

BASISWISSEN FLIPPER-ELEKTRONIK

Ein Service von www.flippermarkt.de

Kapitel 6

Version 1.0 – 3.2.2007

Version 1.1 – 20.11.2007

Version 1.2 – 10.7.2008

Messen elektrischer Größen, das Messgerät und dessen Handhabung.

© Jan Schaffer (buja85)

Der Inhalt dieses Dokuments ist urheberrechtlich geschützt. Seine Nutzung ist nur zum privaten Zweck zulässig. Jede Vervielfältigung, Vorführung, Sendung, Vermietung und/oder Leihe des Dokuments oder einzelner Inhalte ist ohne Einwilligung des Rechteinhabers untersagt und zieht straf- oder zivilrechtliche Folgen nach sich. Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Welches Messgerät

Zum Aufspüren von Fehlern in der Flipper-Elektronik ist es stets erforderlich, die Werte von Spannungen, Widerständen und Strömen zu prüfen..

Dazu braucht man ein geeignetes Vielfachmessgerät, ein sogenanntes Multimeter. Diese gibt es als Zeigerinstrumente in analoger Ausführung und mit Ziffernanzeige in digitaler Technik.

Für unsere Zwecke kommt nur ein Digitales Multimeter (**DMM**) in Betracht.

Diese Geräte werden in verschiedenen Ausführungen und Preisen angeboten.

Spitzengeräte, wie z.B. das Fluke 189, können fast alles, sind höchst genau, kalibriert, kosten um die 500 Euro und sind für Messaufgaben an Flippern völlig überdimensioniert.

Für Messungen an Flippern reicht ein einfaches DMM, an dessen Messgenauigkeit nur sehr geringe Ansprüche zu stellen sind.

Die Messung der folgenden elektrischen Werte in den jeweiligen Bereichen muss es ermöglichen:

Gleichspannung 0,1 VDC – 500 VDC

Wechselspannung 1 VAC – 500 VAC

Gleichstrom 1 mA – 10 A

Wechselstrom 100 mA – 10 A

Widerstand 1Ω bis 1 MΩ

Unbedingt erforderlich ist, dass intern die Strecken für Strommessungen durch Sicherungen geschützt sind.

Und bei Erneuerung einer dieser Sicherungen muss auf den korrekten Wert geachtet werden.

Erforderlich ist zudem eine **Prüffunktion für Dioden**.

Wünschenswert die **Speichermöglichkeit von Maximal- und Minimalwerten**, so dass man die Schwankungsbreite einer Spannung erkennen kann.

Das **akustische Signal** für „Durchgang“ ist eine fast immer vorhandene Zusatzfunktion für die Widerstandsmessung.

Sie kann zum Aufspüren von Kurzschlüssen verwendet werden.

Es muss aber beachtet werden, dass Geräte der hier in Rede stehenden Kategorie schon bei einem Widerstand von etwa 30 Ω anspringen und diese Funktion deshalb zur Feststellung eines echten „Durchgangs“, sprich einem Widerstand von 0 Ω, ungeeignet ist.

Das muss über die Widerstandsmessung ermittelt werden.

Überflüssig ist die Möglichkeit, **Kapazitäten, Frequenzen und Temperaturen** zu messen.

Automatische Bereichswahl vereinfacht die Bedienung, erforderlich ist sie nicht.

Selbst wenn Geräte der untersten Preisklasse, wie sie in Baumärkten feilgehalten werden, diese Voraussetzungen erfüllen sollten, ist ein Markenfabrikat schon aus Gründen der Sicherheit vorzuziehen.

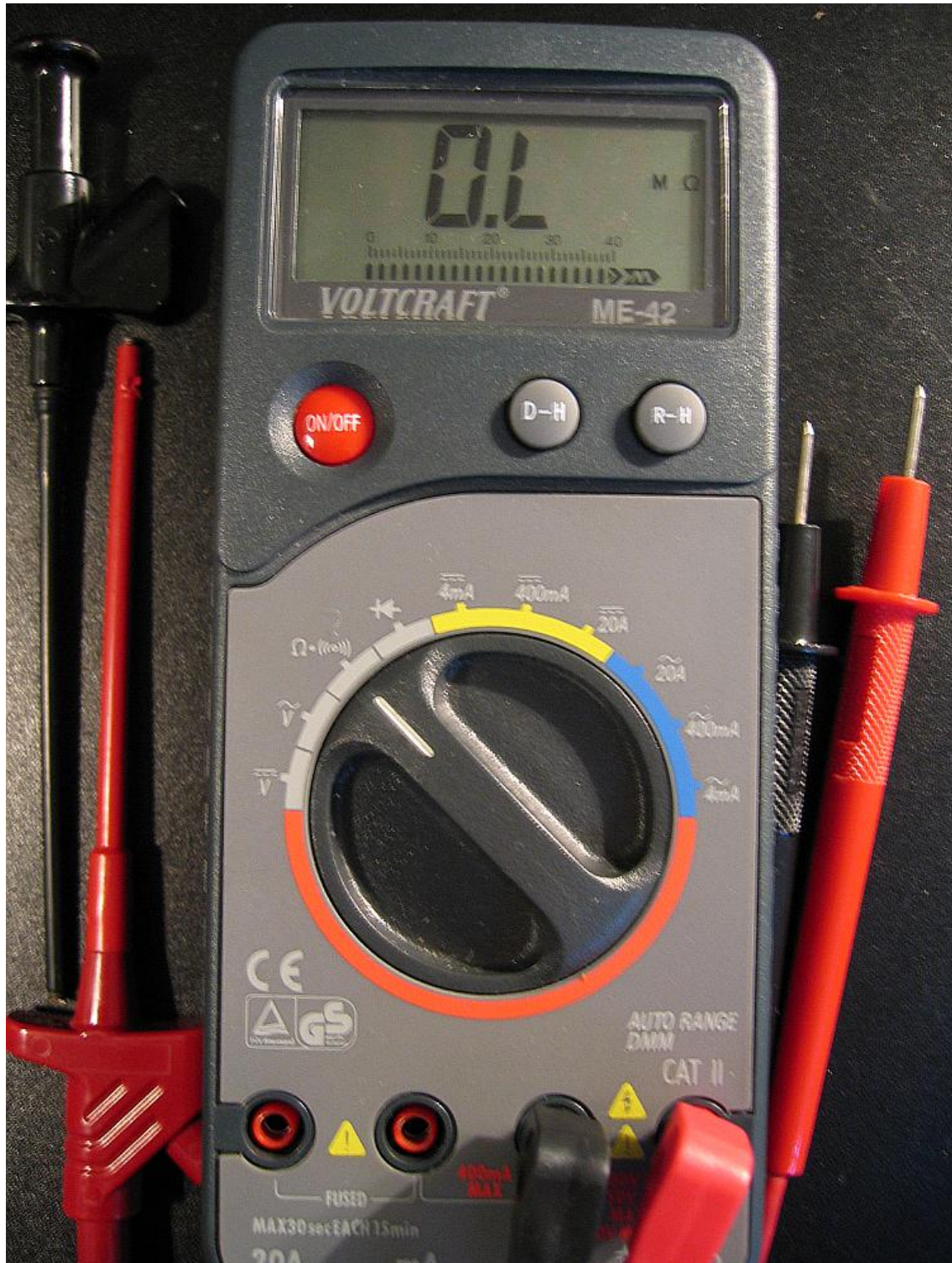
So wäre z.B. das **Voltcraft VC-220** eine gute Wahl, es ist für etwa 30 € im Handel.

Wer sich etwas Besonderes gönnen will, sieht sich nach einem **Metrahit One** von Gossen Metrawatt um. Es kostet um die 180 €, gebraucht wird es bisweilen bei Auktionen deutlich günstiger angeboten.

Eine verständliche Bedienungsanleitung muss immer zum Lieferumfang gehören.

Jeder, der Fehler in der Elektronik seines Flippers selbst beheben will, muss ein DMM mit dem hier beschriebenen Leistungsumfang besitzen und damit umgehen können.

Ein für die geschilderten Anforderungen geeignetes Gerät zeigt die folgende Abbildung. Es wird zwar nicht mehr hergestellt, was für die Beschreibung der Funktionen und der Bedienung jedoch unerheblich ist. Beim Messen von **Spannungen** und **Widerständen** erfolgt **automatische Bereichswahl**. Man braucht sich also über die Höhe der erwarteten Werte keine Gedanken zu machen, was sehr wohl bei manueller Bereichswahl der Fall ist. Darauf wird am Schluss noch eingegangen.



Zusätzlich zum DMM nebst zugehörigen Messkabeln sollte man vier Klemmprüfspitzen sowie vier weitere Messleitungen mit Bananensteckern haben, zwei schwarze und zwei rote. Letztere schon deshalb, weil die Klemmprüfspitzen nicht auf die Messspitzen passen. Und jeweils zwei, damit man bei Bedarf durch Ineinanderstecken die Messleitung verlängern kann.

Handhabung eines DMM

Vorsicht beim Messen! Niemals leitende Teile berühren! Gleichspannungen > 50 V und Wechselspannungen > 12 V sind gem. VDE berührungsgefährlich.

Vor jeder Positionsänderung des Knebelschalters müssen die Messspitzen vom Messobjekt entfernt werden.

Weitere Sicherheitshinweise sind der Bedienungsanleitung zu entnehmen und unbedingt zu beachten.

Zudem ist beim Messen eine **ruhige Hand** und **äußerste Sorgfalt** geboten.

Es muss unbedingt vermieden werden, dass die Messspitzen von den Messpunkten abrutschen. Dadurch können unzulässige Verbindungen hergestellt werden, welche die Zerstörung von Bauteilen zur Folge haben können.

Die Hinweise zum Messen beziehen sich auf das hier abgebildete Gerät.

Die Handhabung anderer Geräte dieser Kategorie ist sehr ähnlich.

Man braucht die gewünschte Funktion nur über den Knebelschalter innerhalb des grauen Sektors einzustellen, wenn nicht Strommessungen erfolgen sollen. Gegenüber dem eigenen DMM wird es Abweichungen bei den Bedienungselementen geben. **So erfolgt z.B. die Umschaltung AC/DC häufig durch einen Taster**, und der Modus wird dann im Display angezeigt.

Dagegen werden die Symbole weitgehend übereinstimmen.

Die Messkabel

Das schwarze Messkabel steckt stets in der schwarzen Buchse COM, es ist immer die zweite von rechts.

Das rote Messkabel befindet sich mit Ausnahme der Strommessung in der roten Buche V/Ω, äußerste rechte Position. Siehe Abbildung.

Gleichspannung

Der Knebelschalter wird auf V= gestellt.

Die schwarze Messspitze wird an das gewünschte Bezugspotential gehalten, also meist an einen Punkt, der im Schaltplan mit 0 V, GND oder mit einem dieser Symbole gekennzeichnet ist, kurzum, an Masse. Bei vielen Flippern gibt es dafür einen Testpin.



Die rote Messspitze hält man an den Punkt, dessen Spannung, bezogen auf das gewählte Bezugspotential, gemessen werden soll, also den Pin eines ICs, die Lötfläche einer Spule etc.

Eine positive Spannung wird ohne Vorzeichen oder mit führendem + angezeigt, eine negative mit führendem -.

Wechselspannung

Der Knebelschalter wird auf V~ gestellt.

Die Messspitzen werden an die Messpunkte gehalten, zwischen denen die zu messende Wechselspannung anliegt, die Polung ist irrelevant.

Widerstand

Achtung: Die zu messenden Bauteile bzw. Schaltungen müssen spannungslos sein!

Der Knebelschalter wird auf Ω gestellt.

Die Messspitzen werden an die Endpunkte der Strecke gehalten, deren Widerstand gemessen werden soll, die Polung ist irrelevant.

Achtung: In einer Schaltung befinden sich neben dem zu messenden Objekt meist weitere, deren ohmsche Widerstände parallel liegen. Dann ist der angezeigte Wert nicht korrekt, bezogen auf das Messobjekt.

Um den exakten Wert zu erhalten, muss ein Anschluss des Messobjekts aus der Schaltung genommen werden, z.B. bei einem Kabel Stecker ziehen, bei einem Widerstand ein Beinchen auslöten oder durchtrennen.

Beim Messen niedriger Widerstandswerte, insbesondere dann, wenn es auf 0 Ω ankommt, sollten die Messspitzen vor dem Messvorgang kurz zusammengehalten werden. Auch die Messkabel und Messverbindungen stellen einen Widerstand dar, dessen Wert dann angezeigt wird. Diesen subtrahiert man von dem gemessenen Wert.

Gleichstrom (DC) und Wechselstrom (AC)


Bei Strömen bis 400 mA wird das rote Messkabel in die zweite Buchse von links gesteckt, bei höheren Strömen in die Buchse ganz links (20 A). Im Zweifel misst man zunächst im Bereich 20 A.

Mit dem Knebelschalter wird ausgewählt, ob Gleichstrom (gelber Sektor) oder Wechselstrom (blauer Sektor) gemessen werden soll und die vermutete Größe des Stroms.

Der zu untersuchende Stromkreis wird aufgetrennt und die Messkabel an den Trennstellen befestigt, so dass der Strom jetzt durch das Messgerät fließt.

Das DMM muss sich immer in Reihe mit dem Messobjekt befinden, niemals parallel, wie es bei der Messung von Spannungen und Widerständen der Fall ist.

Diodentest

Der Knebelschalter wird auf das Diodenzeichen gestellt. 

Bei dem hier besprochenen DMM wird dann 0L angezeigt, bei anderen kann diese Anzeige abweichen.

In dieser Einstellung legt das Gerät über einen internen Widerstand eine Spannung von ca. 4 VDC an die Messspitzen (Plus auf die rote, Minus auf die schwarze). Es misst den Strom, der durch den Prüfling fließt, rechnet den Spannungsabfall am Prüfling aus und zeigt den Wert dieses Spannungsabfalls an.

Was das für ein Bauteil dieser Prüfling ist, spielt keine Rolle.

Bei einer Diode, durch die auf diese Weise Strom fließt, wird deren Durchlassspannung angezeigt, die bei Siliziumdioden zwischen 400mV und 700 mV liegt.

Bei dem hier abgebildeten Gerät führt auch ein Widerstand von 1 kΩ zu einer Anzeige von 610 mV.

Es ist also ganz offensichtlich, dass die zu prüfende Diode aus der Schaltung genommen werden muss, indem ein Anschluss ausgelötet oder durchtrennt wird. Andernfalls würde das Ergebnis in Abhängigkeit der parallel liegenden anderen Bauelemente verfälscht.

Zur Prozedur:

Zunächst wird die Diode in **Durchlassrichtung** geprüft, das schwarze Messkabel liegt an der Kathode (das ist die Seite mit Ring), das rote an der Anode. Es muss ein Wert zwischen 400mV und 700 mV angezeigt werden.

Danach erfolgt die Prüfung in **Sperrrichtung**. Die Messkabel werden umgepolt. Ist die Diode intakt, kann kein Strom fließen, und es erfolgt die selbe Anzeige wie im Fall nicht angeschlossener Messspitzen.

Zusätzlich werden bei diesem wie auch bei vielen anderen DMMs „open“ (es fließt kein Strom), „bad“ (es fließt zu viel Strom) und „good“ (es fließt der für eine Diode typischer Strom) angezeigt.

Speziell auf „good“ sollte man sich nicht verlassen, maßgebend ist immer der angezeigte Spannungswert.

Zu beachten ist, dass sich Halbleiter unter Last anders verhalten als ohne diese.

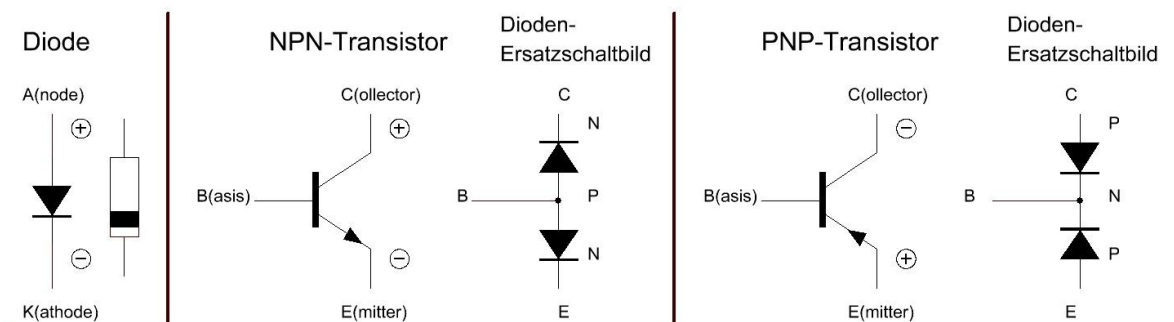
Diese Diodenprüfung mag deshalb bei Dioden, durch die wenig Strom fließt (wie die in der Switchmatrix), durchaus sinnvoll sein.

Dort, wo viel Strom fließt (wie in der Gleichrichtung), ist sie es nur eingeschränkt. Dort ist nur eine Prüfung in Sperrrichtung sinnvoll.

Transistortest

Die nächste Abbildung zeigt, dass man sich einen Transistor als zwei gegeneinander gepolte Dioden vorstellen kann.

Mit dem beschriebenen **Diodentest** können deshalb auch Grundfunktionen eines Transistors geprüft werden, indem man die Diodenstrecken prüft.

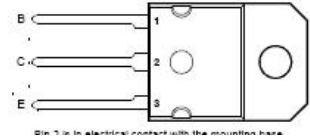


Ausgangspunkt der Messung ist stets der Basis-Anschluss.

Bei einem NPN-Transistor wie dem TIP102 wird die rote Messspitze an die Basis gelegt und die schwarze nacheinander an Kollektor und Emitter. Es muss jeweils ein Wert zwischen 400 mV und 700 mV angezeigt werden.

Bei einem PNP-Transistor wie dem TIP42C oder TIP36C wird die schwarze Messspitze an die Basis gelegt und die rote nacheinander an Kollektor und Emitter. Auch hier muss dann jeweils ein Wert zwischen 400 mV und 700 mV angezeigt werden.

Bei den hier genannten Leistungstransistoren wird die Basis über Pin 1 herausgeführt, wie aus der nebenstehenden Abbildung ersichtlich.



Es ist nicht sinnvoll, einen Transistor auszulöten, um ihn dann zu messen. Diese Teile sind derart billig, dass man bei Verdacht einen neuen einsetzen wird. Abgesehen davon verhalten sich auch Transistoren unter Last anders als ohne diese.

Wenn prüfen, dann im eingebauten Zustand und natürlich bei ausgeschaltetem Strom.

Die Ergebnisse der Messungen sind wegen der übrigen Bauelemente der Platine ungenau.

Man sollte die Messungen deshalb an mehreren Transistoren durchführen, meist sind diese ja gruppenweise angeordnet. Deutliche Abweichungen bei einem deuten dann auf einen Defekt hin. In den meisten Fällen sind Leistungstransistoren in der Weise defekt, dass sie permanent Strom durchlassen. Man sollte deshalb zunächst das DMM auf **Widerstand** stellen und diesen zwischen Kollektor und Emitter messen. Bei 0 Ω ist der Transistor natürlich defekt, und das Messen der Diodenstrecken ist überflüssig..

Die Taster D-H und R-H werden hier nicht erläutert, sie dienen dem Speichern und Abrufen von Grenzwerten und der Einstellung von Referenzwerten. Das ist bei jedem DMM anders und der jeweiligen Bedienungsanleitung zu entnehmen, wenn diese Funktionen vorhanden sind.

Besondere Hinweise zum Messen von Spannungen

In der Regel wird der Wert einer Spannung gegen Masse (GND) gemessen.

Dabei ist es wichtig, das schwarze Kabel nicht dort zu befestigen, wo man Massepotential vermutet, sondern dort, wo es tatsächlich vorhanden ist. Dafür gibt es bei den meisten Flippern einen Testpin (TP), bei allen WPC-Geräten ist ein solcher auf dem PDB zu finden.

Man ersetzt das zum DMM gehörige schwarze Messkabel durch ein schwarzes Messkabel mit Bananensteckern und steckt eine Klemmprüfspitze auf, die man dann an dem Testpin für Masse klemmt.

Bei den WPC-Geräten sind auf dem PDB weitere Testpins für die Versorgungsspannungen vorgesehen, so dass man deren Werte bequem messen kann.

Die nebenstehende Tabelle zeigt die Zuordnung der Testpins zu den Spannungen. Die in Klammern gesetzten Spannungswerte weichen von den in den Stromlaufplänen aufgeführten ab. Es sind aber die, welche normalerweise gemessen werden und in dieser Größe korrekt sind.

Potential	WPC, WPC-S	WPC95
GND	TP 5	TP 107
+ 5 V	TP 2	TP 101
+ 12 V digital	TP 3	TP 100
+ 12 V power (+13 V)	TP 1	TP 103
+ 18 V (> 16,5 V)	TP 8	TP 102
+ 20 V	TP 7	TP 104
+ 50 V (+70 V)	TP 6	TP 105

Besondere Hinweise zum Messen von Sicherungen

Sicherungen sollen nicht auf 0 Ω gemessen, schon gar nicht mit akustischem Signal überprüft und erst recht nicht zu diesem Zweck aus ihren Haltern entfernt werden. Die Halter sind nur für wenige Steckungen konzipiert, sie leieren aus, es bilden sich Übergangswiderstände, diese erzeugen Wärme, und das Unheil nimmt seinen Lauf.

Sicherungen werden nicht direkt geprüft, sondern indirekt, indem bei Verdacht auf eine defekte Sicherung die Spannung an den beiden Klammern jeweils gegen Masse gemessen wird. Stimmen die Werte überein, ist die Sicherung in Ordnung.

Fehlt die Spannung an einer Klammer, ist die Sicherung defekt, oder der Kontakt mit den Klammern ist nicht mehr vorhanden. Wird an keiner Klammer Spannung gemessen, liegt das Problem an einem Bauteil vor der Sicherung

Sind die beiden Spannungswerte nicht nahezu identisch, haben sich durch Korrosion Übergangswiderstände gebildet und Sicherung wie Halter müssen erneuert werden.

Die folgende Abbildung zeigt ein DMM, bei dem auch die Messbereiche für Spannungen und Widerstände manuell vorgewählt werden müssen.

Wenn man die Größenordnung des zu messenden Wertes kennt, wird der Knebelschalter auf den nächst höheren Wert gestellt. Die Spulenspannung misst man in der Einstellung 200, da maximal 70 VDC erwartet werden. VCC dagegen in der Einstellung 20, weil um die 5 VDC anzunehmen sind.

Stellt man den Messbereich zu niedrig ein, erfolgt eine Fehleranzeige.

Wird ein zu hoher Wert eingestellt, ist das Ergebnis ungenau.

+4,87 V würden in der Einstellung 1000 aufgerundet als +5 angezeigt.

Im Zweifel beginnt man bei der Vorwahl mit dem maximal möglichen Wert und schaltet dann stufenweise runter.

Bei der Messung von Widerständen wird analog vorgegangen.

Während eines Bereichswechsels müssen die Messkabel vom Messobjekt getrennt sein!

Mit dem abgebildeten Gerät kann die Gleichstromverstärkung (hFE) von Transistoren gemessen werden. Diese Funktion bedarf hier keiner Beschreibung, da sie für Messungen bei Flippern nicht benötigt wird. Das trifft auch auf die Frequenz- und Kapazitätsmessungen zu.

Die Umschaltung zwischen Wechselspannung und Gleichspannung sowie Wechselstrom und Gleichstrom erfolgt bei diesem Gerät durch den Taster DC/AC. Derzeit ist DC eingestellt. Nach Betätigung des Tasters erscheint im Display „AC“, das Gerät ist dann für Wechselspannung und –strom eingestellt. Nach nochmaliger Betätigung des Tasters verschwindet die Anzeige „AC“, das Gerät steht wieder auf DC. Bei jeder Betätigung des Tasters wird der Modus umgeschaltet.

Bei Spannungs- und Strommessungen muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass das Gerät entsprechend auf AC oder DC steht.

Geräte mit manueller Bereichswahl haben den Vorteil, dass das Messergebnis schneller angezeigt wird als bei solchen mit automatischer Bereichswahl. Dafür ist die Handhabung umständlicher und erfordert mehr Sorgfalt.



Die folgenden beiden Abbildungen zeigen zwei weitere DMMs mit manueller Bereichswahl.



Bei diesem Gerät wird AC/DC bereichsweise über den Knebschalter gewählt. Die Bedienung ist sicherer, weil man nicht auf ein Symbol im Display zu achten braucht. Der Nachteil ist, dass eine größere Abstufung in den Bereichen die Folge ist, da die möglichen Positionen eines Knebschalters begrenzt sind. Für VAC sind nur zwei Bereiche vorgesehen, was unzureichend ist. Und Wechselstrom kann gar nicht gemessen werden.



Dieses DMM von Weston ist eines der ersten seiner Art. Es ist seit über 25 Jahren im Besitz des Verfassers, arbeitet bis heute so genau wie fehlerfrei und ist dank der seitlichen Rasterschalter sehr übersichtlich. Man kann für das „Klingeln“, also die Durchgangsprüfung, drei Widerstandswerte wählen, ein hervorragendes Feature, das bei heutigen Geräten kaum noch angeboten wird. Dioden können auf Durchlassspannung $< 1\text{ V}$ und $< 2\text{ V}$ geprüft werden.

Abschließend noch ein Wort zu analogen Multimetern. Wie man aus der Abbildung unschwer erkennen kann, ist das Ablesen des Messwertes ebenso mühsam wie die Bereichs-Zuordnung.

Zeigerinstrumente sind dort sinnvoll, wo die Veränderung eines Messwertes oder sein Verhältnis zu einem Grenzwert beobachtet werden soll. Füllstand des Tanks und Drehzahl bei Automobilen sind ein gutes Beispiel.

Für die Überprüfung elektrischer Werte bei Flippern sind sie dagegen wegen der komplizierten Handhabung und der mühsamen Ablesung des Messwertes, der dann noch in Abhängigkeit vom Bereich interpretiert werden muss, ungeeignet.

