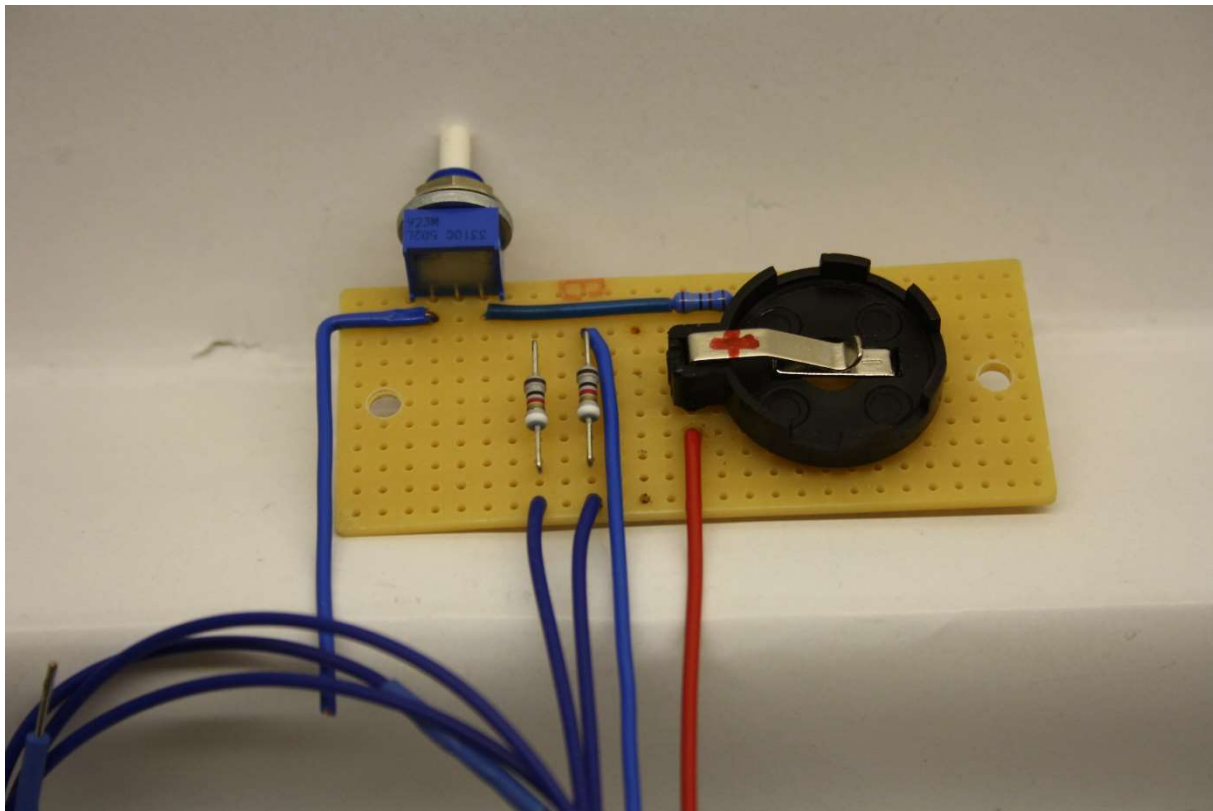


Bild: Bestückte Leiterplatte (einbaufertig)

Die Leiterplatte hat nur wenige Bauteile. Rechts sitzt die Halterung für die benötigte Knopfzelle. Es können die 3 V Knopfzellen vom Typ CR2032, CR2025 oder CR2016 verwendet werden, wobei die erstere leistungstärker ist und bevorzugt werden sollte.

Am oberen linken Rand sitzt das 5 k Ω Potentiometer zur Einstellung des Nullpunktes für den Widerstandsmessbereich. Der 28 k Ω Widerstand (Rv1) verbindet im Hintergrund den Minusanschluss vom Knopfzellenhalter mit dem äußeren und mittleren Anschluss des Potentiometers.

Die Anschlussdrähte des Widerstandes sollten zum Schutz mit Isolierschlauch überzogen werden. Der rote 0,6 bzw. 0,8 mm Schalt draht wird am Plusanschluss des Knopfzellenhalters angelötet, er hat eine Länge von 18 cm, und führt zum Anschluss 1 vom Stufenschalter. Der linke, blaue 0,6 bzw. 0,8 mm Schalt draht (6 cm lang), führt vom äußeren Anschluss des Potentiometers zum blauen 1,0 mm² Schalt draht für die Vorwiderstände.

Die beiden 1 k Ω Widerstände in der Mitte sind die Vorwiderstände für die rote und grüne LED. Der hintere blaue 0,6 bzw. 0,8 mm Schalt draht (10 cm lang), verbindet den Vorwiderstand mit der Kathode der grünen LED.

Am rechten Widerstand vorne wird eine 0,14 mm² blaue Litze (40 cm lang) angelötet, welche die Anschlussleitung für die grüne LED ist. Am linken Widerstand vorne wird eine 0,14 mm² blaue Litze (35 cm lang) angelötet, Anschlussleitung für die rote LED.

An den Enden der 0,14 mm² blauen Litzen dürfen die 0,6 bzw. 0,8 mm Steckstifte erst zum Schluss angelötet werden, da die Litze sonst nicht mehr durch den 2,4 mm Schrumpfschlauch an der Geräteträger-Durchführung passt.

Die 2 Lötunkte auf der Rückseite, zwischen dem roten und blauen Draht, werden nicht benötigt, sie stammen vom Versuchsaufbau.

Der im Bausatz enthaltene weiße 0,8 mm Schalt draht sollte zur besseren Kennzeichnung der Schalt drähte wenigstens an den Enden mit blauen bzw. roten Schrumpfschlauch gekennzeichnet werden.

Die bestückte Leiterplatte ist dann fertig zum Einbau.

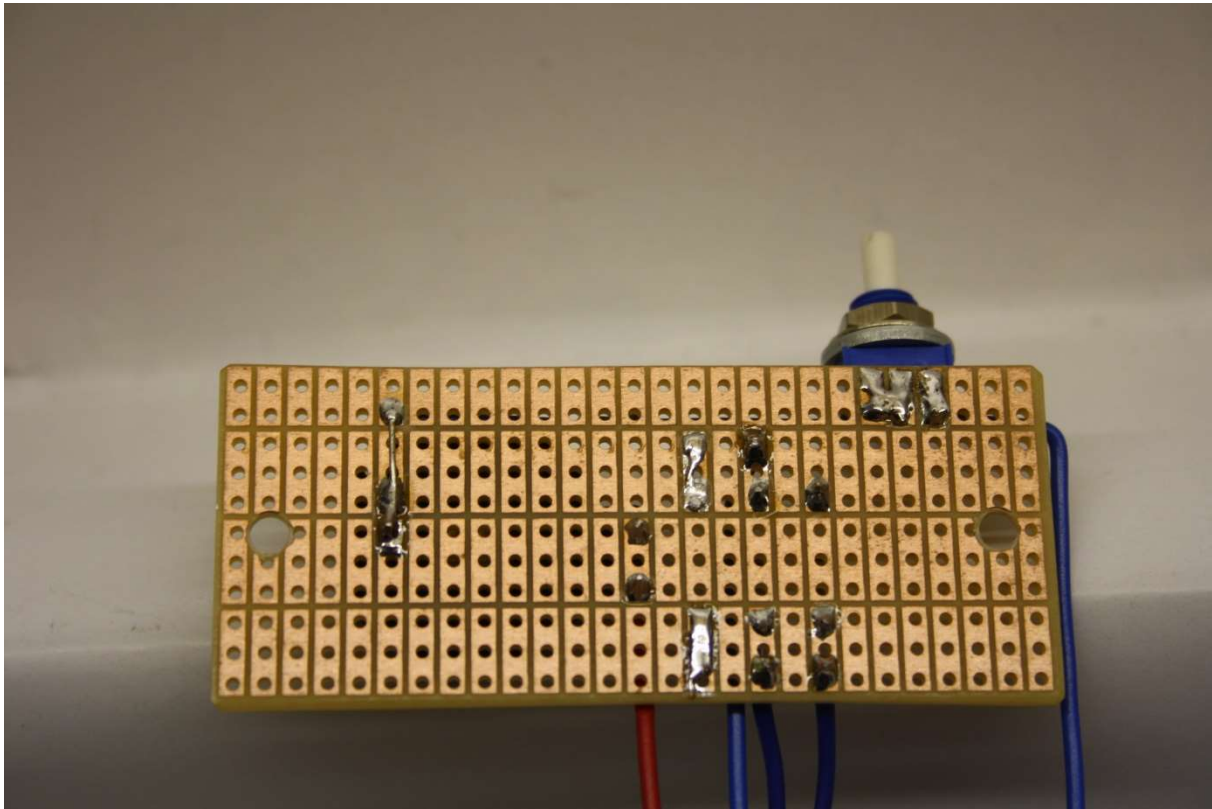


Bild: Bestückte Leiterplatte von hinten

6.2 Anfertigung von Verbindungsleitungen

Die übrigen benötigten Schaltdrähte (Datei „Schaltdraht_analMM_DC100.pdf“) sollten so weit wie möglich vorgefertigt und zum Einbau vorbereitet werden. Es kann zumindest ein Anschlussende ab isoliert, verzinnt und bei Bedarf eine Anschlussöse gebogen werden. Für eine Anschlussöse mit 4,5 mm Durchmesser müssen 20 mm Draht ab isoliert werden.

Anschlussösen werden mit einer Rundzange so gebogen, dass das offene Ende rechts ist, damit die Anschlussöse beim anschrauben nicht aufgebogen wird. Bei Bedarf muss das Drahtende etwas eingekürzt werden.

Die Verbindungsleitungen bestehen aus Kupfer mit einer äußeren isolierenden Hülle. Man unterscheidet starre Drähte, welche aus nur einem massiven Draht bestehen. Diese Drähte sind allerdings recht steif und reagieren empfindlich auf häufige Bewegung und neigen dann zum Brechen. Solche starren Drähte werden deshalb nur für eine feste Verlegung ohne große Belastung durch Bewegung verwendet. Flexible Leitungen bestehen aus mehreren dünnen Drähten, welche zusammen von einer isolierenden Hülle umgeben sind. Beim Anschließen von flexiblen Drähten müssen die Enden allerdings verzinnt, oder mit einer Aderendhülse versehen werden. Flexible Leitungen werden auch als Litze bezeichnet.

Aderleitungen und Kabel (hier sind mehrere Adern gemeinsam umhüllt) werden mit unterschiedlichem Leiterquerschnitt hergestellt. Die Leiterquerschnitte sind genormt. Es werden Leiterquerschnitte von 0,14 mm²; 0,25 mm²; 0,34 mm²; 0,5 mm²; 0,75 mm²; 1,0 mm²; 1,5 mm²; 2,5 mm² und weitere verwendet. Als Richtwert gilt, dass ein Leiterquerschnitt von 1,0 mm² im normalen Betrieb mit bis zu 10 A belastet werden kann. Ein Querschnitt von 0,1 mm² könnte also theoretisch mit 1,0 A belastet werden.

Es ist allerdings ratsam die Belastung im Normalbetrieb niedriger zu wählen. Wird ein kleiner Leiterquerschnitt zu stark belastet, dann wird er sich unzulässig stark erwärmen, und ein erhöhter Spannungsabfall erfolgen. Stark überlastete Leitungen können sich so stark erhitzen, dass ein Brand entsteht.

Massive Drähte für Kommunikation und Steuerung werden häufig mit dem Leiter-Durchmesser angegeben, zum Beispiel 0,6 mm oder 0,8 mm. Diese Leiter eignen sich hervorragend für unser Steckboard.

In der Praxis werden die Verbindungsleitungen mit unterschiedlichen Farben ausgeführt. Dies gibt uns einen besseren Überblick über die Funktion der verschiedenen Stromkreise. Der Strom selbst ist auf die unterschiedlichen Farben nicht angewiesen, er ist farbenblind und richtet sich ausschließlich nach den geltenden Naturgesetzen, er wählt immer den Weg des geringsten Widerstandes.

Im Gleichstromkreis verwendet man für die Plus-Leitung die rote Farbe, für die Minus-Leitung die blaue Farbe. Die Farbe Gelb/Grün ist dem Schutzleiter im Wechselstromkreis vorbehalten und darf nicht anderweitig verwendet werden.

Die erforderlichen Verbindungsleitungen kann man sich mit geringem Aufwand selbst herstellen. Dies ist eine gute Übung um die Fertigkeiten beim Löten zu verbessern.

Für unsere Zwecke sind Verbindungsleitungen mit einer Länge von ca. 30 cm ausreichend. Die Enden sind entweder mit einem 4 mm Stecker, einer Abgreifklemme oder einem 0,6 bzw. 0,8 mm Draht für das Steck-Board versehen. Ein flexibler Leiterquerschnitt von 0,5 mm² ist ausreichend, er kann ohne Bedenken mit einer Stromstärke bis zu 5 A belastet werden.

Wir schneiden uns die benötigten Verbindungsleitungen von der mitgelieferten 0,5 mm² Litze mit einem Seitenschneider zu. Es werden 4 Stück von der roten und 6 Stück von der blauen Litze benötigt. Die Länge sollte möglichst jeweils 30 cm betragen.

Alle Enden werden 4 bis 5 mm ab isoliert, am besten mit einer Abisolierzange, zur Not geht es auch mit einem Messer oder Elektronikseitenschneider. Die Cu-Litze sollte dabei möglichst nicht beschädigt werden. Alle ab isolierten Enden müssen verzinkt werden.

Ein Leitungspaar (rot und blau) versehen wir an beiden Enden mit einem 4 mm Büschelstecker der jeweiligen Farbe. Ein weiteres Leitungspaar (rot und blau) erhält an einem Ende jeweils einen 4 mm Büschelstecker und am anderen Ende eine Abgreifklemme der jeweiligen Farbe. Das Drahtende muss an der Abgreifklemme angelötet werden und mit den umgebogenen Laschen vor Zug entlastet werden. Ein 20 mm Stück Schrumpfschlauch (Ø 2,4 mm) an der Abgreifklemme erleichtert die Zugentlastung (siehe Bild).

Ein weiteres Leitungspaar (rot und blau) erhält an einem Ende jeweils einen 4 mm Büschelstecker und am anderen Ende ein 20 mm langen Draht mit 0,6 bzw. 0,8 mm Durchmesser, der angelötet wird. Diese Enden erhalten zusätzlich einen 15 mm Schrumpfschlauch (Ø 1,6 mm) und darüber einen 20 mm Schrumpfschlauch (Ø 2,4 mm), wobei 7,0 mm vom Drahtende als Steckstift frei bleiben müssen. Der Schrumpfschlauch muss geschrumpft werden und fertig ist der Steckstift für das Steck-Board (siehe Bild).

Ein weiteres Leitungspaar erhält an einem Ende jeweils eine Abgreifklemme und am anderen Ende 0,6 bzw. 0,8 mm Steckstifte. Die beiden verbleibenden blauen Leitungen erhalten nur an einem Ende einen 4 mm Büschelstecker, das andere Ende bleibt frei. Eine blaue Leitung wird an den Minusanschluss vom Batteriehalter angelötet. Die andere blaue Leitung verwenden wir bei Bedarf für die Lüsterklemme am Klemmbrett mit den zwei Abgreifklemmen.

Bei Bedarf können natürlich noch weitere Verbindungsleitungen angefertigt werden.

Für das Steck-Board werden noch zahlreiche Steckbrücken aus dem mitgelieferten 0,8 mm Draht benötigt, die individuell anzufertigen sind. Die Enden müssen ca. 7 mm ab isoliert werden.

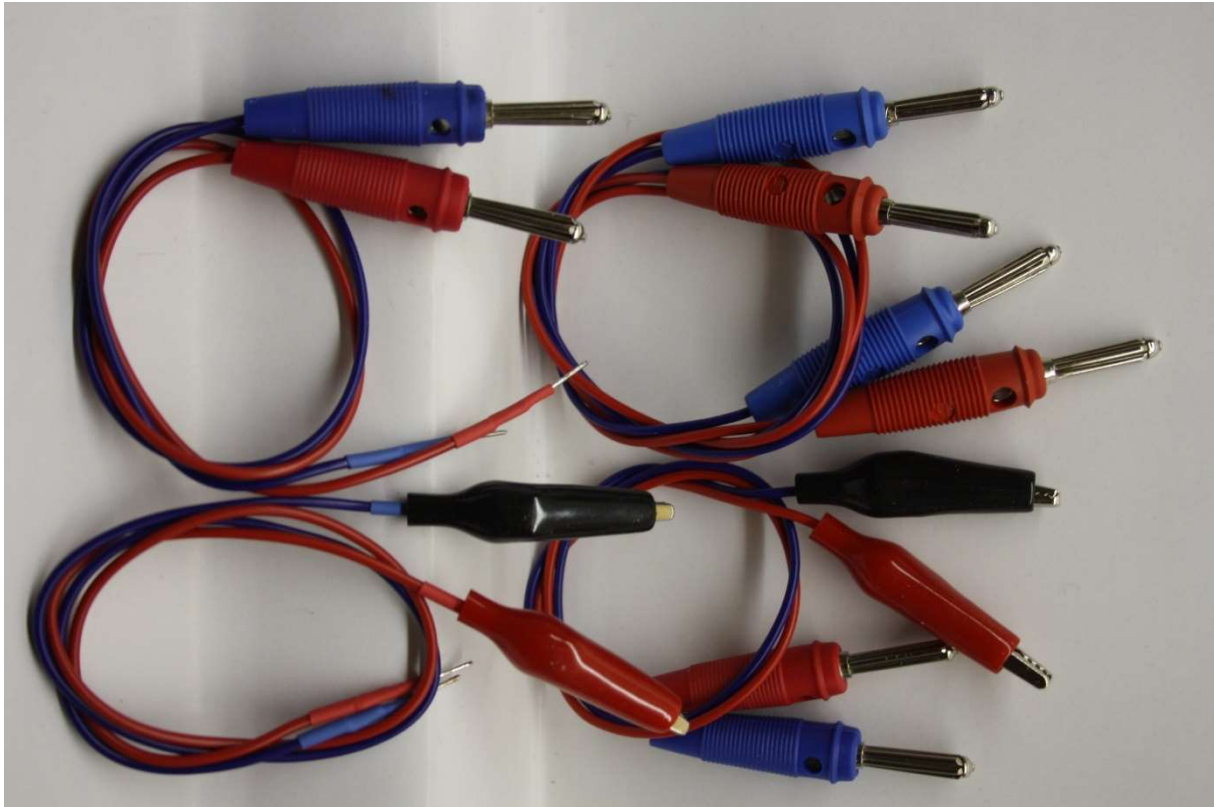


Bild: Alle benötigten Anschlussleitungen fertigen wir uns selber an



Bild: Abgreifklemmen mit Lötanschluss

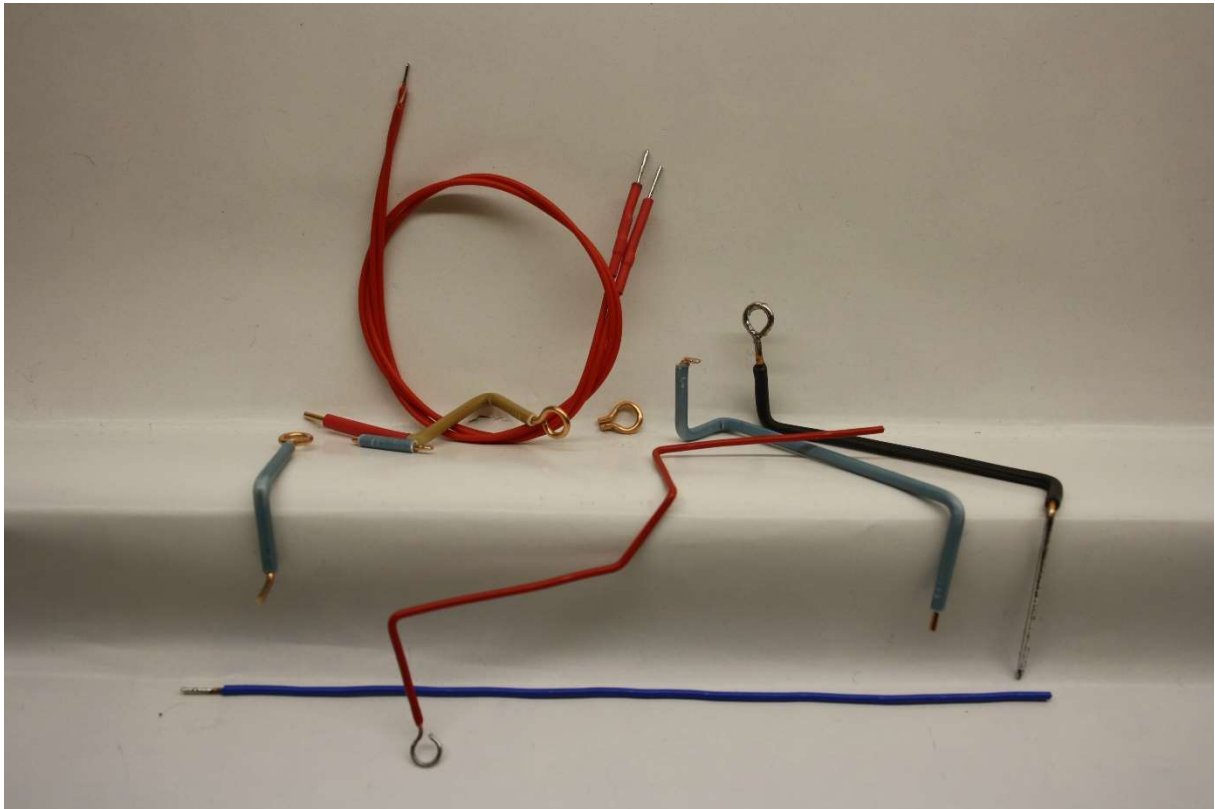


Bild: vorbereitete 1,0 mm² Schaltdrähte (Datei „Schaltdraht_analMM_DC100.pdf“)

Auch alle benötigten Schaltdrähte für das Multimeter sollten entsprechend der Zeichnung vorbereitet werden.



Bild: Schrumpfschlauch über ein Teelicht schrumpfen

Zur Isolierung von Leitungen und Bauteilen wird Schrumpfschlauch verwendet. Dieser wird über die zu isolierenden Teile gezogen. Damit dieser fest sitzt und nicht verrutscht, wird er mit einer Heißluftpistole erwärmt, wodurch er sich zusammenzieht. Zur Not geht das auch, wenn man diesen ca. 2 bis 4 cm über einer kleinen Flamme hält, wobei der Draht um ca. 180° gedreht werden sollte.

Wenn der Schrumpfschlauch durch den gebogenen Schaltdraht nicht verrutschen kann, dann kann auf das Schrumpfen verzichtet werden.

6.3 Zusammenbau des Multimeters

Es ist sinnvoll, zunächst zu prüfen, ob auch alle Bauteile in die vorhandenen Bohrungen und Ausschnitte passen. Bei Bedarf muss mit einer kleinen Feile nachgearbeitet werden.

1. Wenn dies der Fall ist, dann sollten zunächst die Polklemmen montiert werden. Da wir als Geräteträger ein elektrisch leitendes Material verwenden, müssen wir Polklemmen mit einer isolierten Durchführung verwenden. Als Minus-Polklemme verwenden wir eine in der Farbe Blau. Die Polklemme wird von vorne durch die 8,0 mm Bohrung gesteckt, von hinten mit dem Isoliering abgedeckt und mit Scheibe und M 4 Mutter befestigt. Die Mutter wird mit einem Maulschlüssel SW 7 mm gefühlvoll angezogen. Analog wird mit den beiden Plus-Polklemmen verfahren. Für die untere Polklemme, V/R + kann eine rote oder aber eine schwarze Polklemme (zur besseren Unterscheidung) verwendet werden. Als obere Plus-Polklemme sollte aber auf jeden Fall die Farbe Rot verwendet werden.
2. Der kleine Kippschalter wird in die linke 6,0 mm Bohrung montiert. Die äußeren Anschlüsse sollten zuvor mit einer Flachzange etwas nach außen abgewinkelt werden ca. 20°. Die Befestigungsmutter muss behutsam angezogen werden, da das Gewinde schnell überdreht wird. Der Kippschalter hat nach oben seine Ein-Stellung, dafür werden der mittlere und der untere Anschluss benötigt. Der obere Anschluss bleibt frei.
3. Unterhalb vom Kippschalter wird die Fassung für die Feinsicherung montiert.
4. Die Achse vom Stufenschalter wird zunächst auf ca. 10 mm über den Gewindeanschluss eingekürzt. Das kann mit einer kleinen Puck Säge oder einer Laubsäge erfolgen. Die Schnittfläche sollte mit einer kleinen Feile geglättet und entgratet werden. Die innere Scheibe mit der Nase muss entfernt werden, damit alle 12 Schaltstufen genutzt werden können. Bei Bedarf kann mit dieser Scheibe die maximale Stufenzahl begrenzt werden. Der Drehknopf sollte probeweise befestigt und der Schalter von Stellung 1 (linker Anschlag) bis zum rechten Anschlag (Stellung 12) durchgeschaltet werden. Der Schalter sollte in die Stellung 7 gestellt werden. Der Drehknopf muss in dieser Stellung so montiert werden, dass der weiße Strich waagrecht nach links zeigt. Die Stellung 7 ist dann da, wo sich die keine Nase am Schalter befindet. In dieser Stellung befindet sich die Befestigungsschraube vom Drehknopf 180° gegenüber der Stellung 7. An der Druckstelle der Befestigungsschraube sollte die Achse mit einer kleinen Feile etwas abgeflacht werden, damit der Drehknopf später einen sicheren Halt hat und sich nicht verdreht. Unter die Befestigungsmutter muss unbedingt eine passende Unterlegscheibe, damit beim Anziehen die Folie nicht beschädigt wird (siehe Bild).
5. Die LED's werden am besten vor einer längeren Arbeitspause eingesetzt, damit der Kleber möglichst über Nacht aushärten kann. Zur besseren Unterscheidung sollte links eine grüne und rechts eine rote LED verwendet werden, es sind aber auch andere Farben möglich. Es werden hier einfache LED's mit einem Durchmesser von 5 mm verwendet, die bis zu 20 mA vertragen. Der längere Anschlussdraht, die Anode, sollte mit einer Flachzange ca. 5 mm hinter dem Gehäuse um 90° abgewinkelt werden, so dass dieser nach unten zeigt. Der

kürzere Anschluss muss sich dabei oberhalb befinden. Bei der grünen LED wird der kürzere Anschluss analog nach links abgewinkelt. Bei der roten LED bleibt der kürzere Anschluss zunächst unverändert senkrecht stehen. Die LED's werden am Kragen mit Alleskleber versehen in die jeweilige Bohrung eingesetzt. Bei Bedarf kann von hinten noch mit etwas Kleber unterstützt werden. Der getrocknete Alleskleber leitet den Strom nicht, so dass es auch nicht stört, wenn ein wenig Kleber an die Anschlussdrähte kommen sollte. Der Geräteträger sollte an einem sicheren Ort in stabiler Position abgelegt werden, so dass der Kleber gut aushärten kann und die LED's in der gewünschten Position verbleiben.

6. Als nächstes sollte die bestückte und mit den Anschlussdrähten versehene Leiterplatte auf die M 3 Schrauben mit den Distanzröllchen aufgesetzt und befestigt werden. Die kleine Platenase am Potentiometer, neben dem Gewinde, sollte mit einem Messer bündig abgeschnitten werden, damit das Potentiometer eine glatte Auflage hat. Dabei muss das Potentiometer in die entsprechende Bohrung eingeführt und der kurze Anschlussdraht der roten Diode in das Loch auf der Leiterplatte, neben dem unteren Widerstand eingeführt werden. Die Leiterplatte muss mit dem Potentiometer schräg durch die entsprechende Bohrung eingeführt und dann auf die M 3 Schrauben gesteckt werden. Die Leiterplatte und das Potentiometer werden wechselseitig befestigt, so dass beides gut sitzt. Der durchgeführte Anschlussdraht der roten LED wird nun in Richtung des danebenliegenden Anschlussdrahtes vom Widerstand Abgewinkelt und mit diesem auf der Oberseite der Leiterplatte verlötet. Ein überstehendes Ende wird abgeschnitten.

Sollte die Länge der Distanzröllchen nicht genau stimmen, dann muss eventuell mit einer zusätzlichen 4 mm Scheibe ausgeglichen werden.

7. Als letztes wird das empfindliche 100 μ A Messgerät eingebaut. Es sollte an mindestens 2 gegenüberliegenden M 3 Schrauben befestigt werden. Hierbei ist ein kleiner Steckschlüssel der SW 5,5 mm hilfreich.
8. Die vorbereiteten Schaltdrähte (Datei: „Schaltdraht_analMM_DC100.pdf“) werden nacheinander angeschlossen (geschraubt bzw. angelötet).
9. Die entsprechenden Widerstände werden entnommen, vorbereitet und eingelötet. Besteht ein Widerstand aus mehreren Teilwiderständen müssen diese zunächst zusammengelötet, und passend geformt werden. Es müssen auf jeden Fall die richtigen Widerstände an die richtige Stelle (laut Zeichnung in Datei: „Schaltbild_analMM_DC100.pdf“) eingesetzt werden, sonst wird es nicht funktionieren.
10. Die Knopfzelle CR 2032 wird am besten erst zum Schluss eingesetzt, wenn alles fertig ist. Die glatte Seite mit dem + muss nach oben zeigen.
11. Als erstes sollten die Spannungs-Messbereiche über den bestückten Batteriehalter getestet werden. Neue Batterien haben in der Regel 1,6 statt 1,5 V so dass die Anzeige etwas höher als erwartet ausfallen dürfte.
12. Wenn ein anderes handelsübliches Multimeter verfügbar ist, können die Messbereiche verglichen werden.

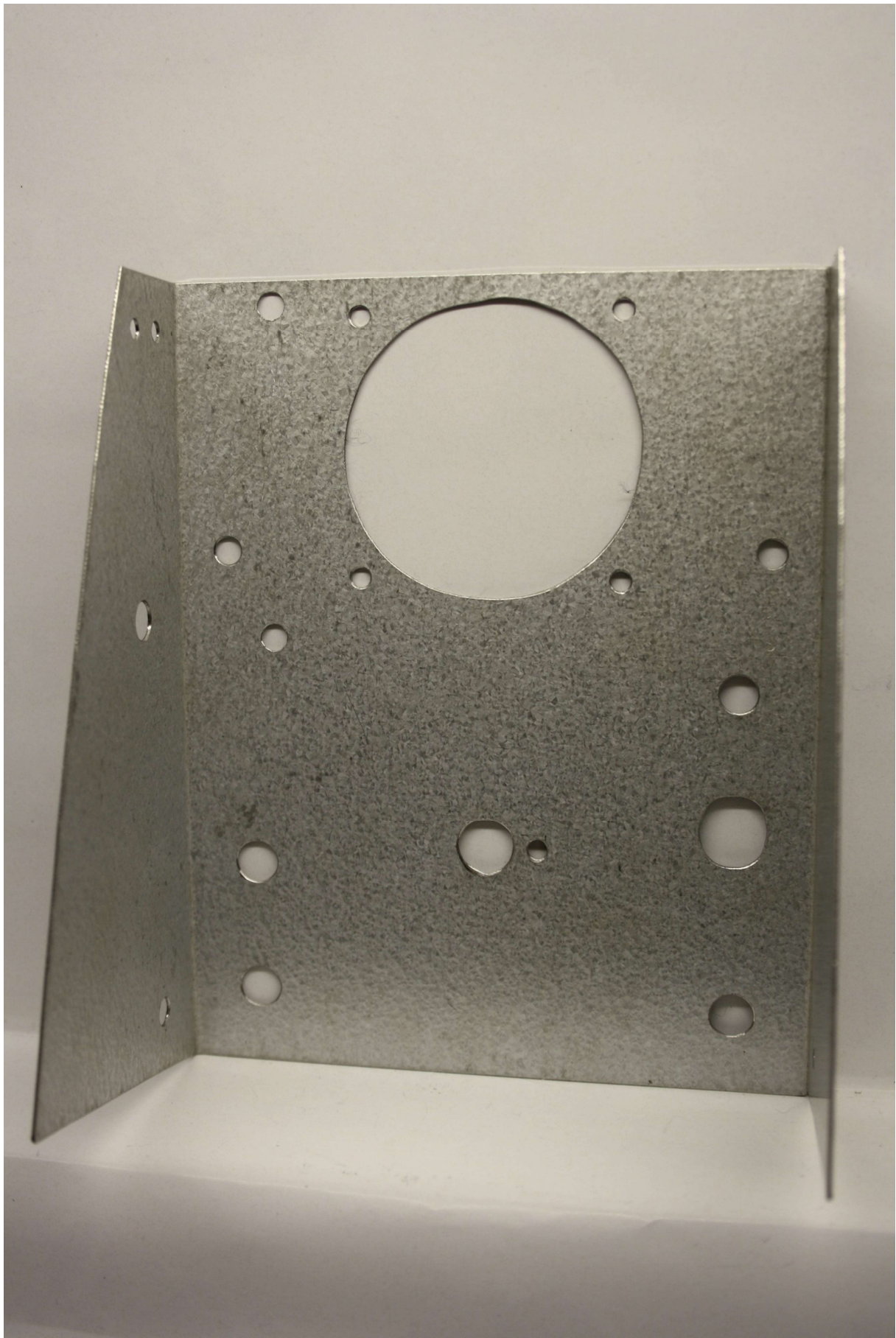


Bild: Montageträger für das Multimeter, abgewinkelt, mit Bohrungen und Ausschnitt

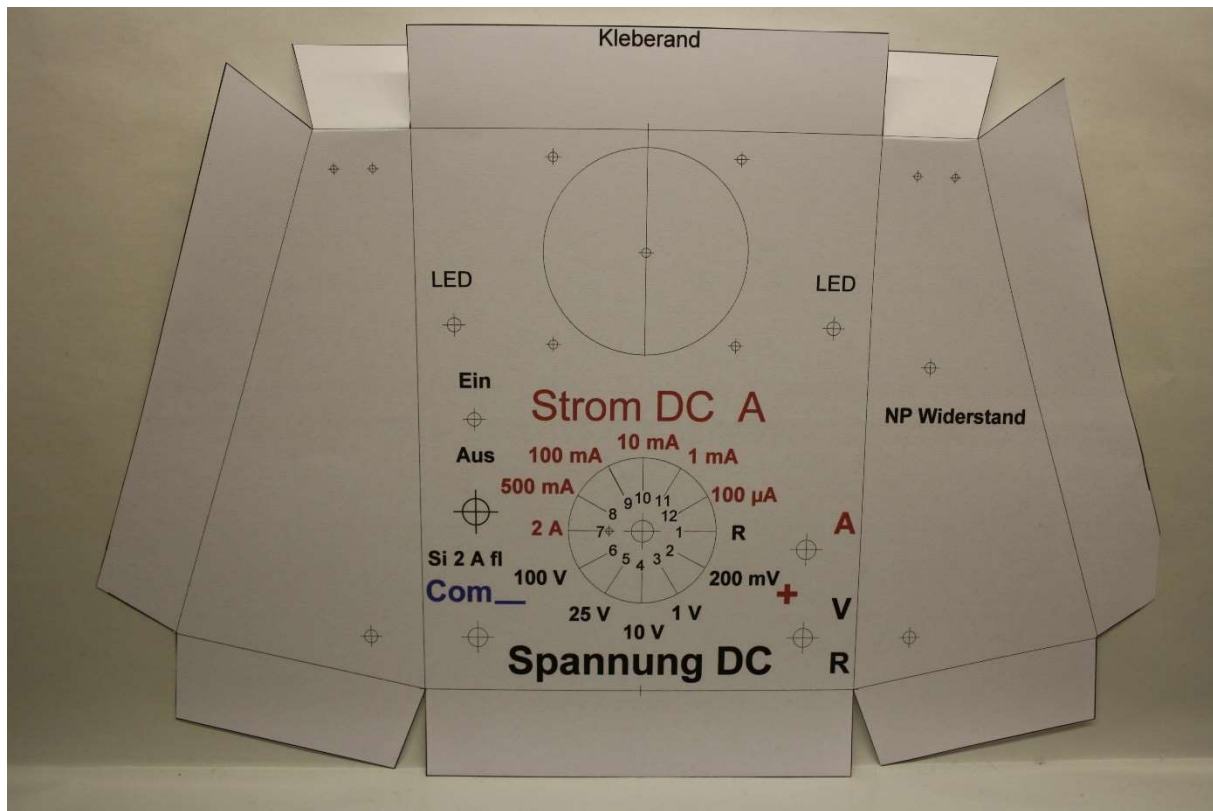


Bild: Zum Aufklebern vorbereitetes Etikett, Datei: K1-Folie_analMM_DC.pdf

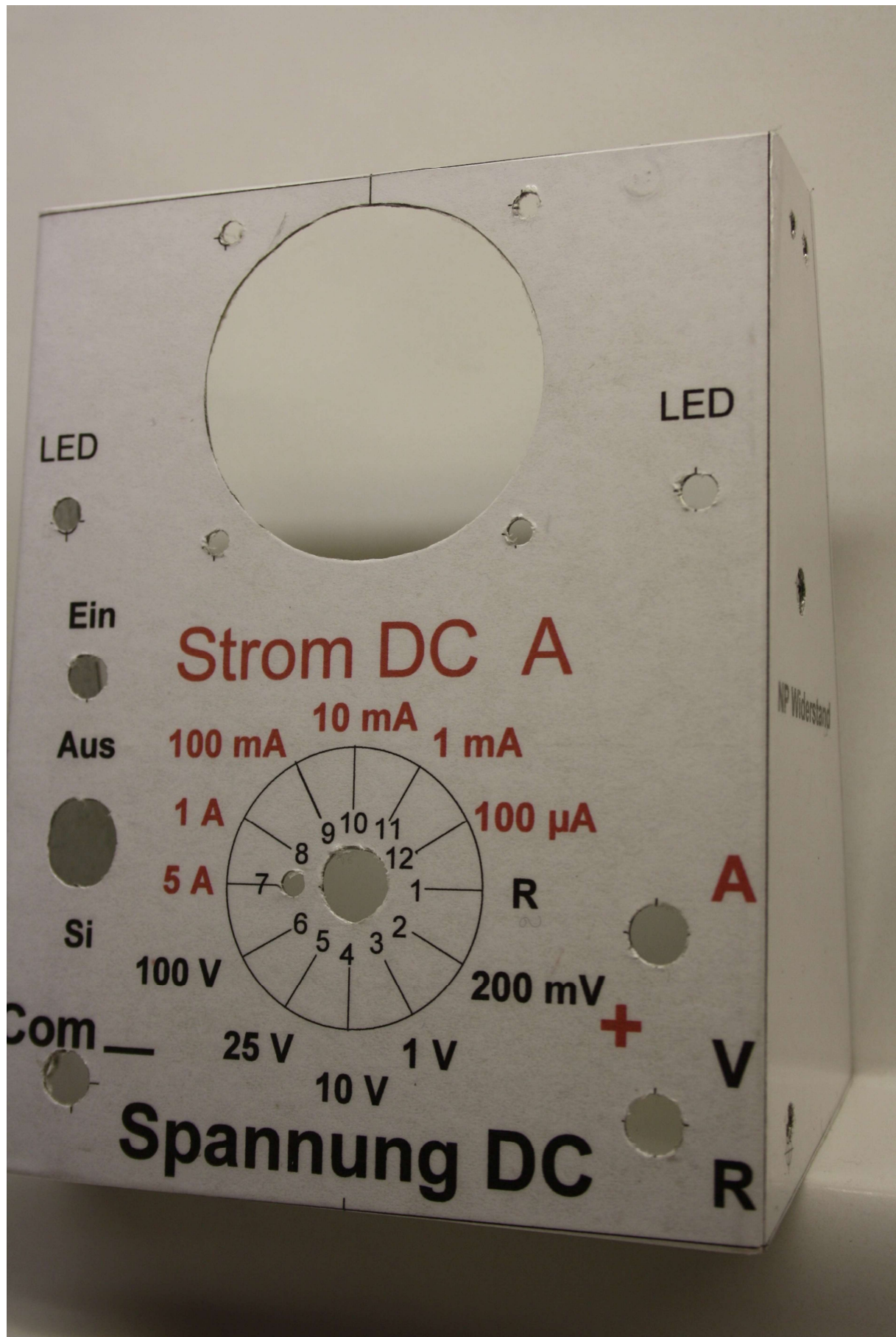


Bild: Montageträger für das analoge Multimeter, einbaufertig vorbereitet.

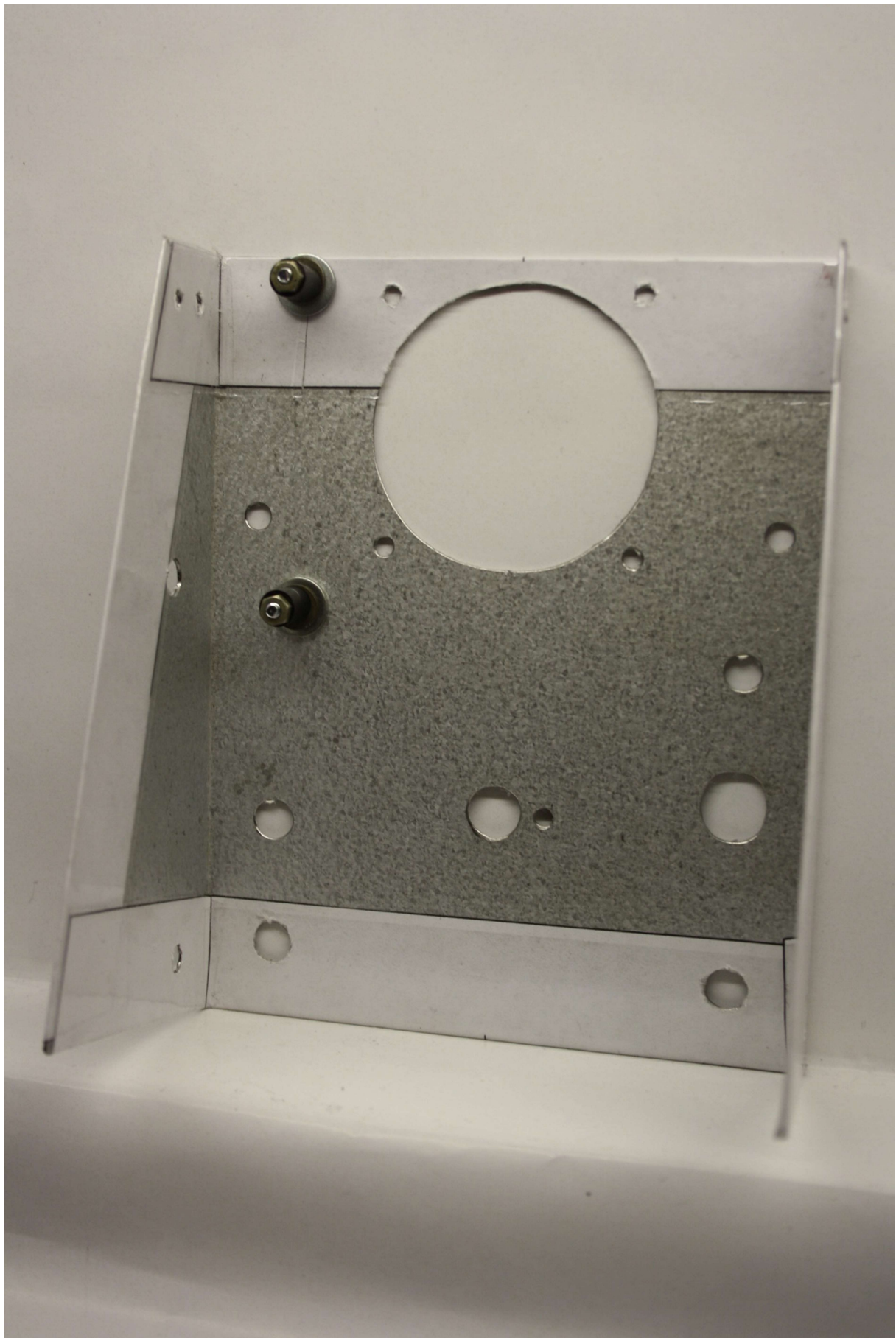


Bild: Montageträger für das analoge Multimeter, von hinten, einbaufertig vorbereitet.

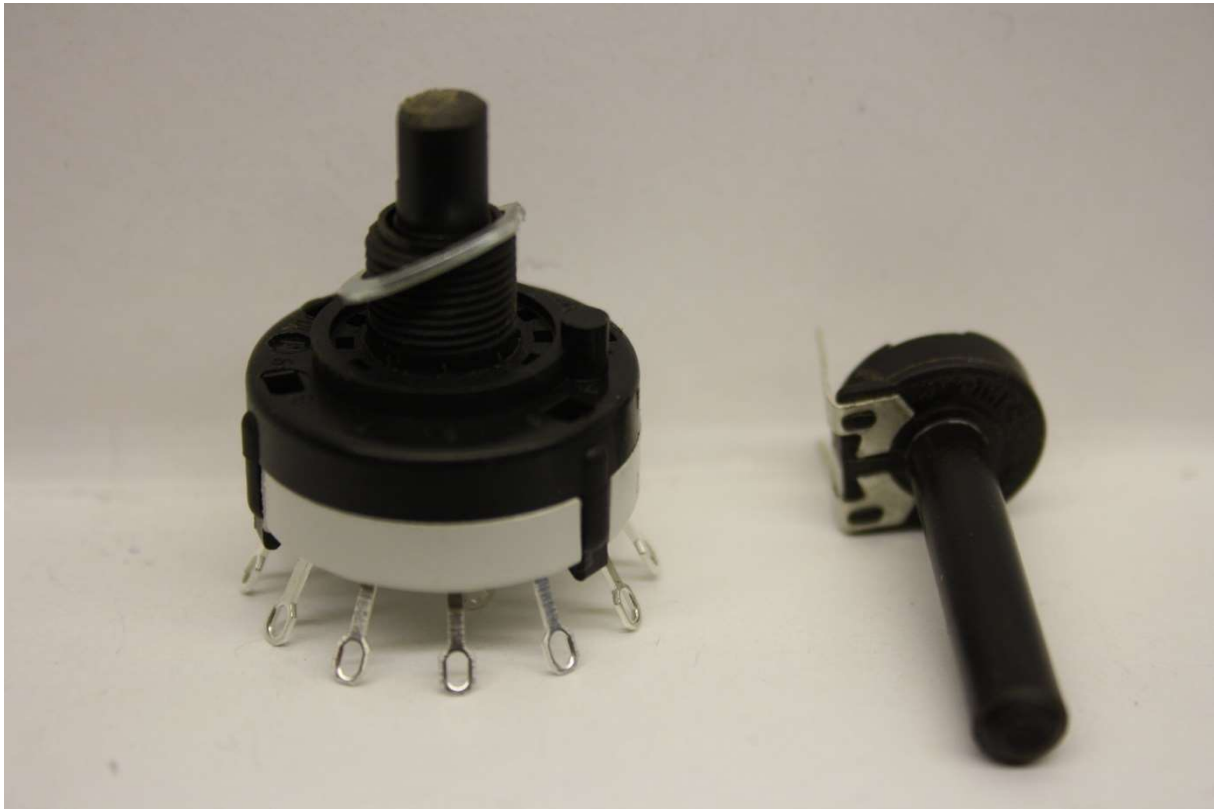


Bild: Drehschalter mit eingekürzter Achse – Rest kann als Achse für Trimm-Potentiometer genutzt werden



Bild: Geräteträger mit den eingebauten Bauteilen – von hinten



Bild: teilweise Verdrahtung

Die einzelnen Schaltdrähte werden nacheinander angeschlossen und angelötet.

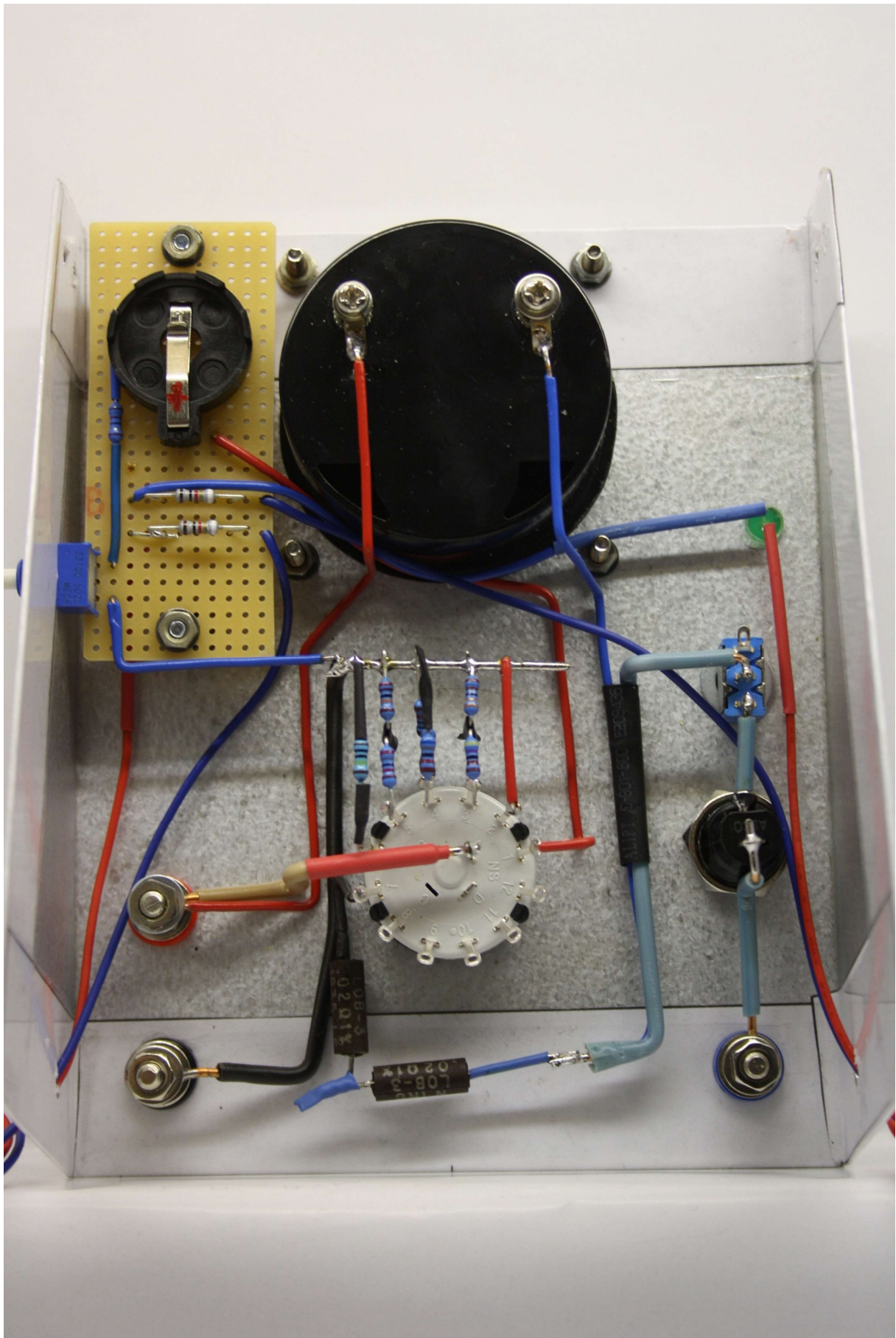


Bild: teilweise Verdrahtung, mit Leiterplatte, den Vorwiderständen $R_{v2} - 6$, und mit R_{p7}

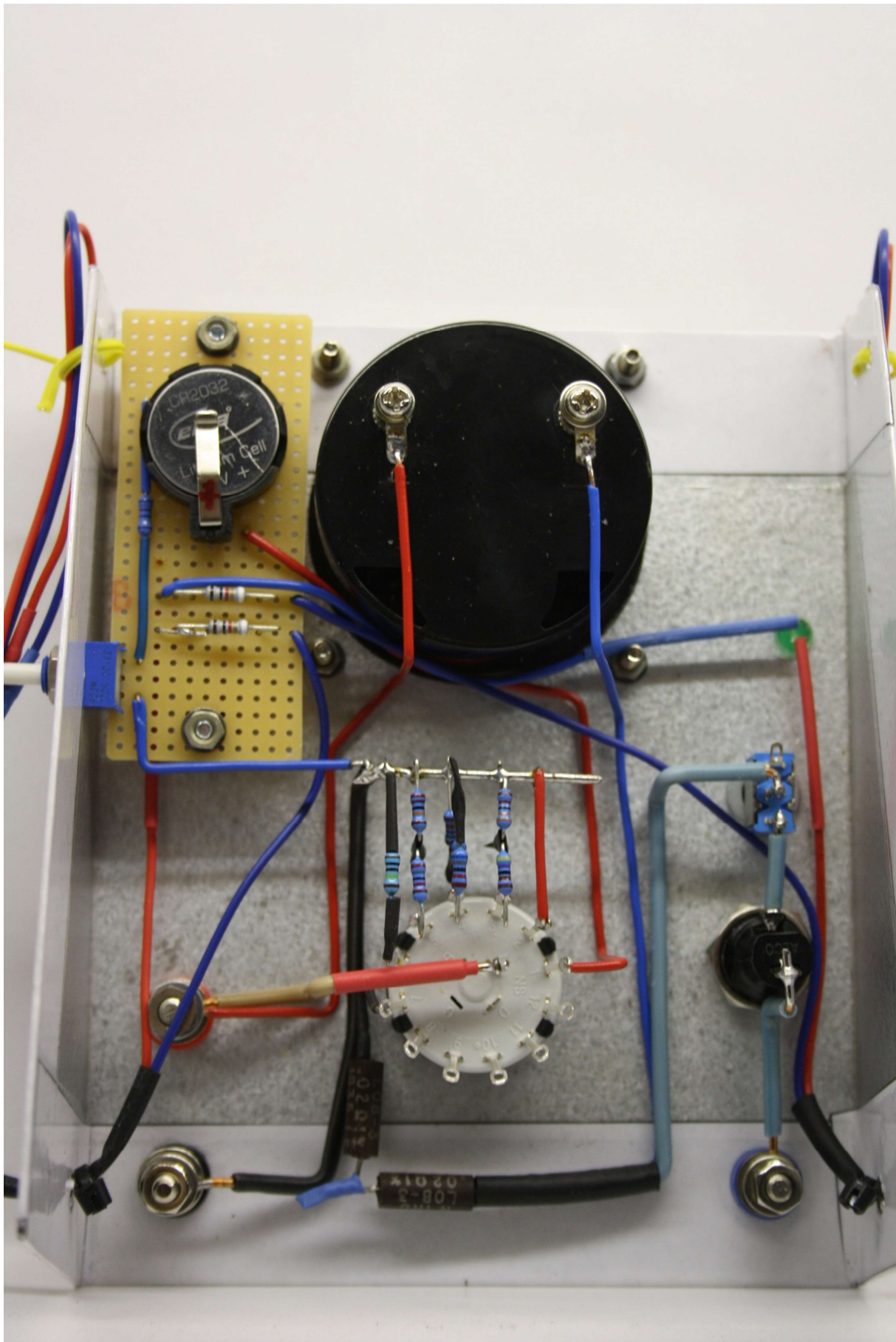


Bild: teilweise Verdrahtung mit Schrumpfschlauch über den Anschluss von Rp7 und Minusanschluss zum Messgerät

Die einzelnen Widerstände werden vorbereitet und zwischen den Anschlüssen vom Stufenschalter an das jeweilige Ende des dicken Schalthdrahtes angelötet. Die Vorschaltwiderstände für die Spannungsmessbereiche kommen an die Kontakte 2 bis 6 vom Stufenschalter zum darüber liegenden dicken Schalthdraht. Besteht ein Vorschaltwiderstand aus mehreren Einzelwiderständen, dann müssen diese zunächst zusammengeschaltet, verrödelt und verlötet werden.

Es muss eine geeignete Form gewählt werden, so dass sich benachbarte Widerstände nicht berühren, und der gewünschte Gesamtwiderstand garantiert ist. Die Verbindungen in einer Widerstandsgruppe sollten nicht länger als ca. 1 cm sein und mit 1,6 mm Schrumpfschlauch isoliert werden. Die Enden einer Widerstandsgruppe sind so zu biegen, dass diese zwischen dem Stufenschalter und dem dicken Schalthdraht eingelötet werden können. Die Anschlüsse vom Stufenschalter sollten zuvor mit einer Flachzange leicht nach außen gebogen werden, so kann das Drahtende beim Löten besser senkrecht von oben in das Loch der Anschlussöse gesteckt werden. Die Zeit zum Löten am Stufenschalter muss möglichst kurz sein, da das Gehäuse vom Stufenschalter keine längere Wärmeeinwirkung verträgt und beschädigt werden kann. Die verzinnten Drahtenden gewährleisten auch eine kurze Lötzeit beim anlöten der Drahtenden. An den dicken Schalthdraht werden die Enden der Widerstände am besten mit einem u-förmig gebogenen Ende angelötet.

Die Parallelwiderstände für die Strommessbereiche werden jeweils zwischen den Anschlussösen des Stufenschalters eingelötet, nur der Rp7 liegt zwischen Anschlussöse 7 und dem Minusanschluss vom Messwerk. Der Rp8 liegt zwischen den Anschlussösen 7 und 8. Der Rp9 liegt zwischen den Anschlussösen 8 und 9. Der Rp10 liegt zwischen den Anschlussösen 9 und 10. Der Rp11 liegt zwischen den Anschlussösen 10 und 11. Die Anschlussöse 12 bleibt frei.

Obwohl die Parallelwiderstände Rp7 bis Rp11 untereinander in Reihe geschaltet sind wirken diese dennoch als Parallelwiderstand. Die Reihenschaltung bewirkt nur, dass sich der wirksame Parallelwiderstand zum jeweils niedrigeren Strommessbereich im Wert erhöht und somit den gewünschten Messbereich einstellt. Die Verwendung von separaten Parallelwiderständen wäre auch möglich.

Gebrauchsanweisung des Multimeters

Das verwendete Messwerk ist ein Drehspulmesswerk mit $100\ \mu\text{A}$ Endausschlag und einem inneren Widerstand (R_i) von $2\ \text{k}\Omega$. Es wird ein preiswertes Einbaumesswerk der Größe $70 \times 60\ \text{mm}^2$ verwendet. Die Skale geht von 0 bis $100\ \mu\text{A}$. Die blaue Polklemme muss immer mit dem Minuspol verbunden werden (Com -). An die Polklemme (V / R +) wird der Pluspol bei Spannungsmessungen angeschlossen. Es ist auf die richtige Polarität zu achten. Bei einer falschen Polarität schlägt das Messwerk nach links statt nach rechts aus, was zu Schäden oder zur Zerstörung des Messgerätes führen kann.

Im Messbereich „R“ können Widerstandswerte bestimmt werden. Hierbei ist die Polarität durch die eingebaute $3\ \text{V}$ Knopfzelle vorgegeben und es darf keine zusätzliche äußere Spannungsquelle angelegt werden. Vor einer Widerstandsmessung müssen zunächst die Polklemmen Com – und V / R + überbrückt (kurzgeschlossen) werden. Mit dem kleinen Potentiometer auf der rechten Seite wird das Messgerät auf den Endwert 100 eingestellt, vom linken Anschlag beginnend. Sollte der Endwert nicht erreicht werden, dann ist die Knopfzelle zu schwach und muss ausgetauscht werden. Der gebrückte Zustand zeigt den Widerstandsmesswert $0,0\ \Omega$ an. Diesen Messbereich kann man auch als Durchgangsprüfer verwenden, wobei nicht auf den vollen Endausschlag eingestellt werden sollte.

Je größer der zu messende Widerstand ist, umso geringer wird die Anzeige am Instrument. Bei einem Widerstandswert von $\Rightarrow 10\ \text{M}\Omega$ geht die Anzeige bis auf 0 zurück. Für die Widerstandsmessung wird eigentlich eine eigene Skaleneinteilung benötigt, die auf dem verwendeten Messgerät leider fehlt. In der Zeichnung Skalen.pdf sind die verschiedenen Messbereiche für Spannung und Strom, sowie der Widerstandsmessbereich dargestellt.

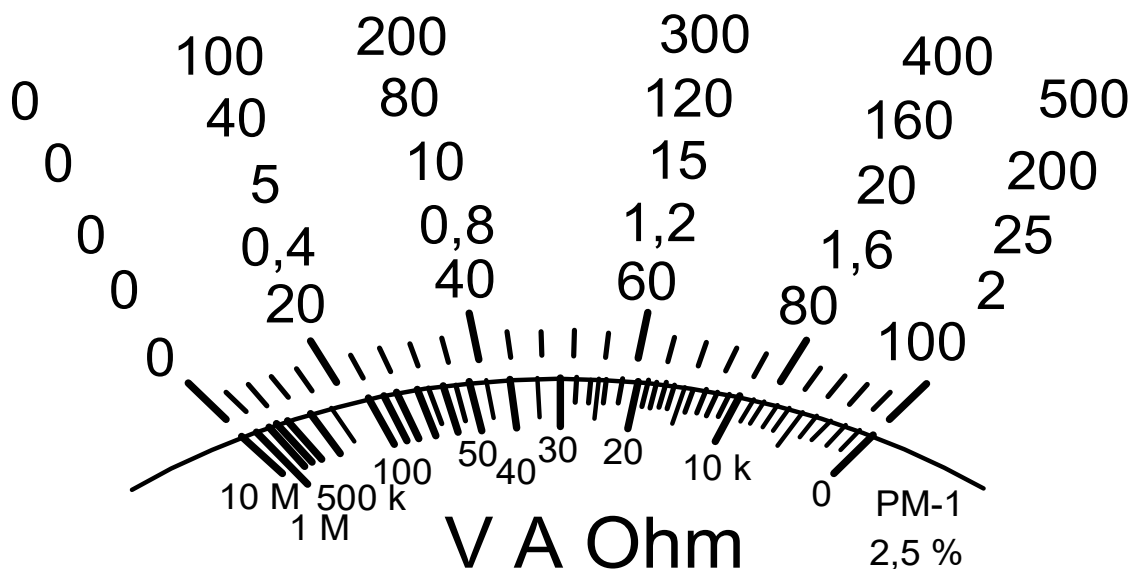
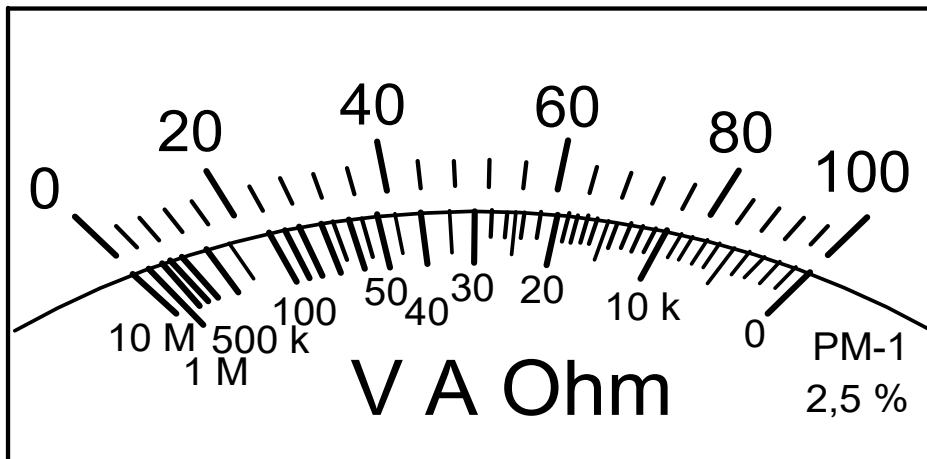


Bild: Skale mit erweiterten Messbereichen und Widerstands-Skale



Es ist sinnvoll die Skale des Messwerks gegen die abgebildete angepasste Skale auszutauschen, was allerdings schwierig ist. Es wäre möglich, die angepasste Skale, als Etikett ausgedruckt, auf die vorhandene Skale aufzukleben, unter den Zeiger, was allerdings sehr vorsichtig erfolgen muss, damit der Zeiger nicht beschädigt wird. Damit die originale Skale von 0 bis 100 erhalten bleibt, sollte nur der Widerstandsmessbereich unterhalb der Spiegellinie aufgeklebt werden.

Durch die Messbereichserweiterung über den Stufenschalter haben wir die Möglichkeit verschiedene Spannungs- oder Strommessbereiche, sowie einen Widerstandsmessbereich auszuwählen. Die Aufschrift „ μA “ trifft nur für den Messbereich $100\ \mu\text{A}$ zu. Für die übrigen Messbereiche gilt die Angabe am Stufenschalter für den jeweiligen Messbereich.

Zwischen den Skalenwerten 20, 40, 60, 80 und 100 sind jeweils 5 Teilstriche vorhanden, wobei 1 Teilstrich 4 Einheiten darstellt. Die ersten 4 Teilstriche haben also den Wert von 4, 8, 12, 16 und dann folgt die 20. Die nächsten Teilstriche haben analog die gleiche Einteilung, so dass man mit etwas Übung relativ genau ablesen kann. Zwischen 2 benachbarten Teilstrichen kann man sich eine weitere Unterteilung in 1, 2, 3 und 4 am nächsten Teilstrich vorstellen.

Für die von 100 abweichenden Messbereiche muss man sich die vorhandene Skale anders beschriftet vorstellen. Für den Messbereich 10 mA wird der angezeigte Wert durch 10 geteilt, oder man denkt sich eine Null weg, also 0 bis 10 statt 0 bis 100. Beim Messbereich 1 mA wird der angezeigte Wert durch 100 geteilt, oder man denkt sich 2 Nullen weg, also 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8 – 1. Beim Messbereich 200 mV wird der angezeigte Wert mit 2 multipliziert, oder man denkt sich die Skalenwerte 40, 80, 120, 160 und 200. Beim Messbereich 25 V wird der angezeigte Wert durch 4 geteilt, oder man denkt sich die Skale mit 5, 10, 15, 20 und 25. Beim Messbereich 2 A wird der angezeigte Wert durch 50 geteilt, oder man stellt sich die Skale mit 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; und 2 vor.

Vor Beginn jeder Messung sollte der Kippschalter immer auf Aus stehen und der jeweils höchste Messbereich eingestellt sein (100 V bzw. 2 A). Die Plusleitung muss bei Spannungsmessungen unbedingt an der Polklemme **V / R +** angeschlossen sein. Bei Strommessungen muss die Plusleitung unbedingt an der Polklemme **A +** angeschlossen sein. Erfolgt kein oder nur ein sehr geringer Anzeigewert, kann in den nächst niedrigeren Messbereich umgeschaltet werden. Es sollte eingeschätzt werden wie hoch die Anzeige im niedrigeren Messbereich ausfällt, der Endausschlag sollte keineswegs überschritten werden.

Eine sichere und genaue Anzeige erfolgt im Bereich von 50 bis 100 % vom Endausschlag.

Sollte der Endausschlag doch überschritten werden, dann ist der Kippschalter möglichst schnell auszuschalten, um einen Schaden am Messwerk möglichst zu vermeiden. Sollte sich der Zeiger

durch einen Prellschlag am Endausschlag verklemmen, dann hilft meistens ein leichtes Klopfen auf das Messgerät und der Zeiger kommt wieder zurück. Mit der Stellschraube auf der Vorderseite des Messgerätes muss dann in der Regel der Nullpunkt neu eingestellt werden.

Das Drehspulmesswerk ist allerdings recht empfindlich und sollte möglichst nicht unnötig strapaziert werden (mechanisch und elektrisch).

Das hier gesagte trifft im Prinzip auch auf alle handelsüblichen analogen und digitalen Messeinrichtungen zu.

Mit der grünen und mit der roten LED kann eine vorhandene Spannung angezeigt werden. Die Messleitungen mit den Steckstiften am Ende können in das Steckboard eingesteckt werden, und so die vorhandene Spannung nachweisen. Die LED zeigt eine Spannung zwischen 2 bis 15 V an, wobei diese unterschiedlich hell leuchtet. Es ist häufig nicht unbedingt erforderlich ständig den genauen Spannungswert zu messen, sondern nur anzuzeigen, ob die Spannung tatsächlich vorhanden ist. Die LED dient dann als Indikator und zeigt die vorhandene Spannung an.

Die eingesetzte Feinsicherung von 2 A flink, garantiert allerdings keine umfassende Schutzwirkung, da das Multimeter in einem weiten Bereich eingesetzt werden soll. Wenn in der Regel nur mit einer Stromstärke bis 1 A gearbeitet wird, dann ist es ratsam eine Feinsicherung von 1 A flink einzusetzen.

Das Multimeter dient zur Messung von Spannung, Strom oder Widerstand. Es kann natürlich jeweils nur eine Größe gemessen werden. Mit dem Stufenschalter wird der gewünschte Messbereich eingestellt.

Die Messung erfolgt aber immer über das eingebaute Drehspulmesswerk. Durch den Stromdurchfluss durch die Spule im Messwerk wird ein magnetisches Feld erzeugt, welches eine Kraftwirkung bewirkt und diese auf den Zeiger des Messgerätes überträgt. Je größer der durch die Spule fließende Strom ist, umso größer ist der Zeigerausschlag.

Das verwendete Drehspulmesswerk hat bereits bei einem Strom von 100 μA seinen vollen Ausschlag (also 100 auf der Skale), was durch seinen inneren Widerstand von 2 $\text{k}\Omega$ einen Spannungsabfall von 200 mV zur Folge hat. Die Messbereichserweiterung für höhere Spannungen erfolgt durch einen Vorwiderstand, welcher mit dem Messwerk in Reihe geschaltet wird.

Auch im Messbereich von 10 V darf das Messwerk bei einer anliegenden Spannung von 10 V nur von 100 μA durchflossen werden.

Im 10 V Messbereich muss bei einem Stromdurchfluss von 100 μA durch die Spule des Messwerks, was einem Spannungsabfall an der Spule vom Drehspulmesswerk von 200 mV bedeutet, die restliche Spannung von 9800 mV am Vorwiderstand abfallen. Die Gesamtspannung beträgt 10000 mV = 10 V. Durch die Reihenschaltung des Drehspulmesswerks mit einem entsprechenden Vorwiderstand kann der Messbereich entsprechend erweitert werden.

Für den Spannungsmessbereich von 10 V muss ein Vorwiderstand von 98 $\text{k}\Omega$ eingesetzt werden.

Der Wert wird berechnet mit $R_v = U_v / I_v$

$$R_{v4} = 9800 \text{ mV} / 0,1 \text{ mA} = 98 \text{ k}\Omega.$$

Die Messbereichserweiterung für die Strommessung erfolgt durch die Parallelschaltung eines Widerstandes zum Drehspulmesswerk, welcher den höheren Strom durchleiten muss.

Für den Messbereich 2 A ergibt sich ein Parallelwiderstand von $R_{p7} = 0,100 \Omega = 100 \text{ m}\Omega$.

Damit bei einem Stromdurchfluss von 2 A das Drehspulmesswerk nicht überlastet wird, muss der Parallelwiderstand die Strommenge durchleiten, welche 100 μA übersteigt.

$2\text{ A} = 2\,000\,000\text{ }\mu\text{A}$, abzüglich der $100\text{ }\mu\text{A}$ über das Messwerk müssen durch den Parallelwiderstand also $I_p = 2\,000\,000\text{ }\mu\text{A} - 100\text{ }\mu\text{A} = 1\,999\,900\text{ }\mu\text{A} = 1\,999,9\text{ mA}$ fließen.

Der Parallelwiderstand berechnet sich somit:

$$R_p = U_p / I_p \quad R_{p7} = 200\text{ mV} / 1\,999,9\text{ mA} = 0,100\text{ }\Omega = 100\text{ m}\Omega.$$

Die anderen Messbereiche können analog berechnet werden.

Die Widerstandsmessung erfolgt über eine eingebaute Spannungsquelle. Es ist eine andere Skale erforderlich, um den Messwert ablesen zu können. Der Messbereich wird hauptsächlich durch die Spannungshöhe der verwendeten Spannungsquelle bestimmt. Wir verwenden bei unserem Multimeter eine 3 V Knopfzelle (CR 2032).

Über ein Potentiometer wird bei gebrückten Messleitungen die Anzeige auf 100 (Endausschlag) bzw. $0\text{ }\Omega$ eingestellt. Das bedeutet bei der Widerstandsmessung zeigt der Endausschlag von $100\text{ }\mu\text{A}$ einen Widerstandswert von $0,0\text{ }\Omega$ an. Der Widerstandsmessbereich kann also auch als Durchgangsprüfer verwendet werden.

Wird ein Widerstand zwischen den Buchsen Com – und V / R + gemessen, so verringert sich der Zeigerausschlag, er wird umso geringer je höher der Widerstandswert ist. Die vorhandene Skale von 0 bis 100 ist für die Widerstandsmessung ungeeignet. Über den angezeigten Wert in μA könnte man sich den Widerstandswert natürlich ausrechnen, was auf Dauer allerdings zu umständlich sein dürfte. Ich habe deshalb eine Zusatzskale gezeichnet, welche auf die vorhandene Skale als Etikett aufgeklebt werden kann.

Das Drehspulmesswerk ist ein empfindliches Bauteil. Es verträgt keine größeren mechanischen Erschütterungen und Belastungen. Auch eine elektrische Belastung über den Endausschlag kann zur Beschädigung oder Zerstörung des Messwerks führen. Eine geringe Überschreitung des Endausschlags wird in der Regel verkraftet, kann aber zum Verklemmen des Zeigers führen, was durch leichtes klopfen gegen das Messgerät meist behoben werden kann. Es ist dann meist eine neue Nullpunkteinstellung des Zeigers an der Stellschraube auf der Vorderseite des Messgerätes erforderlich.

7.1 Spannungsmessung

Zu Beginn sollte der höchste Spannungsmessbereich (100 V) eingestellt und der rote Kippschalter auf Aus stehen.

Über die Buchsen Com – und V / R + kann eine Gleichspannung (DC) gemessen werden. Die Gleichspannung hat eine feste Polarität, einen Pluspol und einen Minuspol. Die Messleitungen müssen mit der richtigen Polarität angeschlossen werden, der Minuspol an die Buchse Com – und der Pluspol an die schwarze Buchse V / R +. Als Messleitungen sollten möglichst die Farbe Blau für den Minuspol und die Farbe Rot für den Pluspol verwendet werden. Dem Strom ist die Farbe der Messleitung egal, er richtet sich ausschließlich nach der Höhe des Widersandes. Damit wir selbst aber den Überblick behalten sollten wir uns an die üblichen Farben halten. Werden die Messleitungen mit der falschen Polarität angeschlossen, dann schlägt das Messgerät nach links statt nach rechts aus, was zur Beschädigung oder Zerstörung des Messgerätes führen kann.

Wenn wir eine Spannung in einem hohen Messbereich, mit nur einem geringen Zeigerausschlag von maximal 1 Teilstrich (also 4 von 100) messen, dann kann man die Polarität zur Probe auch mal kurz umpolen, und der Zeiger schlägt nach links aus.

Bei der Spannungsmessung sollte möglichst mit dem höchsten Spannungsmessbereich (100 V) begonnen werden. Bei einer Spannung von $1,5\text{ V}$ ist dies sicher nicht unbedingt erforderlich, aber sicherer. Ist der Zeigerausschlag zu gering, wird schrittweise in den nächst niedrigeren

Messbereich umgeschaltet, der Endausschlag sollte aber keineswegs überschritten werden. Die genauesten Messergebnisse werden im Bereich von 50 bis 100 % vom Endausschlag erzielt. Bei Überschreitung des Endausschlages ist sofort der rote Kippschalter auszuschalten.

7.2 Strommessung

Zu Beginn sollte der höchste Strommessbereich (2 A) eingestellt werden und der rote Kippschalter auf Aus stehen.

Die blaue Messleitung (Minuspol) wird an die blaue Messbuchse Com – und die rote Messleitung wird an die rote Messbuchse A + angeschlossen. Eine Strommessung erfolgt immer in Reihe mit einem Verbraucher, welcher die Stromstärke bestimmt.

In den Strommessbereichen darf auf keinen Fall eine Spannungsquelle direkt ohne in Reihe mit einem Verbraucher angeschlossen werden. Dies würde zur Überlastung des Multimeters und zur Zerstörung führen. In den Strommessbereichen hat das Multimeter einen geringen inneren Widerstand, was einem Kurzschluss entspricht.

Die Strommessung erfolgt im Prinzip durch eine Auftrennung eines im Normalbetrieb befindlichen Stromkreises und die Verbindung über das Amperemeter. Durch den zusätzlichen inneren Widerstand des Amperemeters wird sich der Stromfluss im Stromkreis während der Messung etwas verringern. Amperemeter sollten deshalb für genaue Messergebnisse möglichst niederohmig sein.

Ein Amperemeter kann auch ohne Bedenken überbrückt werden, wenn die Anzeige nicht benötigt wird, was dann dem normalen Betriebszustand ohne Messgerät entspricht. Durch einen Schalter oder eine Steckbrücke kann dies realisiert werden.

Bei einer Spannungsmessung darf aber auf keinen Fall das Messgerät überbrückt werden, was zu einem Kurzschluss führen würde.

7.3 Widerstandsmessung

Die Messleitungen zur Widerstandsmessung werden analog wie bei der Spannungsmessung, die blaue Messleitung an die Com – Messbuchse und die rote Messleitung an die schwarze Messbuchse V / R +, angeschlossen. Der Stufenschalter muss auf den Messbereich R stehen und der rote Kippschalter muss auf Ein stehen.

Das kleine Potentiometer an der rechten Seite sollte am linken Anschlag stehen. Die beiden Messleitungen werden zunächst verbunden, am einfachsten mit 2 Abgreifklemmen. Das Potentiometer wird vorsichtig nach rechts gedreht, bis der Zeiger auf dem Endausschlag 100 steht, was auf der Widerstandsskala dem Wert $0,0\ \Omega$ entspricht. Die Messleitungen werden dann wieder unterbrochen und an den zu messenden Widerstand angeschlossen.

Der Nullpunkt für die Widerstandsmessung muss nicht vor jeder Messung neu eingestellt werden. Im Laufe der Zeit verringert sich allerdings die Spannung der Knopfzelle und eine neue Einstellung ist erforderlich, sonst wird der Messfehler zu groß. Wenn der Nullpunkt nicht mehr erreicht wird, dann ist die Knopfzelle verbraucht und muss ausgetauscht werden.

Bei der Widerstandsmessung wird die auf der Leiterplatte eingesetzte 3 V Knopfzelle verwendet. Die Polarität wird durch die richtig eingesetzte Knopfzelle (CR 2032) bestimmt. Es darf keine zusätzliche äußere Spannungsquelle angeschlossen werden.

Versuche und Experimente mit dem Multimeter

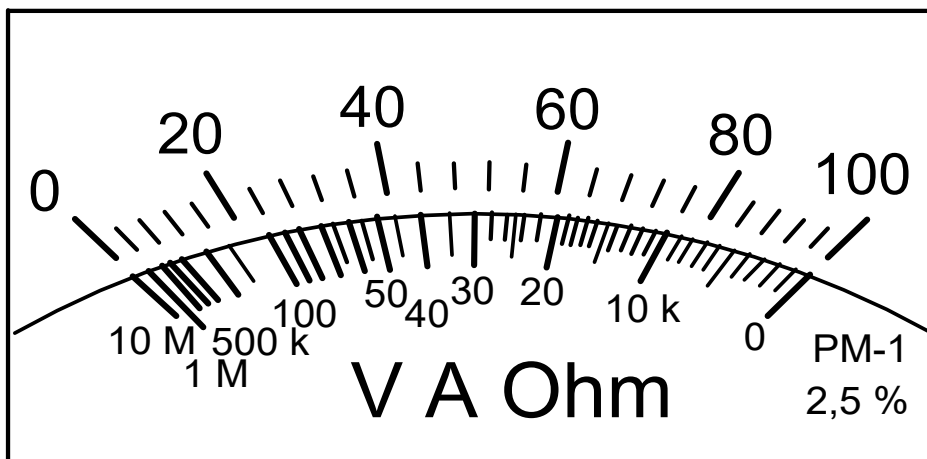
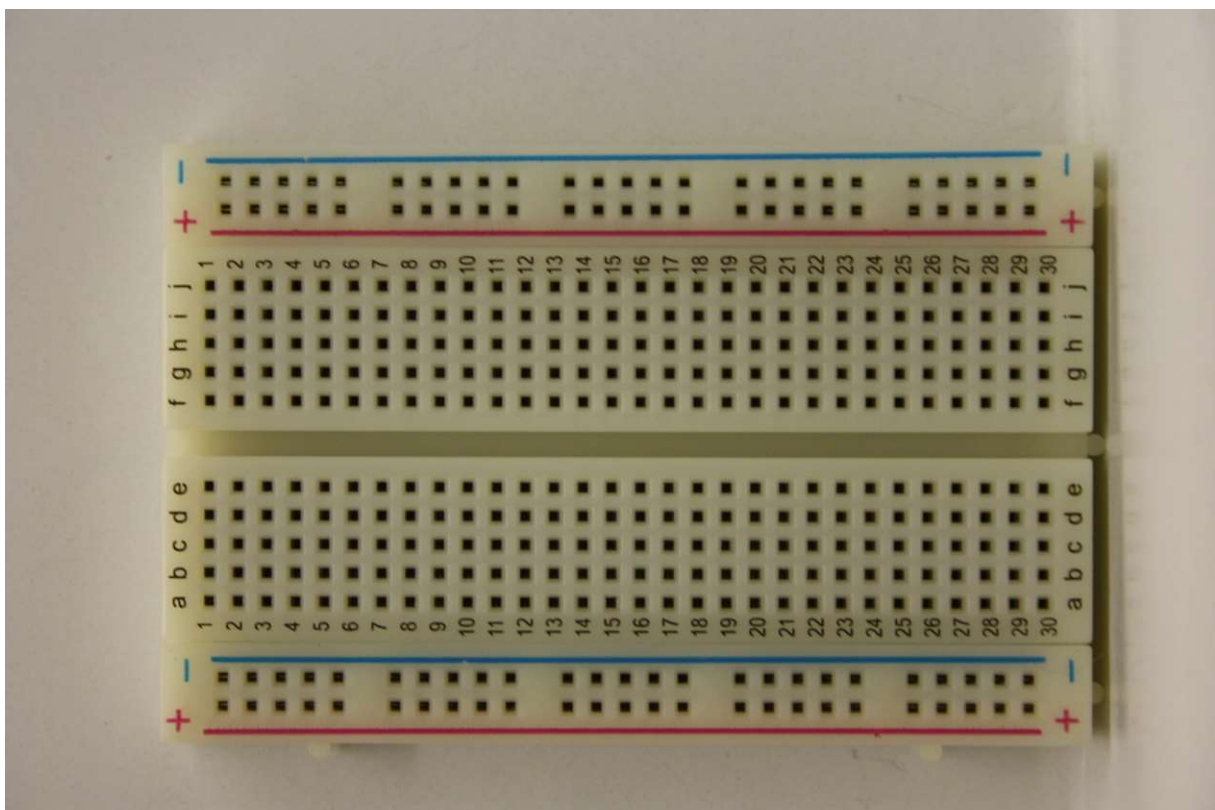


Bild: Angepasste Skale für unser Multimeter mit dem 100 μ A-Drehspulmesswerk

8.1 Das Experimentier-Steckboard



Das Experimentier-Steckboard verfügt über 400 Buchsen. Es verfügt oben und unten jeweils über eine Kontaktschiene für Plus (+) und Minus (-), diese Kontaktlinien sind innerhalb jeder Linie durchgehend verbunden.

In Längsrichtung ist das Steck-Board in der Mitte geteilt, es besteht keine Verbindung zwischen beiden Teilen. Die Buchsen der Linien „a bis e“, sowie die der Linien „f bis j“ sind jeweils innerhalb der Reihen „1 bis 30“ miteinander verbunden, so dass jeweils 5 Buchsen

untereinander elektrisch leitend verbunden sind. Zwischen den einzelnen Reihen 1 bis 30 besteht keine Verbindung.

Die Steckbuchsen bestehen aus federnden Messingkontakten, welche starre, blanke Drahtenden mit einem Durchmesser von 0,4 bis 0,8 mm aufnehmen können. Die Kontakte sind recht empfindlich und sollten nicht zu stark strapaziert werden. Die Drahtenden sollen glatt und sauber sein, und sich leicht einstecken lassen. Bei Bedarf kann auch eine kleine Flachzange zur Hilfe genommen werden. Eine leichte seitliche Bewegung kann ebenfalls helfen. Für dickere und flexible Drahtenden ist das Steckboard nicht geeignet. Das Steckboard sollte auch nicht höher als mit maximal 1 A belastet werden.

Mit dem Steckboard lassen sich so verschiedene Schaltungen stecken und erproben, ohne löten zu müssen.

Es gibt im Handel fertige Anschlussleitungen und Steckbrücken, welche man sich aber auch mit relativ geringem Aufwand selbst anfertigen kann.

8.2 Verbindungsleitungen

Es werden Anschlussleitungen mit unterschiedlichen Anschlusssteckern benötigt. Die 4 mm Stecker für die Messbuchsen, die 0,6 bzw. 0,8 mm Stecker für das Steck-Board und die Abgreifklemmen (Krokodilklemmen) für Drahtenden. Drahtenden können ansonsten auch an Schrauben angeschlossen oder an Lötösen angelötet werden.

Für unsere Zwecke fertigen wir uns deshalb die benötigten Verbindungsleitungen, wie unter Punkt 6.2 beschrieben selber an.

Die Verbindungsleitungen sollten einen möglichst geringen Widerstand haben, was einen festen und sicheren Kontakt an den Anschlussstellen erfordert.

8.3 Die Spannungsquelle

Als Spannungsquelle verwenden wir ausschließlich alkalische Batterien vom Typ Mignon (AA). Eine einzelne Batterie hat eine Spannung von ca. 1,5V. Ist die Batterie noch neu und unverbraucht, dann liegt die Spannung meist etwas höher (ca. 1,6 V). Nach längerem Gebrauch geht die Spannung der Batterie langsam zurück.

Durch die Reihenschaltung mehrerer Batterien vom gleichen Typ kann man eine höhere Spannung bereitstellen. Die Batterien werden so in Reihe geschaltet, dass der Pluspol einer Batterie mit dem Minuspol der nächsten Batterie verbunden wird, so dass an den Enden wieder ein Minuspol und ein Pluspol zum Anschluss vorhanden ist. Die Reihenschaltung von 2 Stück Batterien ergibt somit eine Spannungsquelle von 3 V. Mit jeder weiteren Batterie erhöht sich die Spannung um weitere 1,5 V.

Wir wollen einen Batteriehälter für 10 x AA-Batterien verwenden. Damit kann man eine Spannungsquelle bis zu 15 V aufbauen. Wenn man zusätzliche Anschlüsse zwischen den einzelnen Batterien anbringt, kann man verschiedene Spannungen abgreifen. Die hier zusätzlich angebrachten Anschlüsse stellen die Spannungen 1,5 V; 3 V; 6 V; 9 V; und 12 V bereit, wozu 8 Batterien vom Typ Mignon benötigt werden.

Bei den verschiedenen Experimenten werden meist auch verschiedene Spannungen benötigt.

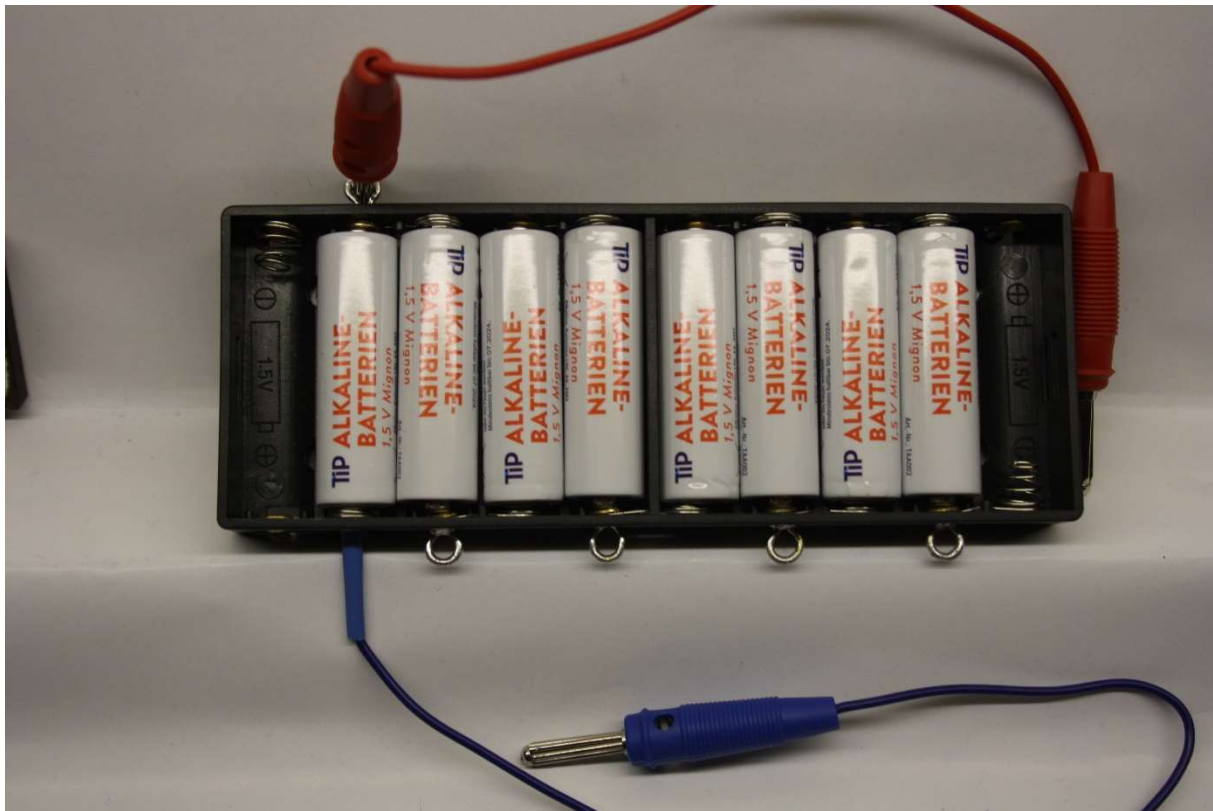


Bild: Abgriff einer Spannung von 1,5 V vom Batteriehalter, ohne angeschlossenen Verbraucher

Wenn man mit einer Rundzange gebogene Drahtösen aus 1,5 mm² oder 1,0 mm² Schaltdraht, laut Skizze, in die großen Batteriekontakte einlötet dann kann man an diesen Stellen mittels 4 mm Stecker oder mittels Abgreifklemme eine gewünschte Spannung abnehmen.

Der Batteriehalter besteht allerdings aus wärmeempfindlicher Plaste, welche die Löttemperatur nur kurzzeitig aushält. Nur an der jeweiligen Lötstelle sollte eine alte Batterie verkehrt herum, mit der großen Minusfläche eingesetzt werden. Der Kontakt muss zunächst durch Schaben mechanisch gereinigt werden, es sollte etwas Flussmittel (Löthönig) aufgebracht und der Kontakt zunächst verzinnt werden, kurze Lötzeit. Durch kräftiges Pusten kann die anschließende Abkühlung beschleunigt werden. Der innere Durchmesser der vorbereiteten Lötösen muss mit einem 4 mm Stecker geprüft werden. Der Stecker muss sich leicht einstecken lassen. Nach dem Einlöten kann die Öse bei Bedarf mit einer größeren Flachzange immer noch etwas enger gedrückt werden. Die zuvor verzinnte 4 mm Öse wird dann waagrecht eingelötet, wobei diese mit einer kleinen Flachzange gehalten werden muss, es ist ebenfalls auf eine kurze Lötzeit zu achten und anschließend wieder kräftig zu pusten.

Die Batterie wird entnommen und an die nächste Lötstelle eingesetzt und analog verfahren.

Das blaue Minuskabel wird an den Minusanschluss angelötet. Der Pluspol wird entsprechend Bedarf am jeweiligen Steckkontakt abgegriffen. Nach jedem Gebrauch sollte das rote Anschlusskabel wieder vom Batteriehalter entfernt werden. Das blaue Anschlusskabel darf grundsätzlich die positiven Kontakte nicht berühren (Kurzschlussgefahr). Bei der Lagerung und Aufbewahrung des Batteriehalters ist es empfehlenswert die erste Batterie am Minus-Anschlusskabel zu entfernen, dann kann im Prinzip nichts passieren.

Versuche zum Ohm'schen Gesetz

SET OF 610 RESISTORS E12 SERIES

SF VASTUSSARJA, 610KPL E12 SARJA S RESISTOR SORTIMENT 610 ST I E12 SERIEN
P CONJUNTO DE 610 RESISTÊNCIAS DA SÉRIE E12 CZ SADA 610TI REZISTORU SÉRIE E12
DK SÆT AF 610 STK. MODSTANDE I E12-SERIEN I UN-INSIEME DI 610 SERIE DEI RESISTORI E12

Color	Color name	1st digit 1st stripe	2nd digit 2nd stripe	Multiplier 3rd stripe	Tolerance 4th stripe
	Black	0	0	x1	-
	Brown	1	1	x10	1%
	Red	2	2	x100	2%
	Orange	3	3	x1.000	3%
	Yellow	4	4	x10.000	4%
	Green	5	5	x100.000	-
	Blue	6	6	x1.000.000	-
	Violet	7	7	-	-
	Grey	8	8	-	-
	White	9	9	-	-
	Gold	-	-	x0,1	5%
	Silver	-	-	x0,01	10%

E12 = 10R/12R/15R/18R/22R/27R/33R/39R/47R/56R/68R/82R/100R/120R/150R/180R/220R/270R/330R/390R/470R/560R/680R/820R/1K0/1K2/1K5/1K8/2K2/2K7/3K3/3K9/4K7/5K6/6K8/8K2/10K/12K/15K/18K/22K/27K/33K/39K/47K/56K/68K/82K/100K/120K/150K/180K/220K/270K/330K/390K/470K/560K/680K/820K/1M0

made in China

Bild: Widerstands - Farbcode der Serie E12 – zur Kennzeichnung der Werte

Widerstände werden in verschiedenen Bauformen, mit unterschiedlichen genormten Widerstandswerten, mit verschiedenen Toleranzgrenzen und für unterschiedliche Leistungswerte hergestellt. Die teilweise sehr kleinen Widerstände bieten nicht genügend Platz zum aufdrucken der erforderlichen Angaben. Es wird deshalb der oben gezeigte Farbcode verwendet.

Für den Zusammenbau des analogen Multimeters ist es wichtig, die richtigen Widerstände an der richtigen Stelle einzulöten, wenn das Multimeter einwandfrei funktionieren soll.

9.1 Die Reihenschaltung

Beseht der Verbraucher aus, einer Reihenschaltung mehrerer Widerstände, dann teilt sich die Spannung der Spannungsquelle auf die einzelnen Teilwiderstände, entsprechend deren Größe auf.

Im Versuch schließen wir an 6 Stück in Reihe geschalteten 100 Ω Widerständen eine Spannung von 6 V an. Für unsere Versuche verwenden wir preiswerte Kohleschicht-Widerstände. Die einzelnen Widerstände können, wie im Bild gezeigt, auf dem Steckboard in Reihe eingesteckt werden. Als Anschlussleitungen kann man die angefertigten Leitungen mit den 0,6 bzw. 0,8 mm Steckstiften, oder die 4 mm Stecker über die selbst gefertigten 4 mm Steckbuchsen verwenden.

Wir können jetzt an den verschiedenen Stellen die Gesamtspannung bzw. die Spannungsverteilung über die einzelnen Widerstände messen. Am roten Plus-Anschlusskabel auf dem Steck-Board sind 2 Steckanschlüsse mit einer Überbrückung vorgesehen. An diesen Steckanschlüssen kann der Strom dieser Versuchsschaltung gemessen werden.

In unserer Versuchsschaltung mit 6 mal 100 Ω Widerständen = 600 Ω ergibt sich bei einer Spannung von 6 V eine Stromstärke von $I = U / R = 6 \text{ V} / 600 \Omega = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$.

9.2 Die Parallelschaltung

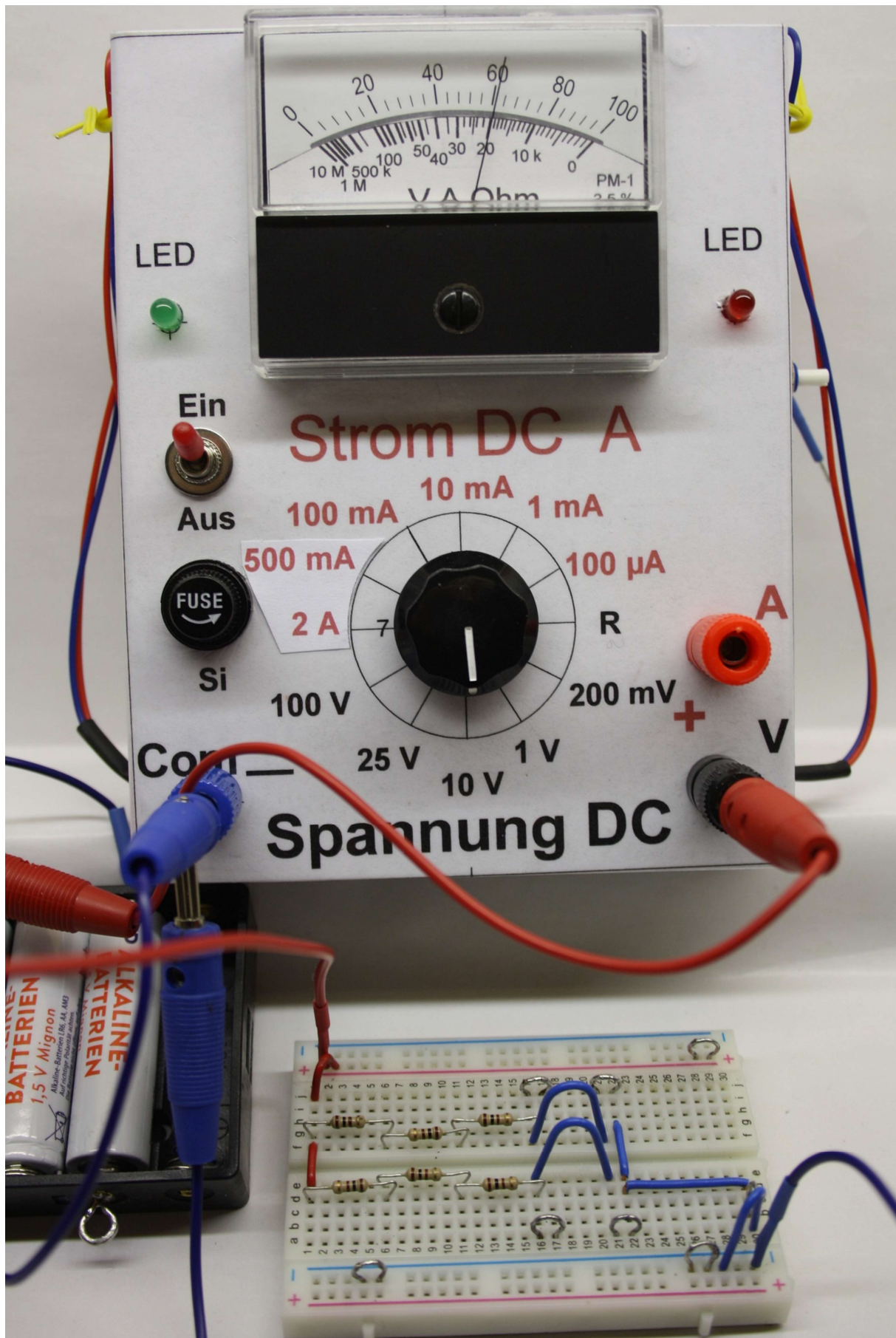


Bild: Parallelschaltung von 2 mal $300\ \Omega$, an 6 V, mit Steckkösen zur Strommessung

Durch die Parallelschaltung von 2 oder mehreren Widerständen verringert sich der Gesamtwiderstand innerhalb der Schaltung und der Strom verteilt sich entsprechend dem Widerstandswert.

$$I_g = I_1 + I_2 \dots + I_n$$

Bei 2 gleich großen Widerständen in Parallelschaltung teilt sich der Strom gleichmäßig zu je 50 % auf. Werden 2 ungleiche Widerstände parallelgeschaltet, so fließt durch den niedrigeren Widerstand ein höherer und durch den höheren Widerstand ein geringerer Strom.

Die anliegende Spannung ist bei der Parallelschaltung an allen Widerständen gleich groß.

Der Gesamtwiderstand von 2 parallelen Widerständen berechnet sich zu

$$R_p = R_1 \times R_2 / R_1 + R_2.$$

$$\text{z.B.: } R_p = 30 \, \Omega \times 20 \, \Omega / 30 \, \Omega + 20 \, \Omega = 12 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{Bei einer Spannung von 6 V ergibt sich somit} \quad I_g &= 6 \, \text{V} / 12 \, \Omega = 0,5 \, \text{A} \\ I_1 &= 6 \, \text{V} / 30 \, \Omega = 0,2 \, \text{A} \\ I_2 &= 6 \, \text{V} / 20 \, \Omega = 0,3 \, \text{A} \end{aligned}$$

9.3 Betriebszustände – AUS-Zustand – Normaler Betrieb – Kurzschluss

Innerhalb eines Stromkreises unterscheidet man verschiedene Betriebszustände.

Im **AUS-Zustand** ist die Anlage in der Regel betriebsbereit, aber ausgeschaltet. Es steht dann meist die volle Versorgungsspannung in der Anlage an, aber es fließt kein Strom. Der entsprechende Schalter der Anlage steht dann auf Aus. Die Betriebsbereitschaft der Anlage kann durch Kontrollleuchten oder Messeinrichtungen angezeigt werden.

Zahlreiche moderne Anlagen wie Fernsehgeräte und andere verfügen über einen Stand-by-Betrieb, wobei nur ein geringer Stromverbrauch besteht, aber über längere Zeiträume auch ein erheblicher unnötiger Energieverbrauch entstehen kann. In vielen Fällen ist die vollständige Abschaltung einer Anlage die bessere Lösung.

Der **Normale Betriebszustand** eines Stromkreises bzw. eines beliebigen elektrischen Gerätes muss so ausgelegt sein, dass auch über einen längeren Zeitraum das System ohne Gefahr betrieben werden kann.

Es muss die richtige Spannung angelegt sein.

Alle Steck- und Schaltkontakte sowie sonstige elektrische Verbindungen müssen einen sicheren Kontakt haben. Lockere Verbindungsstellen haben einen erhöhten Übergangswiderstand, daraus folgend einen höheren Spannungsabfall und eine höhere Erwärmung. Die im normalen Betrieb entstehende Wärme muss gefahrlos abgeführt werden.

Alle betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teile dürfen nicht zugänglich sein, so dass eine Berührung und Gefährdung ausgeschlossen ist.

Eine geeignete Sicherheitseinrichtung muss im Fehlerfall einen möglichen Schaden weitestgehend begrenzen oder verhindern.

Der jeweilige Betriebszustand Ein oder Aus sollte möglichst erkennbar angezeigt werden.

Elektrische Geräte sind in der Regel für eine trockene Umgebung ausgelegt und dürfen dann auch nur in trockener Umgebung betrieben werden. Die Einwirkung von feuchter Luft und Wasser ist zu vermeiden.

Die Gebrauchsanweisungen des jeweiligen Herstellers müssen beachtet und eingehalten werden.

Der **Kurzschluss** oder eine erhebliche Überlastung kann im Fehlerfall immer auftreten. Durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen muss ein Fehler weitestgehend begrenzt und abgeschaltet werden. Dies geschieht in der Praxis durch Sicherungen, Leitungsschutzschalter, thermische Auslöser oder andere geeignete Einrichtungen. Ein Kurzschluss stellt immer eine erhebliche Gefahr dar und kann zum Brand oder Gefährdung von Mensch und Tier führen.

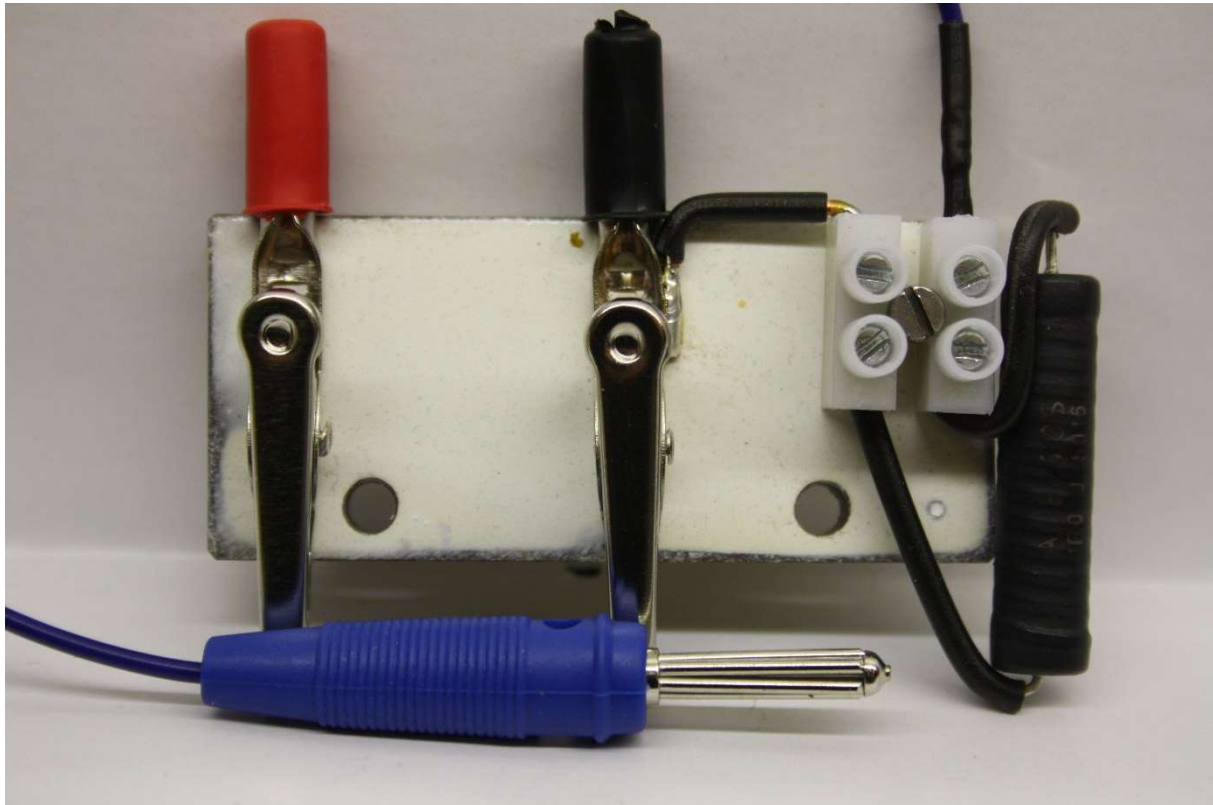


Bild: Klemmbrett mit Abgreifklemmen und 1 Ohm, 10 W Widerstand, zur Strombegrenzung

Wenn man Versuche mit höheren Strömen machen will, dann kann dies über einen Hochlastwiderstand von 1 Ω auf einem Klemmbrett mit Abgreifklemmen, wie im oberen Bild gezeigt erfolgen. Damit kann der maximal auftretende Strom begrenzt und ein Kurzschluss vermieden werden.

Neben den aufgeführten Beispielen für Experimente gibt es noch zahlreiche andere Möglichkeiten. Es ist aber immer erforderlich, erst nachzudenken, und die Folgen seines Handelns einzuschätzen.

9.4 Versuche zur Widerstandsmessung

Über das Klemmbrett mit den 2 Abgreifklemmen lassen sich die verschiedensten Materialien auf ihren Widerstand bzw. ihre Leitfähigkeit untersuchen (im Widerstands-Messbereich). An den Abgreifklemmen können verschieden Materialien angeschlossen werden, z. Bsp. eine Bleistiftmiene (Kohlenstoff) oder ein Stück Papier (im trockenen oder feuchten Zustand). Durch Berührung der Abgreifklemmen mit der linken und der rechten Hand kann auch der

eigene Körperwiderstand gemessen werden. Bei der Spannung der Knopfzelle von 3 V ist dies völlig ungefährlich, es sollte aber dennoch eine Ausnahme sein.

Es wird ein sehr hoher Wert angezeigt. Der Wert ist maßgeblich vom Übergangswiderstand zwischen Finger und Abgreifklemme abhängig. Wiederholt man diesen Versuch mit nassen Fingern, dann wird der angezeigte Wert wesentlich niedriger sein. Wurden die Finger mit einer Kochsalzlösung befeuchtet dann wird der Anzeigewert noch niedriger ausfallen.

Das sollte nur zur Veranschaulichung dienen, das auch Flüssigkeiten und Gase durchaus den elektrischen Strom unterschiedlich gut leiten können, je nach den jeweiligen Umständen. Der Übergangswiderstand spielt häufig eine entscheidende Rolle, ob eine Schraubverbindung fest angezogen oder aber sehr locker ist, ähnlich verhält es sich bei Kontakten von Schaltern und Steckverbindungen.

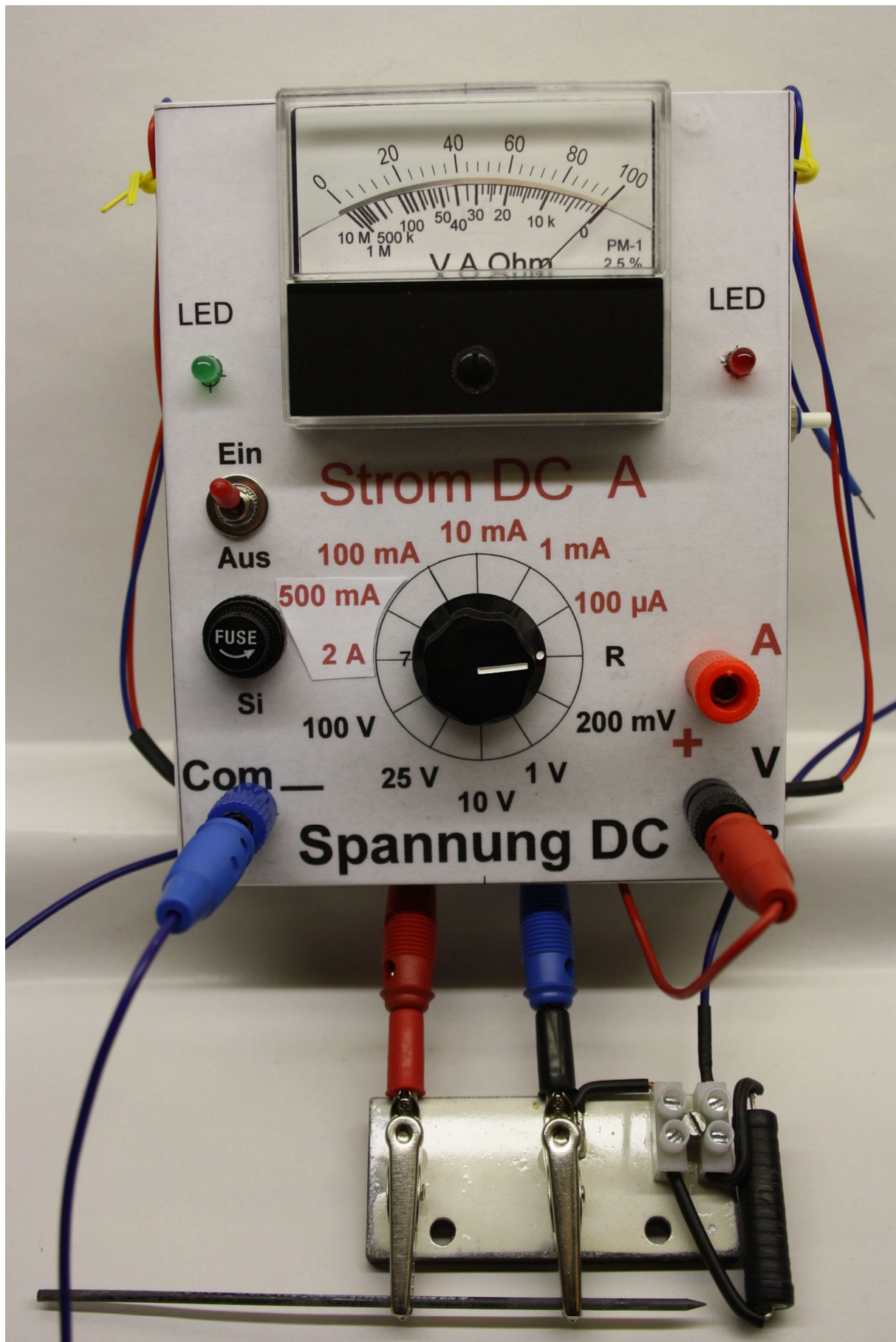


Bild: Widerstandsmessung einer Bleistiftmiene (Kohlenstoff)



Bild: Widerstandsmessung von feuchtem Papier

Ich wünsche allen interessierten viel Spaß und Freude bei den Experimenten.

gez. H. Rädle

Verzeichnis der verwendeten Literatur und Quellen

- Der leichte Einstieg in die Elektrotechnik und Elektronik - vom Autor Bo Hanus
- Elektroinstallation – Planung und Ausführung, von: Hans-Joachim Geist, Elektor-Verlag, Aachen, 1997, ISBN 3-89576-036-6
- Das freie Lexikon www.wikipedia.org
- www.franzis.de
- Online-Buchhändler www.ciando.com
- Elektronik Versandt www.reichelt.de
- Elektronik Versandt www.conrad.de
- Elektronik Versandt www.elv.de
- Pollin Electronic www.pollin.de
- Elektronik und Restposten www.oppermann-electronic.de
- Das Elektronik-Labor www.elektronik-labor.de
- Elektronik Grundlagen und Messtechnik www.elektronik-kompodium.de