Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

MICHAEL STERN (HRSG.)

## Oberstudienrat Georg Schindler

# Uhren-Elektronik

**Ein Lernprogramm**
**für Uhrmacher und Zeitmeßtechniker**
von der elektromechanischen- bis zur vollelektronischen Uhr

© www.uhrenliteratur.de

**1972 Reprint**

Historische Uhrenbücher

BERLIN 2020

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de**

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Das Buch enthält ein Lernprogramm. Es wurde geschrieben für den Lernenden; für den jungen Uhrmacher, der auszubilden ist.

Daß man erst etwas lernen muß, um später im Beruf Erfolg zu haben, ist eine Binsenweisheit, die niemand in Frage stellt.

Daß man nicht nur einmal lernen muß, sondern nach dem Ausbildungsabschluß intensiv weiterlernen muß, um im Berufsleben das Erreichte zu behaupten und noch mehr lernen muß, um weiterzukommen, ist leider noch keine Binsenweisheit.

Dabei haben sich die Voraussetzungen grundlegend gewandelt. Früher blieben die einmal erworbenen Kenntnisse ein Leben lang gültig, sie summierten sich höchstens. Und es kamen vergleichsweise wenig neue Kenntnisse hinzu. Heute aber leben wir in einer Zeit der Wissensexplosion. Während sich das fachliche Wissen zwischen 1800 und 1900 nahezu verdoppelt hat, beträgt die gegenwärtige Verdopplungszeit höchstens 10 Jahre! Das gilt im besonderen Maße in dem Bereich der Uhren- und Zeitmeßtechnik.

Großuhren mit direktangetriebenen Schwingsystemen und elektronischer Energiesteuerung und -übertragung, Quarzarmbanduhren mit ihren relativ sehr kleinen Gangungenauigkeiten sind echte technische Verbesserungen. Die Zeit ist nicht mehr fern, daß ein weltweites System der Zeitübertragung die Uhr mit Zeitempfänger als Gebrauchsuhr entstehen läßt.

Die gegenwärtige Entwicklung der integrierten Schaltungen in der Mikroelektronik hat schon zu beachtenswerten Ergebnissen bei elektronischen Uhrenschaltungen der Groß- und Kleinuhr geführt. Schaltungen, die Hunderte von Transistoren umfassen, können heute auf Halbleiterkristall-Plättchen von einigen Millimetern Seitenbreite verwirklicht werden. Beim heutigen Stand der mikroelektronischen Technik scheint es nicht utopisch, anzunehmen, daß man das Problem der Miniaturisierung des Zeitempfängers in Armbanduhren lösen kann.

Das vorliegende Lernprogramm, zuerst in der Fachzeitschrift DIE UHR in Fortsetzungen erschienen, ist in erster Linie für die Berufsausbildung und -weiterbildung der Uhrmacher und Zeitmeßtechniker gedacht.

Das Lernprogramm entstand aus den Erfahrungen des Verfassers mit Lernprogrammen in einer Münchner technischen Schule, die hauptsächlich von Auszubildenden mit Hauptschulabschluß besucht wird. Demgemäß wurde der Lernstoff so einfach wie möglich aufbereitet, Vereinfachungen eingeführt und Wert auf viele Bildinformationen gelegt.

Das Buch mit dem Lernprogramm ist **kein** Lehrbuch im herkömmlichen Sinne, sondern ein **Arbeitsbuch,** das den Leser als „Mitarbeiter" zum Arbeiten anregen soll, wenn er Lust hat.

Das vorliegende Lernprogramm erwartet Ihre Entscheidung – die Entscheidung für eine fortschrittliche Ausbildung mit neuen Methoden.

**Sie als Leser sind angesprochen!**

Sie brauchen individuelles Lernen für die Zukunft, um die auf Sie zukommenden Aufgaben der Zukunft verstehen und lösen zu können.

Eine bessere Ausbildung bedingt aber vor allem die Vermittlung von mehr Wissen. Und dabei können Lernprogramme helfen! Für den Pädagogen in den Berufs- und Fachschulen sind sie ein wichtiges Hilfsmittel, das seinen Unterricht ergänzt, vertieft und ihn von Routinearbeiten entlastet. In diesem Sinne ist das vorliegende Buch auch ein Versuch, Lernprogramme in die Schulen zu bringen. Die Fachschulen werden so die Voraussetzungen für individuelles Lernen schaffen und jedem bei seinen eigenen Bemühungen helfend zur Seite stehen. Wenn wir die Zukunft bewältigen wollen, dann muß jedem Auszubildenden die Möglichkeit einmal gegeben werden, in eigener Verantwortung individuell die Quelle zu nutzen, die ihm die Orientierung in einer sich wechselnden Arbeitswelt der Zeitmeßtechnik und die Anpassung an ihre Anforderungen ermöglichen.

Möge das Lernprogramm seine Leser und Kritiker finden. Es wird später ergänzt werden, wenn Technik und Wissenschaft sich wandeln.

Mein Dank gebührt dem Verlag für die Herausgabe und Ausstattung des Buches, dem Hauptschriftleiter der Fachzeitschrift DIE UHR, Herrn Dr. Witthöft, für seine Anregungen und in besonderem Maße Christiane Lütgemeier, Bielefeld, die mit großem Fleiß und Interesse den Satz und das schwierige Layout dieses Lernprogramms gestaltete.

München, den 25. März 1972

Georg Schindler

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

# Inhalt


| | |
|---|---|
| Die Elektronik in Uhren (Einleitung) | 7 |
| Lernen in Lerneinheiten | 12 |
| Lerneinheiten 1-6 | 14 |
| Der erste „rundum"-Test | 21 |
| Lerneinheiten 7-8 | 24 |
| Der zweite „rundum"-Test | 28 |
| Lerneinheiten 9-12 | 31 |
| Erstmalig die „2 F" | 39 |
| Lerneinheiten 13-23 | 43 |
| Fachausdrücke und Fremdwörter | 66 |
| Lerneinheiten 24-29 | 70 |
| Fortschrittstest 4 | 84 |
| Lerneinheiten 30-33 | 89 |
| Fachausdrücke und Fremdwörter | 101 |
| Fortschrittstest 5 | 104 |
| Lerneinheiten 35-39 | 107 |
| Fachausdrücke und Fremdwörter | 124 |
| Lerneinheit 40 | 125 |
| Beantwortungen der Fragen und Ergänzungen zu den Lerneinheiten | 129 |


© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

# Die Elektronik in Uhren

## Einleitung

### 1. Was ist Elektronik?

Das negativ geladene Elektrizitätsteilchen wurde zum ersten Male im Jahre 1874 als „Elektron" bezeichnet. Das geschah während einer Sitzung der Royal Academie in Dublin von dem irischen Physiker Stoney. Wir wissen heute: Ein elektrischer Strom in einem Draht, der ein metallischer Leiter ist, beruht auf der Bewegung von Elektronen. Elektronen fließen auch in evakuierten Glasgefäßen (Hochvakuumröhren) und in Halbleiterkristallen (Transistoren). Elektronen sind auch die Bausteine aller Atome und hier sind besonders die „quasifreien" Elektronen diejenigen, die für eine Stromleitung in Betracht kommen. Wir sagen auch dazu **Elektronenleitung.** Der elektrische Strom in wässrigen Metallsalzlösungen, etwa in einem Vergoldungsbad, beruht dagegen auf der Bewegung positiv geladener Metall-(Gold-)Atome und negativ geladener Moleküle des Elektrolyten (Säurerest). Geladene Atome nennt man bekanntlich Ionen und es wird da von der **Ionenleitung** gesprochen.

Vom Elektron, der kleinsten Ladungseinheit der Elektrizität ist das Wort „Elektronik" abgeleitet worden. Heute ist das Wort Elektronik beinahe so etwas wie ein Schlagwort: man hört und liest es allenthalben! Die Elektronik, so lautet eine Erklärung, ist im Rahmen der Elektrotechnik **das** Teilgebiet, welches sich mit der Technik elektrischer Stromkreise und Schaltungen unter Verwendung von Röhren oder Transistoren befaßt, wobei elektrische Entladungen stattfinden.

Unter **theoretischer Elektronik** versteht man heute die Wissenschaft vom Verhalten freier Elektronen im Hochvakuum (z. B. in einer Verstärkerröhre), in verdünnten Gasen (Leuchtstofflampe), in Halbleitern (Transistoren), das sind nahezu isolierende Kristalle. Hier spricht man auch von der Kristallelektronik, vorher war die Röhrenelektronik angesprochen. Die **angewandte Elektronik** dagegen benutzt die speziellen Bauelemente für die verschiedenen praktischen Zwecke in elektrischen Uhren. Angefangen von den **aktiven** elektronischen Bauelementen wie Elektronen- und Ionenröhren sowie Halbleitern (Dioden, Transistoren), über die **passiven** Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren (Kapazitäten), Spulen (Induktivitäten) finden wir in unseren elektronischen Uhren Schalt- und Verbindungselemente besonderer Art und Bauweise!

Jedes Bauelement ist immer in einem bestimmten Zusammenhang mit einer typischen Grundschaltung, „Baustein" genannt, zu stellen. Bausteine aneinandergereiht ergeben „Baugruppen". Solche Baugruppen werden in Zeichnungen als Rechtecke (Blöcke) dargestellt und erleichtern in den Blockschaltbildern die Übersicht, wie wir es im Kapitel „Schalttechnik" sehen werden. Moderne elektronische Uhren und Geräte zeigen die typische Baugruppen-Bauweise, die dem Uhrmacher und Elektroniker die Wartung erleichtert und die Reparatur vereinfachen hilft. Man denke an die auswechselbaren elektronischen Baugruppen transistorgesteuerter Batterieuhren!

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

In Bild 1 ist eine Auswahl einiger in der Elektronik benutzter Schaltzeichen zusammengestellt. Zum Lesen elektronischer Schaltpläne, die vielfach in Prospekten, Fachzeitungen und Büchern enthalten sind, ist noch zu bemerken:

In der Elektronik werden in der Regel Schaltpläne von links nach rechts in dem Sinn aufgebaut, daß man links den Signaleingang der Schaltung und rechts den Signalausgang einträgt, wobei die Stromversorgung (Speisung) unten oder rechts anzudeuten ist. Unter „Signal" wird der Energieimpuls verstanden, beispielsweise Schwingungen, Stromimpulse oder ein einzelner Stromstoß.

Grundsätzlich ist die Uhrenelektronik gar nicht so kompliziert, wie es auf den ersten Blick erscheint. Wenn nun elektronische Uhren und Hilfsgeräte (Zeitwaage, Ultraschallgerät) in die Uhrmacherwerkstatt gelangen, so müssen wir die Arbeitsweise und den Aufbau kennen, um bei einer Störung sich zurechtzufinden. Das bedingt, daß wir die Grundgesetze der Elektronik auf sie anwenden und die entsprechenden Messungen und Prüfungen ausführen können!

## 2. Die elektronischen Uhren

Hier sei zunächst nur an die Uhren für den bürgerlichen Gebrauch gedacht. Der Unterschied zwischen elektrischen und elektronischen Uhren besteht darin, daß erstere an irgendeiner Stelle einen mechanischen Kontakt aufweisen, während bei den letzteren dieser Kontakt durch ein elektronisches Bauelement, nämlich einen Transistor, der als Schalter arbeitet, ersetzt ist. Das ist bei fast allen Batterieuhren der Fall. In der Funktionsweise unterscheiden sich elektrische und elektronische Uhren nicht. Sie besitzen alle ein mechanisches Schwingsystem, bestehend aus einer trägen Masse (Pendel, Unruh, Schwinggabel, Schwingquarz) und rücktreibenden Kraft (Schwerkraft, elastische Kraft).

Streng genommen sind nur die Quarzuhren rein elektronische Uhren, denn sie weisen Schwingsysteme, also Schwingkreise, Kippkreise, rein elektrischer Art auf. Quarzuhren sind heute in den meisten Zeitwaagen als „Zeitnormale" vorhanden, d. h. sie wirken als Normaluhr.

Quarzuhren dienen heute auch als Hauptuhren, die Nebenuhren steuern. Bei ihnen ist eine Untersetzung erforderlich, die auf elektrischem Wege die hohe Schwingzahl des Schwingquarzes (etwa 50 000 bis 100 000 Schwingungen in der Sekunde, entsprechend 50 Kilohertz bzw. 100 Kilohertz) ohne Verlust an Genauigkeit so herabmindert, daß ein Minuten- oder Sekundenimpuls entsteht, der die Nebenuhr weiterspringen läßt. Besondere Schwingsysteme wie „Hohlraumresonatoren" finden in den „Atomuhren" ihre Anwendung. Diese genauesten Uhren finden jedoch nur für wissenschaftliche Zwecke ihre Anwendung und auch Quarzuhren wird der Uhrmacher nicht reparieren. Daher genügt es, diese in ihrem Aufbau nach Blockschaltbildern zu kennen und auf weitere Schaltungskenntnis kann meist verzichtet werden.

## 3. Ein Blick auf die Röhren

Wenn der Laie von der Elektronenröhre spricht, dann denkt er zunächst an die Radioröhre und dabei schwebt ihm in der Regel so etwas wie eine Glühbirne vor. Beide enthalten einen glühenden Draht — hier die Katode, dort den lichtspendenden Glühfaden — eingeschlossen in einen luftleer gemachten oder in einen mit Gas gefüllten Glaskolben.

Der grundsätzliche Aufbau einer Elektronenröhre mit Stromleitung durch freie Elektronen ist verhältnismäßig einfach. Die Hauptteile sind:

- Eine meist indirekt geheizte Katode als Elektronenquelle,
- eine oder mehrere Steuerelektroden, sogenannte Gitter,
- ein Elektronenauffänger, die Anode.

Mittels der Gitter wird der Elektronenstrom durch die Röhre beeinflußt. Die Röhre selbst kann viele unterschiedliche Aufgaben versehen. Erst die Schaltung weist ihr den speziellen Auftrag zu.

Der Eingangs-(Strom-)kreis einer Röhre hängt im allgemeinen mit dem Gitter, der Ausgangskreis mit der Anode zusammen. Daß die Röhre „verstärken" kann, hat ihr zunächst die meisten Anwendungsgebiete erschlossen. Es gibt kaum ein röhrenbestücktes Gerät, in dem nicht mehrere Röhrenstufen als Verstärker tätig sind. So enthält auch die Zeitwaage solche Verstärkerstufen. Sie machen es überhaupt erst möglich, die von einem Mikrophon ausgehenden schwachen Stromimpulse, hervorgerufen durch die Uhrschläge, auszuwerten und anzeigend wiederzugeben.

Die früher in Uhren und Zeitwaagen am meisten verwendeten Röhren sind in der 9- oder 7-Stifttechnik ausgeführt. Solche Röhren haben Kolbenhöhen zwischen 38 und 70 mm und die Durchmesser betragen für die 7-Stiftröhren 19 und für die 9-Stiftausführung 22 mm. Rundfunk- und Spezialverstärkerröhren erhalten immer eine aufgedruckte Bezeichnung mit zwei oder mehr Buchstaben und Zahlen.

So bedeutet beispielsweise der Aufdruck EL 84:

E = 6,3 Volt Heizspannung, indirekte Heizung. Die Röhrenkatode besitzt in ihrem Innern eine Heizwendel

L = Pentode (Fünfpolröhre aus Anode, Katode und 3 Gitter) zur Leistungsverstärkung

84 = Miniaturröhre, 9-Stiftfuß (Novalsockel) genormt.

© www.uhrenliteratur.de

**Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch, welches Sie hier erwerben können: www.uhrenliteratur.de**

*Schaltzeichen nach DIN 40700/40712*

| alt | neu | alt | neu | Benennung | |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  | | | Primärelement, Sammler (Zelle), Batterie, (langer Strich „+"), U und Polarität kann angegeben werden | |
|  |  | | | Photoelement | |
|  | | | | Widerstand, allgemein | erhältnis |
|  |  | | | Widerstand, Veränderbarkeit stetig | |
|  |  | | | Widerstand, temperaturabhängig, lineare Widerstandsänderung, gleichsinnig mit der Temperatur (Kaltleiter) | |
|  |  | | | Widerstand, temperaturabhängig, nichtlineare Widerstandsänderung, entgegengesetzt der Temperatur (Heißleiter) | |
|  |  | | | Widerstand, spannungsabhängig, nichtlineare Widerstandsänderung, entgegengesetzt der Spannung (Varistor) | |
|  |  | | | Kondensator, nicht gepolt z.B. P- oder MP-Kondensator | Plattenabst. 1/5-1/3 d. Länge |
|  |  | | | Kondensator, gepolt z.B. Elektrolytkondensator | |
|  |  | | | Elektrolytkondenstor, nicht gepolt | |
|  | | | | Wicklung, Induktivität allgemein | |
|  | | | | Wicklung, Induktivität mit Kern aus magnetischem Werkstoff | |
|  |  | | | Halbleiter-Diode | |
|  |  | | | Z-Diode (Zener-Diode) | |
|  |  | | | Photowiderstand, Photodiode stromrichtungsabhänig | |
|  |  | | | Transistor pnp-Typ | |
|  |  | | | Transistor npn-Typ | |

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Eine besondere Röhre ist die **Katodenstrahlröhre** (Braun'sches Rohr). Sie ähnelt der Bildröhre eines Fernsehempfängers und besitzt wie diese einen Leuchtschirm, der bei Anregung durch einen Elektronenstrahl aufleuchtet. Ein nadelfeiner Strahl wird durch ein besonderes Elektrodensystem erzeugt und waagerecht und senkrecht über den Bildschirm geführt. Wie bei einer Verstärkerröhre Katode/Steuergitter die Steuerung des Strahlstromes (Anodenstromes) erfolgt, so wird auch bei der Katodenstrahlröhre im Raum Katode/Wehneltzylinder der Strahlstrom variiert. Er zeichnet dann auf dem Bildschirm nachleuchtend schnell verlaufende Vorgänge, z. B. Hemmungsfunktionen (Schlagbilder) der Armbanduhr oder Kontaktvorgänge, Amplituden, usw., auf. Durch solche Projizierung auf den Bildschirm eines Katodenstrahlrohrs kann auch in der Uhrmacherwerkstatt eine Fehleranalyse erfolgen.

## 4. Transistoren als Schalter und Verstärker

Transistoren sind aus Halbleiterwerkstoffen (meist Germanium, seltener Silizium) aufgebaut. Mit ihnen kann man elektronische Stromkreise schalten und auch Verstärkungen ausführen. In seiner schaltungsmäßigen Funktion entspricht er weitgehend der Katode, dem Gitter und der Anode einer Elektrodenröhre (Triode = Dreipolröhre). Transistoren enthalten keine sich im freien Feld bewegende Elektronen wie Röhren. Im Transistor wandern die Elektronen im Prinzip ebenso wie in Leiterwerkstoffen, also wie in einem Kupferdraht. Dabei unterscheidet sich die Leitung im Halbleiterkristall in charakteristischer Weise von der im Kupferdraht. Der Aufbau eines Transistors zeigt drei Zonen unterschiedlicher Leitfähigkeit. Die drei Zonen werden mit elektrischen Anschlüssen versehen und führen die Bezeichnung „Basis" (b), „Emitter" (e) und „Collector" (c). Die Vorteile des Transistors gegenüber der Röhre sind: Fortfall einer Heizung, kleinere Abmessungen, erschütterungsfest, lange Lebensdauer und kleine Betriebsspannungen! Nachteilig ist seine Temperaturabhängigkeit; bei höheren Temperaturen arbeitet er fehlerhaft infolge auftretender Kriechströme. Man kann im allgemeinen heute einen Transistorverstärker und einen Röhrenverstärker mit gleichen Eigenschaften bauen. Zeitwaagen werden mit Transistoren bestückt, man spricht dann von „transistorisierten" Geräten. Durch die Anwendung der Transistoren sind solche Zeitwaagen sofort einsatzbereit, da die Röhrenheizung fortgefallen ist.

Der Ersatz von Kontakten in Batterieuhren durch einen in seiner Leitfähigkeit gesteuerten Transistor vermeidet die mechanischen und elektrischen Abnützungen. Hierbei ersetzt die Emitter-Kollektor-Strecke den mechanisch gesteuerten Kontakt und auch der lästige Kontaktfunke wird vermieden!

Wie ist die Wirkung eines derartigen elektronischen Schalters, wie ihn der Transistor darstellt? Die Emitter-Collector-Strecke wird stromleitend, wenn im zeitlich günstigsten Augenblick ein Steuerstromimpuls in der Emitter-Basis-Strecke auftritt. Je nach Transistortype wird somit der Steuerstromimpuls 30- bis 50fach verstärkt. Transistoren wirken quasi als „Kontaktverstärker" in unseren Batterieuhren.

Der Transistor ist als „elektronischer Schalter" in den Stromkreis der Uhr mit einbezogen. Der Emitter e ist mit + und der Collector c mit − verbunden. Von + nach − fließt solange kein Strom, bis die Strecke zwischen b und e stromdurchflossen ist. Fließt ein „Steuerstrom" zwischen b und e, dann wird auch die Strecke e−c leitend, es kann ein „Arbeitsstrom" fließen, der den Uhrantrieb über ein Pendel oder eine Unruh bewirkt. Man spricht bei diesen Antrieben auch vom „Pendelmotor" bzw. „Unruhmotor" (elektromechanischer Wandler). Es genügt beim Transistor also, den durch e und b fließenden Strom ein- oder auszuschalten, um einen Arbeitsstrom von e nach c fließen zu lassen.

## 5. Lichtgesteuerte Bauelemente

Mit Halbleiterkristallen kann man auch lichtelektrische Effekte erzielen und damit Photozellen (Solarzellen, Lichtzellen) herstellen. Wirkt beispielsweise Licht auf einen Transistor, dann kann man mit einem empfindlichen Meßgerät einen Strom feststellen. Daher sind die Gehäuse der Transistoren abgeschlossen bzw. schwarz lackiert, um sie abzudunkeln. Photoelektrische Zellen bestehen ebenfalls aus einem Halbleiterkristall mit zwei aneinander grenzenden Schichten unterschiedlicher Leitfähigkeit. Jede der beiden Schichten hat einen Stromanschluß. Trifft ein Lichtstrahl den Halbleiterkörper an der Trennfläche der beiden Schichten, dann entsteht zwischen den beiden Stromanschlüssen eine Spannung, man kann der Photozelle Strom entnehmen. Wir sehen, photoelektrische Halbleiter wandeln Licht in elektrischen Strom um und können somit Stromsammler (Akkumulatoren) zum Antrieb von Uhren speisen.

## 6. Dioden

Dioden (Richtleiter) dienen zur Gleichrichtung kleiner elektrischer Ströme und erfüllen somit Aufgaben, die in ungezählten Schaltungen der Elektronik vorliegen. Bekannt ist die Anwendung einer Diode mit Widerstand als Funkenlöschglied eines mechanischen Kontakts bei elektrischen Armbanduhren. Der wirksame Teil, das System des Richtleiters, besteht aus einem Halbleiterkristall mit aufgesetzter Metallspitze (Punktkontakt) bzw. aus einem Kristall mit zwei aneinandergrenzenden Zonen, (− der Transistor hat drei Zonen! − unterschiedlicher Leitfähigkeit). In beiden Fällen entsteht eine Sperrschicht, der Strom fließt nur in eine Richtung, die andere Richtung ist gesperrt. Dioden werden wie Transistoren aus den Halbleitern Germanium oder Silizium − beides Leichtmetalle − gefertigt.

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

## 7. Die gasgefüllten Röhren

Bekannt ist die Glimmlampe, die wir von den Schraubenziehern kennen, die einen Spannungsprüfer aufweisen. Diese sind auch für den Uhrmacher praktisch, denn damit kann man gefahrlos spannungsführende Leitungen im Starkstromnetz ermitteln. Auch bei Prüfung einer Stromversorgung mit Netzanschluß tun solche Spannungsprüfer gute Dienste!

Es gibt in der Elektronik noch gasgefüllte Röhren, auch Gasentladungsröhren genannt, die neben der Elektronenleitung auch eine Ionenleitung aufweisen. Diese Gasentladungsröhren lassen eine Steuerung im Sinne der Elektronenröhren und Transistoren nicht zu. Man kann sie nur zünden, teilweise über eine Steuerelektrode, an die eine bestimmte Zündspannung (ab 80 Volt) gelegt werden muß. Zum Ausschalten muß mehr geschehen als das Wiederherstellen der ursprünglichen Spannung der Steuerelektrode. Solche Röhren, Stromtore (Thyratron) genannt, ferner die Kaltkatodenröhren (Relaisröhren, Glimmröhren) arbeiten zwar mit Elektronen aber auch mit Ionen, die aus der Gasfüllung stammen. Thyratrons sind beispielsweise bei Zeitwaagen u. a. zur Betätigung der Aufzeichnungsmagneten im Registrierteil noch verwendet.

## Zusammenfassung

Die angewandte Elektronik des Uhrmachers findet man in elektronischen Uhren mit Transistoren als Schalter, in rein elektronischen Uhren wie Quarzuhren und Zeitwaagen und in speziellen Uhrenkontrollgeräten wie im Ampliscop u. a. m. Alle diese Ausführungen der angewandten Elektronik enthalten eines oder mehrere der typischen elektronischen Bauelemente:

**a) Hochvakuumröhren**

mit Stromleitung durch Elektronen für die Verstärkung kleinster elektrischer Energien und zur Anzeige mechanischer Vorgänge in Uhren (Hemmungsfunktionen, Standvergleich usw.)

**b) Transistoren, Dioden und photoelektrische Halbleiter**

Die Stromleitung erfolgt durch freie Elektronen und „Defektelektronen" (Löcherleitung) in Halbleiterkristallen, die durch Fremdmetalle bzw. Fremdstoffe „geimpft" wurden. Sie übernehmen Kontaktaufgaben, dienen zur Verstärkung und zur Spannungserzeugung durch Lichteinfall.

**c) Gasentladungsröhren**

(Thyratrons, Kaltkatodenröhren) mit Stromleitung durch Elektronen und Ionen. Sie sind steuerbare Ventile für größere Leistungen und finden Anwendung in Zeitwaagen

Wie eingangs bereits gesagt, ist die Elektronik ein Zweig des großen Gebietes der Elektrotechnik und demzufolge haben auch die Grundgesetze der Elektrotechnik für die Elektronik Gültigkeit.

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

# Elektronik-Programm:

# Lernen in Lerneinheiten

Das folgende Lernprogramm wendet sich an den lernenden Uhrmacher. Die elektronischen Grundkenntnisse sollen damit in leicht verständlicher und anschaulicher Form vermittelt werden. Es ist das Wesen des programmierten Unterrichts, einen Lehrstoff in kleine Einheiten zu zerlegen und dem Lernenden anzubieten, um so, schrittweise und logisch von Stufe zu Stufe fortschreitend, auf zwingende Weise das Lernziel zu erreichen.

Der programmierte Unterricht fußt auf der Stärke der Motivation, d. h., es wird der in der lernenden Person liegende, vom beruflichen Streben bestimmte Lerndrang angesprochen. Ferner wird auf der Belohnung der Leistung durch das sofortige Vorzeigen der Antwort und deren Vergleich aufgebaut. Schließlich ist dem Lernenden die Möglichkeit gegeben, sein Arbeitstempo selbst zu bestimmen entsprechend seiner Aufnahmefähigkeit.

**Das Ziel** ist die Vermittlung elektronischer Grundlagen zum Verständnis der Vorgänge in elektronischen Groß- und Kleinuhren. Dazu gehört viel – und mehr, als mancher vorerst ahnt!

**Das Hauptziel** jedoch ist: **„Lernen" lernen! – Denken üben. Anwenden können!** Es soll dabei auch nicht zu kurz kommen das folgerichtige, technisch physikalische Denken, das zu schulen ist. Für den sonst nur handwerklich tätigen Uhrmacher wird das Durcharbeiten des Programms von unmittelbarem Nutzen sein. Das Lernprogramm soll zudem das für den Praktiker so wichtige Gefühl für die vorkommenden Größenordnungen der Bauelemente in elektronischen Uhren wecken. Es entsteht dann das „elektronische Augenmaß", das oft nützlich werden kann.

Das „lineare" System der Programmierung, das hier angewendet wird, benötigt keine Lernmaschine; an Schulen, z. B. Gewerbeschulen in München, finden bereits Lernmaschinen bei Programmen des „verzweigten" Systems ihre Anwendung. Individuelles Lernprogramm und schulisches Lernprogramm ergänzen dann einander.

## Wie ist das lineare Lernprogramm aufgebaut?

Der Lernstoff „Uhrenelektronik" ist aus kleinen Lerneinheiten (LE) aufgebaut – vom Leichten zum

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Schweren! Jeder Lernende arbeitet selbständig diese LE durch. Er nimmt dabei am programmierten Unterricht teil. Die Lernteile einer LE vermitteln Wissen. Sie geben Informationen — Bild- und Textinformationen — und führen Schritt für Schritt zum Ziel. Der Informations- und Wertumfang jeder LE ist aus Gründen des Verständnisses der Aufnahmefähigkeit eines Lehrlings im 3. Jahr angepaßt. Bei der Stoffauswahl wird auf die Vermittlung wichtiger physikalischer und technischer Gedankengänge von allgemeiner und zeitlich unbeschränkter Gültigkeit mehr Wert gelegt werden müssen als auf die Aktualität um jeden Preis.

## Lernprogrammäßige Voraussetzungen

Vor dem Gebrauch des Lernprogramms müssen folgende Themen in etwa bekannt sein:

Grundbegriffe des elektrischen Stromkreises in Batterieuhren allgemein (Strom, Spannung, Widerstand, Reihenschaltung, Parallelschaltung)

Elektromagnetismus (Induktion, Selbstinduktion) Wechselstrom — Darstellung des Wechselstroms als Sinuslinie, Frequenz, Periode, Zeit in ms oder in Graden ausgedrückt

Bauelemente: Spulen, Kondensatoren, Widerstände, Elektromagnete. Aufbau dieser Bauelemente und Verhalten an Gleichspannung, ferner Begriffe wie Induktivität (Henry) und Kapazität (Farad).

## Anleitung zum programmierten Lernen

1. Lesen Sie die numerierten Lerneinheiten (LE) genau durch, damit Sie sehen, welche Informationen geboten werden.

2. Legen Sie sich ein Heft bereit, dazu Schreib- und Zeichenzeug, Farbstifte mit den Farben Rot (+ positive Leitung), Blau (— negative Leitung), Grün, Gelb und Violett, zur Beantwortung von Fragen usw.

3. Beantworten Sie sich selbst — ohne Selbstbetrug! — alle Fragen, lösen Sie die gestellten Probleme und ergänzen Sie die Wortlücken. Die Antworten werden aufgeschrieben, um zu kontrollieren, ob Ihnen die Information vertraut ist, und gehen Sie erst dann zur nächsten LE über, wenn Sie sich überzeugt haben, daß die Antworten stimmen bzw. die Lösung des Problems richtig war! Sie können Ihre Antwort mit den am Schluß jeden Beitrages angegebenen Lösungen vergleichen. Ist die eigene Antwort falsch, lesen Sie die LE noch einmal durch und verbessern Sie. Stellen Sie auch fest, warum Sie einen Fehler gemacht haben, damit Sie sich nicht die fehlerhafte Antwort einprägen!

4. Nach einigen LE, die Sie durchgearbeitet haben, prüfen Sie sich selbst durch einen **Test.**

5. Schließlich nach mehreren Tests erarbeiten Sie selbständig eine **Übersicht.**

6. Um Ihnen Denkhilfen zu geben, sind verschiedene Wörter stärker gedruckt. Diese werden im Text noch einmal erfragt.

**Zum Schluß noch eine Anmerkung!**

Vielleicht werden Sie beim Studium der programmierten Unterweisung über Uhrenelektronik den Eindruck bekommen, daß Sie es mit einem besonders unanschaulichen Lernstoff zu tun haben. Bedenken Sie bitte, daß Anschaulichkeit zu einem großen Teil eine Frage der Gewöhnung ist. Die Batteriezelle ist seit Jahrzehnten in der Uhr angewendet worden und ist deshalb „anschaulich". Der Transistor, erst seit einigen Jahren in Batterieuhren wirkend, erscheint vielen „unanschaulich". Trotzdem ist das Hin- und Herwandern geladener Teilchen in beiden elektrischen Anwendungen von den gleichen physikalischen Gesetzen bestimmt!

Diese programmierte Uhrenelektronik muß gewissenhaft und ohne Selbstbetrug durchgearbeitet werden.

Und nun viel Erfolg zur Arbeit mit dem Lernprogramm „Elektronik für den Uhrmacher!"

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

# Lerneinheit 6

Durch Einwirkung von Wärme (Zimmertemperatur genügt) oder Licht geraten die Atome mit ihren Elektronen im Atomgitter des Halbleiters in Schwingungen. Die Bindungselektronen, auch Valenzelektronen genannt, in der äußeren Atomschale können sich frei machen.

Ein „befreites" Elektron entfernt sich und hinterläßt ein Loch, in welches wieder ein anderes „befreites" Elektron einfällt usw. Man nennt diesen Vorgang **Rekombination.** Wird an so einen warmen Halbleiter eine Spannung angelegt, so kann ein Strom fließen. Es ist eine Leitfähigkeit vorhanden, wie wir sie bereits aus der (LE) 1 kennen. Das Glühlämpchen leuchtete auf, nachdem der Draht aus Silizium erwärmt wurde. Der fließende Strom im Halbleiter wird aus sich bewegenden Elektronen und Löchern gebildet, wobei

die negativen Elektronen (–) zum Pluspol wandern,

die positiven Löcher (+) zum Minuspol sich bewegen.

Eine derartige Leitung durch Wärme oder Lichthinzutritt wird bei Halbleitern **Eigenleitung** genannt. Versuche mit Transistoren zeigen, daß die Eigenleitung (Leitfähigkeit) mit steigender Temperatur zunimmt.

(A) 21: Welche zwei „Elektrizitätsteilchen" tragen zum elektrischen Strom im Halbleiter bei?

(A) 22: Um welche Art von Leitung handelt es sich bei der gleichzeitigen Bewegung dieser „Elektrizitätsteilchen" infolge Wärme oder Lichthinzutritt?

(A) 23: Wie verhält sich die Anzahl der Löcher und Anzahl der Elektronen bei der Eigenleitung im Halbleiterkristall?

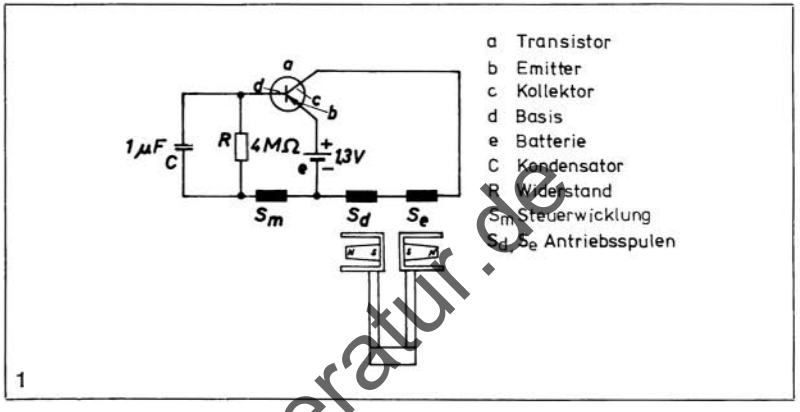
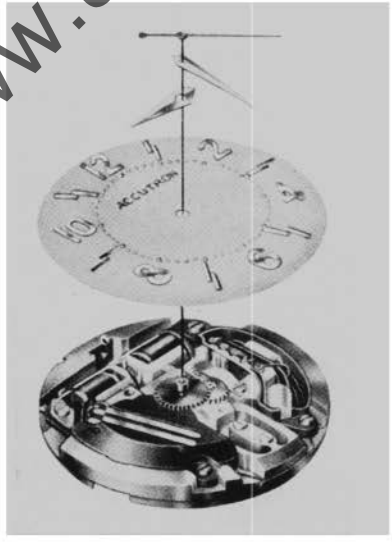



Abb. 1
Der elektronische Stromkreis der Accutron-Armbanduhr.

Abb. 2
Die komplette Elektronikeinheit im Werk der Accutron-Uhr.

2



a) Doppelt so viele Löcher wie Elektronen?
b) Halb so viele Löcher wie Elektronen?
c) Ebensoviele Elektronen wie Löcher?

(A) 24: Was ist richtig?

Der elektrische Strom fließt von + nach – beim Anlegen einer Spannung an den Halbleiterkristall?

Die Elektronen wandern von – nach +?

(A) 25: Betrachten Sie genau den elektronischen Stromkreis der Accutron-Armbanduhr (Bild 1)! Welche Halbleiter-Bauelemente finden sich da? Welche anderen Bauelemente der Elektrotechnik sind vorhanden (Bild 2)?

Zeichnen Sie die vorhandenen Bauelemente der Elektronik und der Elektrotechnik einzeln in Ihr Übungsheft und schreiben Sie, ohne die Schaltung anzusehen, die richtigen Bezeichnungen daneben!

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

# Der erste „rundum"-Test

Eine Vorbemerkung zunächst: Haben Sie Ihr Übungsheft vor sich? Schreib- und Zeichenzeug? Einen Zirkel? Dazu ein DIN-A4-Blatt und einen Filzstift? Und haben Sie Mut zu einem Test? — Gut, dann kann es losgehen!

Sie haben die ersten 6 LE (Lerneinheiten) mit ihren Bild- und Textinformationen nicht nur gelesen, sondern auch durchgearbeitet. Der nächste Schritt soll der Kontrolltest — rund um die Uhrenelektronik, also „rundum"-Test versteht sich! — sein. Er enthält 12 Fragen oder Aufgaben mit 3 Auswahlantworten, von denen eine richtig, zwei oder alle falsch sein können. In anderen Tests sind auch rechnerische Lösungen gefragt, die in ein großes Feld einzutragen sind.

Sie wollen alle Fragen bzw. Probleme reiflich überlegen und sich für die Antwort entscheiden. Dann markieren Sie die entsprechenden Felder mit dem Filzstift, wie es in der Abbildung gezeigt wird.

Zuerst zeichnen Sie sich den Testkreis auf das DIN-A4-Blatt oder auch in Ihr Übungsheft, zweckmäßig mit dem Radius 60 mm — vielleicht sogar mit Tusche. Sie üben damit auch etwas Zeichnen, was immer nützlich ist. Dann beantworten Sie die 12 Fragen mit den 36 Auswahlantworten, indem Sie das entsprechende Feld mit dem Filzstift schraffieren (Abb. 1).

Denken Sie dabei an die Möglichkeit, daß unter Umständen 2 bzw. 3 Antworten richtig sind oder auch gar keine! Dann bleiben die Felder A), B) und C) leer!

Die 12 Testfragen

Frage (F) 1:

Ist die elektrische Spannung der Uhrenbatterie

a) etwas „Fließendes"?
b) oder eine dauernd treibende Kraft?
c) ein einmaliger Zustand?

(F) 2:

Unter einem elektrischen Widerstand versteht man

a) eine fließende Masse?
b) eine treibende Ursache?
c) eine wirksame Behinderung der im Leiter sich bewegenden Elektronen?

(F) 3:

Ein reines Halbleitermaterial, beispielsweise Germanium, ist

a) bereits ein Nichtleiter?
b) noch ein Leiterwerkstoff?
c) oder ein Elektrolyt?

(F) 4:

Werden Halbleiterdioden in elektrischen Uhren verwendet

a) als Funkenlöschglieder?
b) als elektronische Schalter?
c) als Spannungserzeuger?

(F) 5:

Bei der „Störstellenleitung" in Halbleitern wird der elektrische Strom gebildet

a) durch Atome, die sich im Kristall bewegen?
b) durch positive und negative Ladungsträger?
c) durch Elektronen?

(F) 6:

Transistoren vom Leitungstyp p-n-p bilden 3 Leitfähigkeitszonen

a) infolge Dotierung mit Fremdatomen?
b) unter Einfluß von Wärme oder Licht?
c) trotz Anlegen einer elektrischen Spannung?

(F) 7:

Jetzt etwas ganz Leichtes!
Ein elektrischer Strom im Halbleiter ist stets

a) die Folge einer elektrischen Spannung?
b) die Ursache einer elektrischen Spannung?
c) Auswirkung der einlegierten Fremdstoffe, der „Donatoren"?

(F) 8:

Messingschrauben (Ms 58) in elektrischen Uhren leiten den elektrischen Strom von + nach —

a) im oxydierten Zustand?
b) im verölten Zustand?
c) blank und fest angezogen?

(F) 9:

Ursache des Stehenbleibens einer elektronischen Uhr ist

a) eine Oxydation der Batteriepole?
b) eine zu große Federspannung der Batteriehalterung?
c) eine verbrauchte Monozelle (Batterie)?

(F) 10:

Die Leiterelektronen, die im Leiter (Elektrolytkupfer) unter Einwirkung einer elektrischen Spannung einen elektrischen Strom bilden können,

a) sind von Natur im Stromleiter vorhanden?
b) müssen durch Fremdatome erst hineingebracht werden (Dotierung)?
c) machen sich unter Spannung vom Atomverband frei?

(F) 11:

Die Richtung des elektrischen Stroms in einem Halbleiter ist

© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

a) von der räumlichen Lage des Halbleiters abhängig?
b) von der Wirkrichtung der elektrischen Spannung bestimmt?
c) Ich weiß nicht, wovon sie abhängt!

(F) 12:

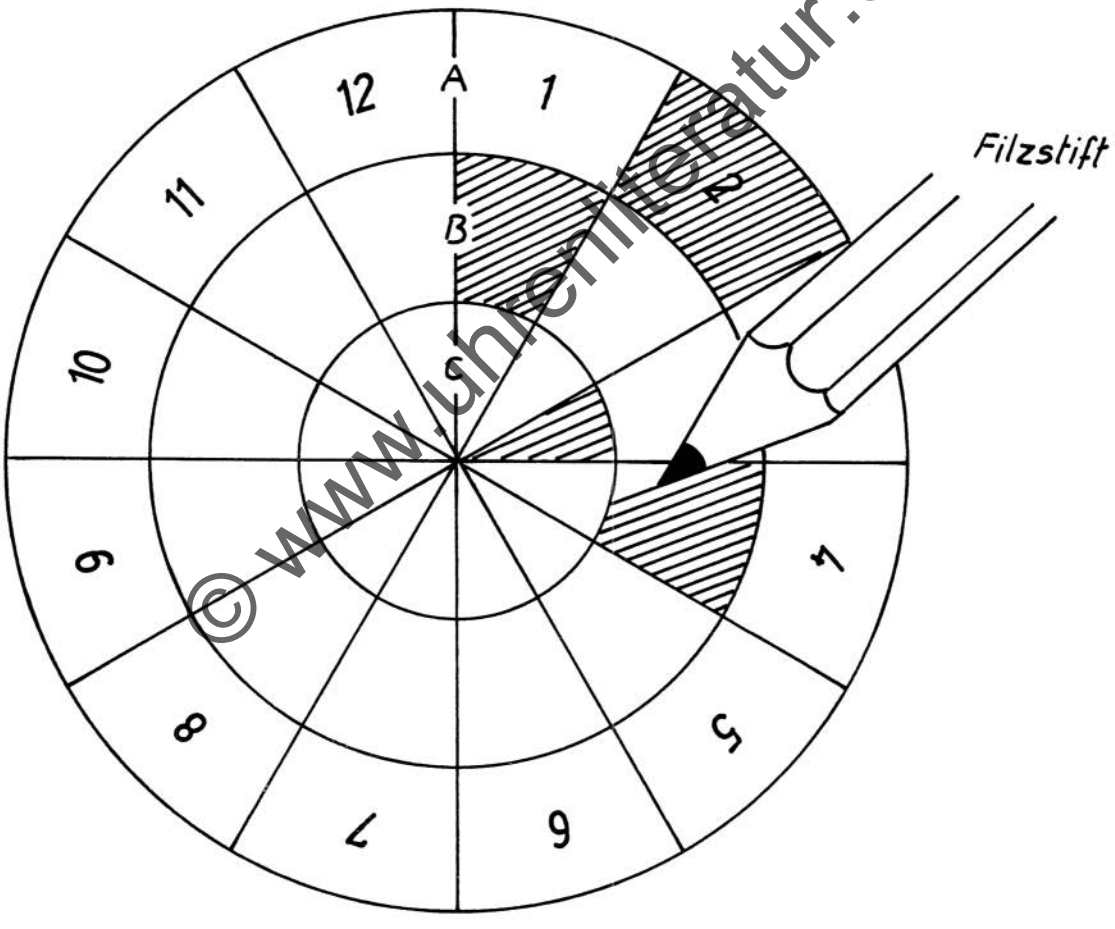
Was ist bestimmt falsch erklärt?

a) Die Diode hat 3 Leitfähigkeitszonen!
b) Die Diode hat 2 Leitfähigkeitszonen!
c) Die Diode hat überhaupt keine Leitfähigkeitszone!

Mit diesem ersten „rundum"-Test haben Sie die erste Erfolgskontrolle hinter sich gebracht. Sie haben vorher aufmerksam die Text- und Bildinformationen verfolgt und darüber nachgedacht – modern ausgedrückt „reflektiert"! Sie werden sich vielleicht gefragt haben, warum so ein Testkreis? Man könnte es doch einfacher mit einem Rechteck machen!

Die Gestaltung des Testkreises (Abb. 2) erfolgte nach erprobten lernpsychologischen Methoden einer durchgeführten programmierten Unterweisung. Es wurde die Lerntheorie der Gestaltpsychologie berücksichtigt. Sie selbst sollen sich den Testkreis jeweils zeichnen – der Fortschrittstest ist kein Kreuzworträtsel! Dabei lernen Sie auch etwas Geometrie – hierbei spielend. Kreis, Einteilung des Kreises in 12 Teile, gelegentlich auch in 10 oder 14 Teile usw. Damit sind Sie angeregt, selbst etwas zu tun und nicht nur zu lesen und flüchtig darüber hin zu schauen. Beim Vergleich

1




© www.uhrenliteratur.de

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

mit den Lösungen späterer „rund-um"-Teste drehen Sie das Testblatt, das erhöht Ihre Aufmerksamkeit.

Die Testanworten geben Ihnen eine Bewertung, ob Sie bisher gewissenhaft und aufmerksam gearbeitet haben. Für Ihre eigene Bewertung sei hierbei die Bewertungsskala mit den Schulnoten 1 bis 6 angegeben:

| Treffer | Leistungsziffer (Schulnote) |
|---|---|
| Alle 12 richtig | 1 |
| 11 bis 10 richtig | 2 |
| 9 bis 8 richtig | 3 |
| 7 bis 6 richtig | 4 |
| 5 und darunter richtig | |

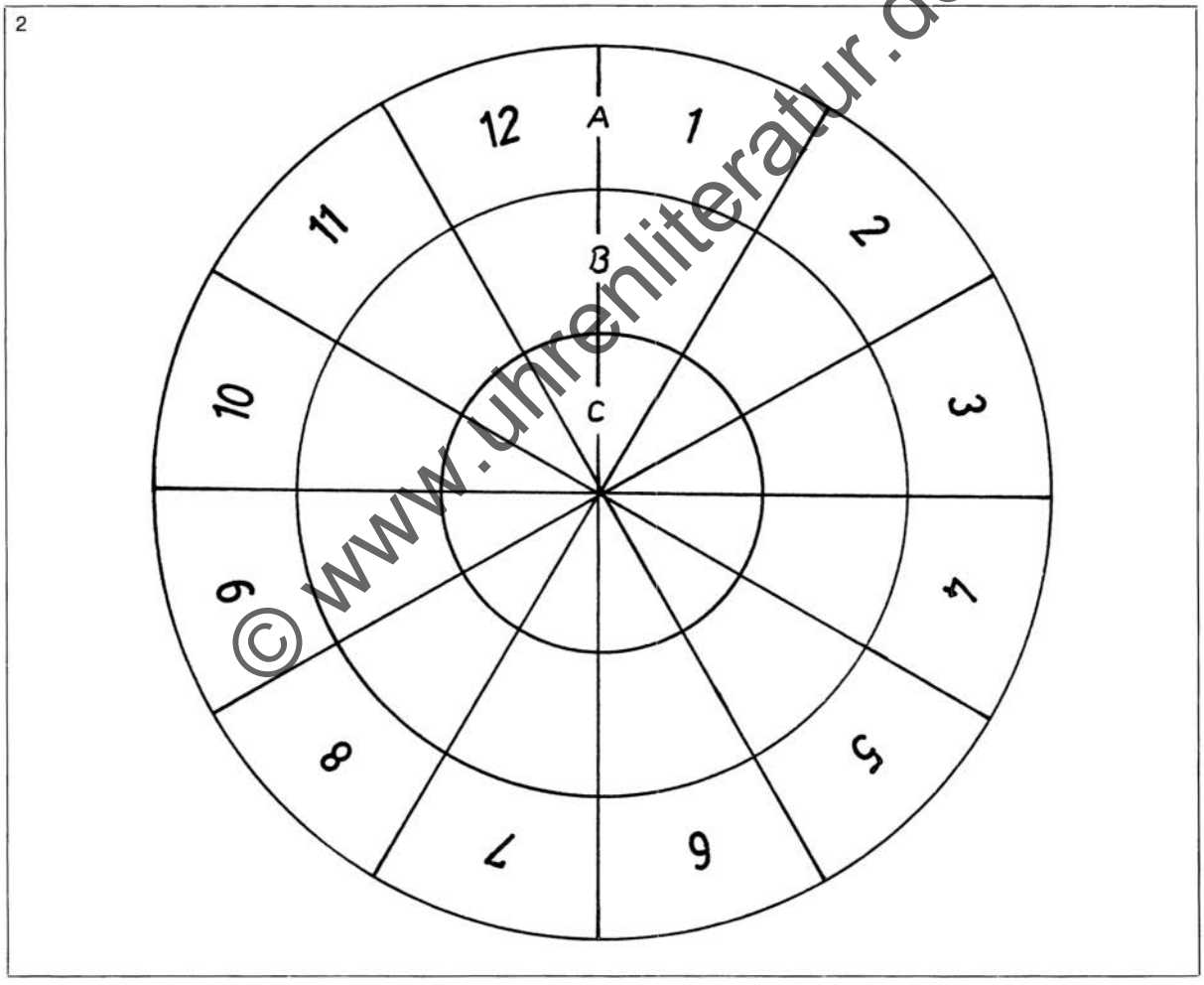
In dem Falle müssen Sie noch einmal von vorn anfangen. Nehmen Sie sich dazu die Zeit, und vielleicht kennen oder finden Sie jemanden, der Ihnen über die Anfangsschwierigkeiten hinweghilft! Verlieren Sie nicht den Mut!

Studieren Sie aber in jedem Fall noch einmal die LE 1–6 und dazu die Anfangskapitel eines Elektro-uhren-Buches.

Grundbegriffe des elektrischen Stromkreises Spannung, Strom, Widerstand, Ohmsches Gesetz!

Lassen Sie sich dazu Zeit, aber tun Sie es täglich. Rund um die Elektronik der Uhr finden Sie viele interessante, ja spannende Probleme, die Sie mit Ihrem Wissen lösen können. Sie haben dann mehr Spaß an Ihrem Beruf!

2




© www.uhrenliteratur.de