

DIE BULOVA ACCUTRON

Die Bulova Watch Company, New York und Biel, die seit einigen Jahren durch ihre aufsehenerregende Neukonstruktion, die BULOVA ACCUTRON, von sich reden macht, beabsichtigt jetzt, diese Armbanduhr auch in Deutschland einzuführen. Während von führenden Uhrenfachleuten die Bedeutung dieser Uhr längst erkannt wurde, wissen die meisten Uhrmacher kaum mehr von ihr, als daß hier zum ersten Male statt der Unruh eine *Stimmgabel als Gangregler* verwendet wurde. Sollte der BULOVA ACCUTRON jedoch auch in Deutschland der Verkaufserfolg beschieden sein, den sie im Ausland bereits erzielte, wird der Uhrmacher sich früher oder später mit der Reparatur dieser Uhr zu befassen haben. Es ist daher an der Zeit, sich besonders eingehend mit dieser Neukonstruktion zu befassen und sich über Aufbau, Konstruktion und Reparatur klarzuwerden.

Die mitunter gestellte Frage: „Ist diese Uhr überhaupt vom Uhrmacher zu reparieren?“ kann *eindeutig bejaht* werden. Natürlich sind einige Vorkenntnisse dazu erforderlich, die ein besseres Verständnis der eigentlichen Reparaturarbeit ermöglichen. Es ist daher jedem Uhrmacher zu empfehlen, sich diese Werkbeschreibung durchzulesen und sie aufzuheben, damit er sie später bei der praktischen Arbeit zu Rate ziehen kann.

Im Jahre 1954 baute der Schweizer Ingenieur *Max Hetzel* der BULOVA Watch Company in Biel unter strengster Geheimhaltung mit seinem Mitarbeiter Niklaus die ersten Uhren, in denen als Gangregler eine Stimmgabel angewandt wurde (Abbildung 1). Wahrscheinlich war sich zu diesem Zeitpunkt noch keiner der umwälzenden Erfindung bewußt, die hier gemacht worden war. Man hatte Neuland betreten, völliges Neuland auf dem Gebiete der Uhrentechnik. Zwar war die Stimmgabel schon 1711 von dem Trompetisten Friedrich Händels, *John Shore*, erfunden worden, doch niemand hatte bisher geahnt, welche hervorragenden Eigenschaften sie als Schwinger, als zeitbestimmendes Instrument und somit als Zeitmesser in sich barg.

Bis wenige Jahre vor der Erfindung des Transistors wäre es auch kaum möglich gewesen, diese Erkenntnisse zu verwirklichen. Inge-

nieur Hetzel aber erkannte die Möglichkeiten, die ihm der Fortschritt auf dem Gebiete der Elektrotechnik bot; er erforschte die Funktion der Stimmgabel und ihr Harmonieren mit anderen Elementen, und seine Arbeiten wurden ein großer Erfolg.

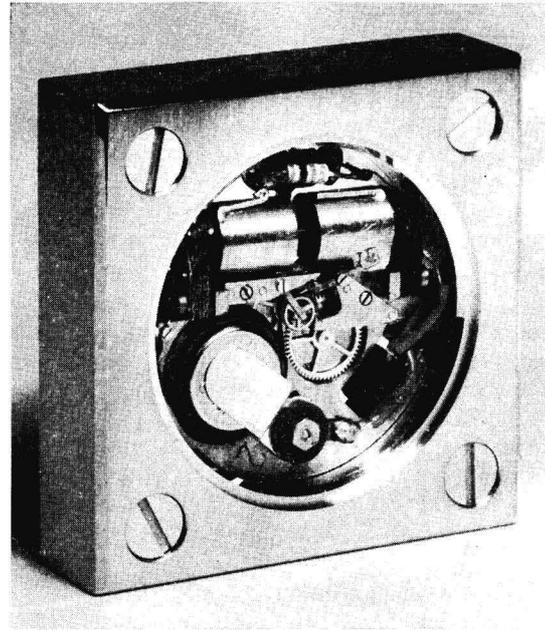


Abbildung 1b: Die Werkseite der Accutron

Wissenschaftler und Techniker waren Jahrhunderte lang auf der Suche nach guten, für die Zeitmessung geeigneten Gangreglern. Drei dieser Gangregler – oder Schwinger –, die uns Uhrmachern bekannt sind, haben große Bedeutung erlangt: Das Pendel, die Unruh und der Quarzkristall. Wenn es derart schwierig ist, für unsere Zwecke einen brauchbaren Schwinger zu finden, so drängt sich von selbst die Frage auf:

Welche Bedingungen muß ein Gangregler oder Schwinger erfüllen und wie muß er beschaffen sein?

Da wäre zunächst die Forderung nach einer gewissen *Stabilität und Unempfindlichkeit der Werkstoffe gegenüber äußeren Einflüssen*, wie Feuchtigkeit, Korrosion, Temperatur und chemischen Einflüssen. Zwar erfüllt nicht jeder einzelne dieser Gangregler all diese Bedingungen, doch sind ihre Eigenschaften für den jeweiligen Zweck durchaus ausreichend. So ist der Quarzkristall gegenüber chemischen Einflüssen, Feuchtigkeit und Temperatur äußerst unempfindlich und in seiner Struktur sehr fest, während andererseits die rost- und temperaturunempfindlichen Nickellegierungen (uns Uhrmachern allgemein unter den Bezeichnungen Elinvar und Nivarox bekannt) sich besonders gut für die Herstellung des Pendels und der Unruh eignen. Physikalische Eigenschaften des Pendels und des Quarzes erlauben es andererseits nicht, sie in tragbaren Uhren anzuwenden. Dies bedingt schon hier eine Teilung der Schwinger für stationäre und tragbare Uhren, denn es ist bis heute noch nicht gelungen, alle Vorteile in einem Schwinger zu vereinigen.

Die zweite – und nach den heutigen Erkenntnissen weitaus wichtigste – Forderung an einen idealen Schwinger ist, daß er eine

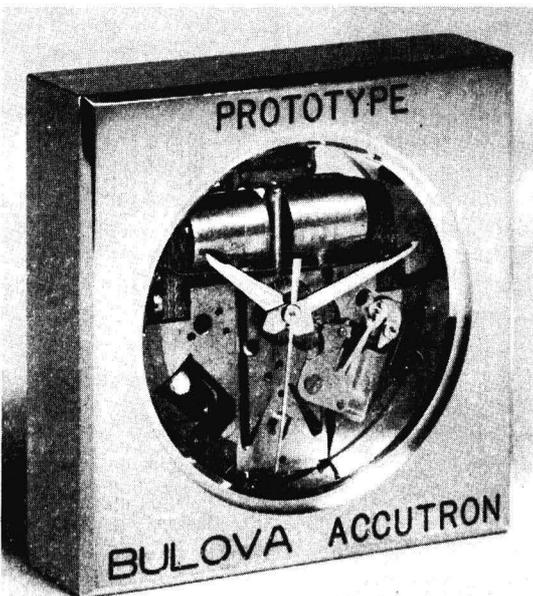


Abbildung 1a: Zifferblattseite der Accutron

große Eigenenergie besitzt. Man versteht darunter eine innere Anlage, die zu eigenen Schwingungen befähigt. Diese Anlage ist die Folge physikalischer Vorgänge, die sich periodisch wiederholen, und sie ist um so größer, je länger der Schwinger, einmal angestoßen, den natürlichen Ablauf seiner Bewegung beibehält. Haben wir eine hohe Eigenenergie, wie wir diese Anlage kurz nennen wollen, so wird bei isochronen Schwingungen die hinzuzuführende Restenergie um so geringer sein. Auch die Art und Weise, wie diese Restenergie auf den Schwinger übertragen wird, spielt hier eine große Rolle, damit die Schwingungen isochron gehalten werden. (Vergleiche Haken- und Grahamhemmung).

Obleich das Pendel und noch mehr der Quarzkristall eine hohe Eigenenergie besitzen, so scheiden diese vorzüglichen Schwinger doch aus verschiedenen, uns Uhrmachern zum Teil bekannten Gründen, für tragbare Uhren aus. Auch den dritten Gangregler, die Unruh, können wir wegen ihrer hohen Lageempfindlichkeit *nicht als den idealen Schwinger* bezeichnen. Man wurde hier zur Lagerung der Unruhwellen gezwungen, wodurch ohne Zweifel eine weitere Verminderung der ohnehin niedrigen Eigenenergie stattfand. Erst bei genügender Vergrößerung und unter Betrachtung des gesamten Gang- und Antriebsystems erhält man befriedigende Gangergebnisse. Dies sind auch die Gründe, weshalb wir gerade bei Stil- und Tischuhren sehr gute Gangergebnisse erzielen.

Findet jedoch unter gleichen Bedingungen eine Verkleinerung des Systems statt, also bei Armbanduhren, so wird auch die innere Energie erheblich kleiner. Aber gerade diese Energie sollte ja so groß wie möglich sein, weil dann der Schwinger beim Übertragen der Restenergie weniger gestört wird. *Einen überzeugenden Beweis* von der hohen Leistung einer Stimmgabel und ihrem Energieinhalt erhält man bei Vergleichen mit der Unruh und dem Quarzkristall. So liegen die errechneten Werte der Unruh bei ca. 50, die der Stimmgabelschwinger bei Tausenden und die der Quarze bei einigen Millionen. Dadurch wird bei einem Stimmgabelschwinger die wesentlichste aller Forderungen erfüllt, nämlich diejenige, daß die Eigenenergie des Schwingers während einer Periodendauer *zum größten Teil erhalten bleibt*.

Daraus folgt, daß die Zeitgenauigkeit des Schwingers von der Stabilität des Schwingerwerkstoffes und dem Energiegehalt abhängt. *Die Forderung nach hoher Stabilität des Schwingermaterials* wird durch die heute zur Verfügung stehenden korrosionsfesten Nickellegierungen erfüllt. Diese Legierungen haben, wie bereits erwähnt, den großen Vorteil einer geringen Temperaturempfindlichkeit.

Die dritte Forderung, die wir stellen, ist *der Isochronismus*. Diese Lehre von der Zeitgleichheit großer und kleiner Schwingungen verdient bei allen Gangreglern besondere Beachtung. Dabei spielt die Höhe der Frequenz, d. h. die Anzahl der Schwingungen in einer Zeiteinheit, eine wesentliche Rolle. Können bei einem Unruhschwinger die niedrigen Energiewerte noch durch die Stabilität des Schwingermaterials, durch gutes Ausbalancieren und durch eine gute Justierung der Ankerhemmung ausgeglichen werden, so ist dies beim Isochronismusfehler nur noch begrenzt möglich. Ebenfalls können die guten Gangergebnisse eines Unruhschwingers, dessen Grundzüge schon bei der Herstellung, also in der Fabrik, festgelegt werden und dann in der Reparatur von dem Können des Uhrmachers abhängen, nicht im voraus berechnet werden.

Anders bei einem Stimmgabelschwinger!

Seine wesentlich höhere Frequenz wird grundsätzlich bestimmt und setzt dadurch die Lageempfindlichkeit und den Isochronismusfehler erheblich herab. Das heißt, wird die Frequenz einer Stimmgabel verdoppelt, so wird gleichzeitig ihre Lageempfindlichkeit auf $\frac{1}{4}$ ihres ursprünglichen Wertes herabgesetzt. Weiterhin kann man den Isochronismusfehler einer Stimmgabel dadurch günstiger beeinflussen, daß man das Verhältnis von Stimmgabelamplitude (größter Ausschlag der Schwingung) zur Stimmgabelgröße kleiner

wählt. Der gewünschte Erfolg tritt jedoch nur dann ein, wenn *gleichzeitig die Frequenz erhöht* wird, damit der Energieinhalt der Stimmgabel nicht vermindert wird. Die Frequenz ist somit abhängig vom Energieinhalt der Stimmgabel.

Grundsätzlich aber läßt sich feststellen, daß der Isochronismusfehler um so kleiner wird, *je stabiler das Schwingermaterial* ist, je höher Energieinhalt und Frequenz sind, und je günstiger das Verhältnis zwischen Stimmgabelgröße und ihrer Amplitude gewählt wird.

Durch die vorangegangenen Betrachtungen sollten nur die wesentlichsten Punkte und Forderungen erwähnt werden, die uns Uhrmachern bei einem zu eigenen Schwingungen befähigten Zeitnormal wesentlich erscheinen. Es läßt sich auch weiterhin eine Gegenüberstellung von Unruh und Quarzkristall mit der Stimmgabel kaum vermeiden, wenn man die verschiedenen Eigenschaften der Stimmgabel verständlich machen will, die in ihrem Prinzip denen der Unruh und des Quarzes oftmals entgegengesetzt sind.

Dies trifft besonders im Hinblick auf Armbanduhren zu. So kann zum Beispiel die Forderung nach einer möglichst hohen Eigenenergie des Schwingers am besten von einem völlig lager- und reibungslosem Schwinger erfüllt werden. Aber gerade dieses wesentliche Unterscheidungsmerkmal, das zwischen der Unruh einerseits, sowie dem Quarz und der Stimmgabel andererseits besteht, hat bei letzteren das Auftreten eines Schwerpunktes zur Folge. Waren wir Uhrmacher bislang gewöhnt, möglichst schwerpunktfreie Systeme zu finden, denn gerade der Vorteil der Ausbalanciertheit wirkte sich bei der Unruh günstig auf die Gangergebnisse aus, so ist dies *bei der Stimmgabel nicht der Fall*, und ihr als Nachteil empfundener Schwerpunkt kann nur durch eine wesentlich höhere Frequenz wirkungsvoll ausgeglichen werden. Die Frequenzen der Stimmgabelschwinger liegen bei 100 bis 1000 Schwingungen pro Sekunde, während die des Quarzes erst bei 1000 beginnen. Will man eine Armbanduhr mit derartigen Schwingern ausrüsten, so stellt jedoch die Frequenzzählung – rein praktisch gesehen – die größte Schwierigkeit dar, so daß der Quarz wegen seiner hohen Frequenz von vornherein ausscheidet. Die Stimmgabel hingegen eignet sich hervorragend als Schwinger für eine Armbanduhr. Es ist daher eigentlich verwunderlich, daß man dies nicht früher entdeckt hat.

Die Stimmgabel

Haben wir ein gerades Stück Federblech in einen großen Schraubstock möglichst fest eingespannt und an seinem anderen Ende durch eine Bleikugel beschwert, so müßte ein idealer Schwinger, einmal angestoßen, seine Schwingung, ähnlich einem Perpetuum mobile, ohne äußere Einwirkungen unendlich lange fortsetzen. Man bezeichnet die *Ruhelage eines solchen Schwingers* (in Abbildung 2 gestrichelte Linie b) als die Nulllage oder den Nullpunkt des Schwingers. Wird diese Feder in Richtung a gebogen und plötzlich losgelassen, so beschleunigt die Elastizität der Feder die Bleikugel m, bis sie durch den Nullpunkt schwingt. Hier im Punkte b hat sie ihre höchste Geschwindigkeit, und die elastische Kraft ist verschwunden. Sie wurde in Bewegungsenergie umgewandelt, die nun die Feder in entgegengesetzter Richtung, also in Richtung c, verbiegt. Unter den obengenannten Bedingungen erreicht die Feder den gleichen Ursprungswert, und der Schwinger hat eine Halbschwingung vollbracht. Die zweite Halbschwingung erklärt sich auf die gleiche Weise.

Wenn die Bleikugel am Ende der Feder vergrößert, zum Beispiel verdoppelt wird, so läßt die Elastizität oder Frequenz nach, und zwar bei einer Verdoppelung des Gewichtes nicht um die Hälfte, sondern auf ca. zwei Drittel des ursprünglichen Wertes. *Also verändert sich bei einer Gewichtsveränderung die Frequenz nicht im selben Verhältnis*. Diese auf Grund komplizierter Berechnungen gewonnenen Erkenntnisse bedeuten folgendes: Würde man zum Beispiel mit einer Feile an dem obengenannten Bleigewicht abfeilen, so würde das Gewicht geringer und die Frequenz steigen (als Gangregler angenommen), die Uhr also vorgehen. Umgekehrt

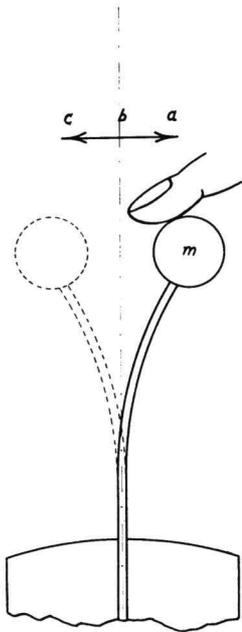


Abbildung 2

kommt ein Dünnerfeilen der Feder unten einer Zunahme des Gewichtes oben gleich, die Frequenz würde geringer werden und die Uhr nachgehen.

Auch die Elastizität der Feder spielt bei derartigen Überlegungen eine große Rolle, die bislang rein theoretischer Art waren. Ihre Werte erhält man aus den erforschten Gesetzen der Festigkeitslehre. In der Praxis jedoch zeigt sich, daß die Schwingungsenergie durch innere Reibung, Luftwiderstand und so weiter allmählich verloren geht und der Schwinger zum Stillstand gelangt. Man kann also sagen, daß die pro Sekunde verlorene Energie die *Verlustleistung des Schwingers* darstellt, während die Leistung des Schwingers ohne Arbeitsabgabe, zum Beispiel Fortschalten eines Räderwerks, als *Blindleistung* bezeichnet wird. Das Verhältnis von Blind- zur Verlustleistung wird als der eingangs schon erwähnte, äußerst wichtige Energieinhalt definiert. Hierbei spielt auch die Art und Weise der Befestigung eine große Rolle. Wollte man zum Beispiel den tatsächlichen Energieinhalt der Accutron-Stimmgabel von 3000 auch bei dem beschriebenen Federschwinger erreichen, müßte die Befestigungsmasse der Feder ca. 1,5 Kilogramm wiegen. Auch wenn man die Masse der Feder verringerte, käme man zu keinem besseren Ergebnis, weil sich damit auch die Blindleistung des Schwingers verkleinern würde.

Erst dadurch, daß man zwei in entgegengesetzter Richtung schwingende Lamellen an einem gemeinsamen Befestigungspunkt zusammenbringt, kompensieren sich die Kräfte und Drehmomente so weitgehend, daß die Befestigungsmasse sogar zu Null werden

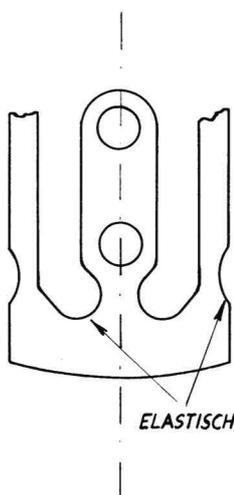


Abbildung 3

dürfte, ohne daß die Güte des Schwingers – nun Stimmgabel genannt – darunter leiden würde. Dieses trifft jedoch *nur für eine Stimmgabel mit elastischem Fußträger zu*, wie es in Abbildung 3 zu sehen ist. In der Herstellung erfordert es besondere Sorgfalt, um eine vollständige Frequenzsymmetrie der beiden Stimmgabelzinken zu erreichen. Die Accutron-Stimmgabel wird mit einem speziellen elektronischen Gerät auf ihre Hauptfrequenz (360 pro Sekunde), sowie gleichzeitig auf ihre Zinkenfrequenzen geprüft und, wenn notwendig, berichtigt.

Leider läßt sich generell bei einer Stimmgabel, so auch hier, der Einfluß der Erdanziehungskraft nicht ausschalten. Nehmen wir an, die Stimmgabel schwingt mit ihren Zinken nach unten, so kann man sich leicht vorstellen, daß nun durch den kreisförmigen Weg, den die Zinken beschreiben, die Erdanziehungskraft *wie bei einem Pendel* auf sie einwirkt. Es tritt gewissermaßen eine Versteifung der Lamellen und gleichzeitig eine Beschleunigung der Schwingungen ein. Die Uhr geht vor. Eine entgegengesetzte Erscheinung wird festgestellt, wenn die Stimmgabel eine senkrechte Lage (Zinken nach oben) einnimmt. Die Schwingungen der Zinken setzen – bildlich gesprochen – ihren Weg über den Umkehrpunkt fort. Man kann sich auch ein umgekehrtes Pendel vorstellen, dessen Bestreben es sein wird, über seine Umkehrpunkte hinauszuschwingen. Die Uhr geht also in dieser Lage nach. Alle weiteren Stimmgabelstellungen haben keinen Einfluß auf die Schwingungen, und die Gangabweichungen betragen null.

Aus diesem Positionsfehler ergibt sich bei der Accutron-Stimmgabel *eine konstante Gangabweichung von plus/minus 4,5 sec. pro Tag*. Bedingt durch die Lagerung der Stimmgabel auf der Achse 12 und 6, entsteht in der senkrechten Lage 12 und 6 unten ein Vorgehen und umgekehrt ein Nachgehen je 4,5 sec. Diese Gangdifferenz könnte man entweder durch eine höhere Frequenz oder durch eine größere Stimmgabel verkleinern. Die Stimmgabelgröße findet ihre natürliche Begrenzung in der Werkgröße oder dem Platinendurchmesser; die Stimmgabelfrequenz dagegen kann man nicht beliebig erhöhen, da sich hier eine Grenze bei der praktischen Frequenzählung abzeichnet. Deshalb ist man bestrebt, diesen Positionsfehler auf andere Art und Weise herabzumindern, z. B. durch eine abgeänderte Stimmgabel, bei der sich die Schwingmassen auf einer Ebene, also nicht, wie beim Pendel, auf einem Kreisbogen bewegen.

Temperatureinflüsse machen sich *auch bei einem Stimmgabelschwinger* bemerkbar. Hier spielen die Qualität des Materials und die Ausführung der Stimmgabel, besonders aber auch die sich anschließende thermische Behandlung und die sich hieraus ergebenden Änderungen des Elastizitätsmoduls eine wesentliche Rolle. Bei der Accutron-Stimmgabel wird ein ähnliches temperaturkompensierendes Metall verwendet, wie wir Uhrmacher es bereits seit langem bei den „Nivarox“-Spiralen kennen.

Die Gangabweichungen ergeben sich also *in erster Linie aus den elastischen Eigenschaften des Metalls*, wobei der Temperaturkoeffizient der Stimmgabel positiv oder negativ sein kann. Der Temperaturkoeffizient ist die Gangabweichung in Sekunden pro Grad Celsius in 24 Stunden, er beträgt bei der Accutron-Stimmgabel maximal 0,25 oder $\frac{1}{4}$ Sekunde. Sind die Gangabweichungen bei 36° Celsius gleich null, so kann die Uhr bei 0° Celsius maximal 9 Sekunden vor- oder nachgehen. Bei der Mehrzahl der Stimmgabeln beträgt jedoch der Temperaturkoeffizient weniger als $\frac{1}{10}$ Sekunde. Diese Werte sind außergewöhnlich günstig.

Höhenunterschiede müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Bei 100 m Höhenunterschied über dem Meeresspiegel geht die Uhr 0,23 sec. pro Tag vor. Es tritt also ein Vorgehen bei abnehmendem, und ein Nachgehen bei zunehmendem Luftdruck ein. Auch diese scheinbar nebensächlichen Dinge sind mitunter von Bedeutung, weil man sie entsprechend dem Wohnort des Trägers berücksichtigen kann. Beide Einflüsse, sowohl Temperatur als auch Luftdruck, werden jedoch bei einem normalen Gebrauch dieser Uhr *kaum als störend empfunden*. Nur in extremen Fällen spielt dies eine Rolle,

so z. B. mußte die Accutron des Kaisers Haile Selassi, dessen Residenz Addis Abeba 2000 m über dem Meeresspiegel liegt, auf 5 sec. Vorgehen, gegenüber einer normalen Regulierung, eingestellt werden.

Die Stimmgabel der Accutron

wird aus einem Stück gestanzt und ist dank ihrer starren Konstruktion und dem stabilen Metall, aus dem sie hergestellt wird, lange Zeit verwendbar und keinerlei Abnützung unterworfen. Wichtig für die Herstellung einer solchen Präzisionsstimmgabel ist die hohe Genauigkeit des Stanzverfahrens. Wie die Abbildung 4 zeigt, befindet sich an den Enden der Stimmgabelzinken je ein *Becher* aus

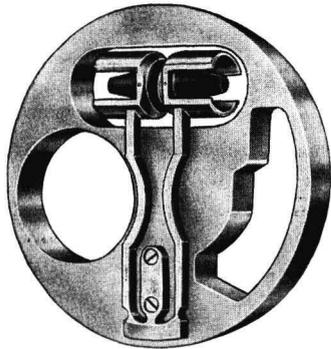


Abbildung 4

Weicheisen, in dessen Mitte sich jeweils ein konisch geschliffener Permanentmagnet befindet. Die Weicheisenbecher – auch Schalen genannt – sind auf beiden Seiten parallel zur Platine offen, und man kann sie mit Magnettöpfen vergleichen. Durch diese Abflachung konnte das Werk flacher gestaltet werden. Die Gesamtlänge der Stimmgabel einschließlich der Weicheisenschalen beträgt 25, die breiteste Stelle 12,5 Millimeter. Der volle Durchmesser der abgeflachten Weicheisenbecher beträgt 5,8; ihre schmalsten Stellen messen 4,8 Millimeter.

Die Magnettöpfe werden an die Enden der Zinken hart angelötet und tragen, in ihren Mittelpunkten sich zugewandt, je eine Reguliermasse (Abbildung 5). Diese dünnen Scheiben werden durch eigene Federspannung, wie ein Spaltscheibchen, im Scheitelpunkt

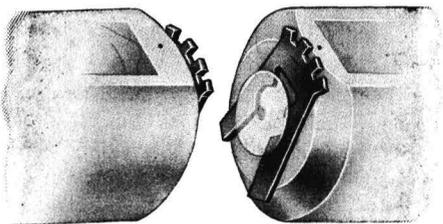


Abbildung 5: Reguliermassen

der Stimmgabel gehalten. Durch einfaches Drehen dieser Reguliermassen kann nun die Uhr reguliert werden, und zwar kommt ein Drehen der Regulierscheiben nach außen praktisch einer Verlängerung der Stimmgabel gleich, und die Uhr geht nach. Ein Drehen in entgegengesetzter Richtung hat ein Vorgehen der Uhr zur Folge. Dabei ist es völlig gleichgültig, welche der beiden Reguliermassen gedreht wird.

Betrachtet man die Stimmgabel von der Werkseite aus, mit ihren Zinken nach oben gerichtet, so befindet sich auf der linken Stimmgabelzinke ein senkrecht zu ihr gerichteter, 0,6 Millimeter starker Stift, in dem die Antriebsklinke eingelockt wird. Die Antriebsklinke ist nur 0,015 Millimeter stark und stellt somit das empfindlichste Teil an der Stimmgabel dar. Kommt die Accutron-Stimmgabel ins Schwingen, so ist ihr Ton als f oder fis zu hören.

(Fortsetzung folgt)

DAS BULOVA ACCUTRON

Wie uns Autor und Hersteller mitteilen, heißt es nicht – wie uns im Sprachgebrauch der Uhr geläufiger – die Accutron, sondern das Accutron in Anlehnung an die griechisch-lateinische Herkunft dieser Wortbildung. Deshalb der geänderte Titel dieses Beitrags. (Die Schriftleitung)

(1. Fortsetzung)

Der elektronische Teil

Haben wir uns bisher mit den wesentlichen Eigenschaften der Stimmgabel beschäftigt, so bleibt noch zu klären, wie die Stimmgabel in einer Uhr am besten angewendet werden kann, und wie die bei jeder Schwingung verlorengelassene Energie der Stimmgabel wieder zugeführt werden kann. Diese Restenergie wird bei dem Accutron aus einer kleinen Energiezelle entnommen. Das bedeutet also, daß elektrische Energie in mechanische Energie, das heißt in Bewegung, umgewandelt werden muß. Es gibt für diese Energieumwandlung verschiedene Möglichkeiten, die jedoch für eine Stimmgabel nicht alle gleich gut geeignet sind.

Bei dem Bulova Accutron wendete man das elektrodynamische Prinzip an, weil bei dieser Methode die Stimmgabel in dem natürlichen Ablauf ihrer Schwingungen am wenigsten gestört wird und damit die Frequenz erhalten bleibt. Das elektrodynamische Prinzip besagt, daß

1. auf einen stromdurchflossenen Leiter in einem Magnetfeld eine Kraft – Anziehung oder Abstoßung – ausgeübt wird.
2. bei der Bewegung eines Leiters in einem Magnetfeld eine Spannung induziert wird.

Bei der Betrachtung der Kraftwirkung eines stromdurchflossenen Leiters in einem Magnetfeld ist es völlig gleichgültig, ob der Leiter in diesem Magnetfeld oder ob der Magnet – bei dem Bulova Accutron ein Permanentmagnet – in einer Spule (aufgewickelter Leiter) bewegt wird. Beides kann je nach Bedarf angeordnet werden. Im Fall des Accutron ist der Leiter, das heißt die Spulen, fest montiert und die rechts und links auf den Enden der Stimmgabelzinken angebrachten Dauermagneten werden in ihnen bewegt.

Werden derartige Spulen von einem elektrischen Strom durchflossen, so bilden sie, wie ein Permanentmagnet, einen Nord- und einen Südpol. Man kann dieses Magnetfeld leicht durch Eisenfeilspäne nachweisen. Die Spulen sind also zu Magneten (Spulenmagneten) geworden. Es entsteht an dem einen Ende, das von dem Strom im Uhrzeigersinn durchflossen wird, ein Südpol und am anderen Ende ein Nordpol. Weil sich Nordpol und Südpol anziehen, werden die Nordpole der Permanentmagneten in die südpoligen Enden der stromdurchflossenen Spulen hineingezogen; die Stimmgabelzinken nach außen gezogen. Diese Wirkung wird noch durch eine Sammlung der Feldlinien verstärkt und zwar durch die Weicheisenbecher, welche die Dauermagneten umgeben. Da Weicheisen magnetischen Feldlinien den geringsten Widerstand entgegengesetzt, wird eine Steuerung vermieden (Abbildung 6). Der

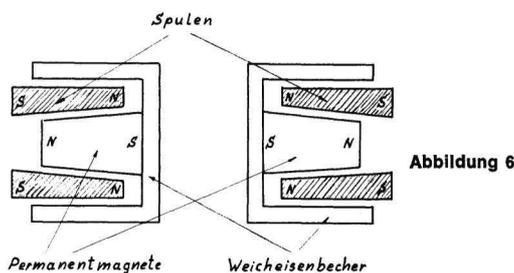


Abbildung 6

Energiezustoß, der von der Monozelle abgegeben wird, findet also beim Eintauchen der Dauermagnete statt, und zwar in dem Moment, wo die Stimmgabelzinken ihre höchste Geschwindigkeit besitzen, das heißt in der Nulllage. Bildlich dargestellt stehen die Stimmgabelzinken jetzt gerade.

Werden, wie in unserem Falle, die Permanentmagneten mit ihren Feldlinien in den Spulen bewegt, so daß die Feldlinien die Leiterwindungen schneiden, so entsteht an den Enden einer solchen Spule eine entgegengesetzte Induktionsspannung. Man sagt, im Leiter wird eine EMK (elektromotorische Kraft) induziert, worunter man die elektrizitätsbewegende Kraft versteht, die den elektrischen Strom durch den Stromkreis bewegt. Die EMK wird, wie die Spannung, in Volt gemessen, sie versucht, die im Leiter vorhandenen freien Elektronen in einer bestimmten Richtung fortzubewegen.

Dies ist jedoch nicht möglich, solange die Spulenden nicht verbunden werden. Erst bei einer Verbindung kann ein Strömen der Elektronen eintreten. Dabei ist die Richtung des Stromes sowohl von der Richtung des magnetischen Feldes als auch von der Bewegungsrichtung des Leiters abhängig. Nimmt man zum Beispiel eine Accutron-Spule, verbindet ihre beiden Enden mit einem Spannungsmesser und taucht dann einen Dauermagneten in diese Spule, so schlägt der Zeiger des Meßgerätes nach einer bestimmten Richtung aus. Hält man den Magneten still, dann geht der Zeiger auf Null zurück. Entfernt man den Magneten von der Spule, dann schlägt der Zeiger des Meßgerätes in entgegengesetzter Richtung aus wie vorher.

Die Erklärung für diese Erscheinung ergibt sich aus folgender Überlegung: Nähert man den Magnet dem Spulenende, dann nimmt die Zahl der magnetischen Feldlinien zu, die die Spule durchschneiden. Entfernt man den Magnet von der Spule, dann nimmt diese Zahl ab. Sowohl beim Hin- als auch beim Zurückbewegen des Magneten ändert sich innerhalb der Spule die Zahl der magnetischen Feldlinien. Je schneller man den Magnet bewegt, je mehr Windungen die Spule besitzt, um so höher wird auch die in den Spulenwindungen induzierte EMK sein. Gleichzeitig findet bei dem Wechsel der Bewegungsrichtung auch ein Wechsel der Stromrichtung statt. Man spricht nun von einer Wechselspannung, deren Verlauf man bildlich durch eine Wellenlinie (auch Periode genannt) darstellen kann.

Beide Erscheinungen werden bei dem Bulova-Accutron sehr geschickt ausgenützt, und zwar wird mit ihnen eine Amplituden-Stabilisierung erreicht, das heißt der Weg, den die Stimmgabelzinken bei einer Schwingung zurücklegen, wird durch sie in bestimmten Grenzen gehalten. Da die Schwingungsweite der Dauermagneten im Verhältnis zu ihren Spulen sehr klein ist, ergibt sich eine Gleichschaltung der induzierten Spannungsperiode mit dem Verlauf der Magnetgeschwindigkeit.

Betrachten wir nun die einzelnen Vorgänge, die sich abspielen, wenn die Stimmgabel in Schwingung gesetzt wird. Wir nehmen an, die Stimmgabel mit ihren links und rechts angebrachten Dauermagneten ist fest montiert und diese befinden sich in den ihr zugehörigen Magnetspulen. Bislang wurde keine Spannung induziert. Wird die Stimmgabel leicht zum Schwingen gebracht, so wird der Kontakt, das heißt der Transistor, der zwischen der Energiezelle und den beiden Spulen besteht, geschlossen. Für diesen kurzen Augenblick fließt durch beide Spulen ein Strom, der sie, wie oben beschrieben, zu Magnetspulen werden läßt. Auf beide Stimm-

gabelzinken wird eine Kraft ausgeübt, sie erhalten einen Impuls und werden, wie bereits erwähnt, nach außen gezogen.

Die Stimmgabelzinken haben schon jetzt eine geringe freie Bewegung nach außen durchgeführt, ohne unter dem Einfluß der Spulenmagnete (oder Antriebsspulen) zu stehen. Bereits hier wurde eine geringfügige Spannung induziert. Am Umkehrpunkt angelangt, treten nun die Stimmgabelzinken ihren Weg in entgegengesetzter Richtung an, sie schwingen sich entgegen, wobei der Stromkreis offen bleibt und die Stimmgabel eine freie Halbschwingung, also ein wenig über die Nulllage hinaus, durchführen kann. Die Amplitude ist noch sehr klein, aber die Zinken haben doch *bereits ihre Nulllage überschritten*. Die induzierte Spannung wurde durch den erhaltenen Impuls erhöht, jedoch über der Nulllage negativ gerichtet. Beim erneuten Eintauchen der Magnete in die Spule wird der Kontakt abermals in der Nulllage und somit in dem Augenblick geschlossen, da die meisten Feldlinien geschnitten werden und die Stimmgabel ihre höchste Geschwindigkeit hat.

Weil die Stimmgabel bereits über eine gewisse Geschwindigkeit verfügt, wird diese durch die Kraftwirkung der Spulen noch verstärkt, es tritt *eine weitere Steigerung der Amplitude* ein. Gleichzeitig vergrößert sich aber auch die induzierte Spannung. Bei der entgegengesetzten Schwingung der Zinken bleibt der Stromkreis wieder offen, es wird kein Strom von der Zelle abgegeben. Bei den folgenden Schwingungen, die auf die gleiche Art fortgeführt werden, wird daher bei anwachsender Amplitude auch die induzierte Spannung in den beiden Antriebsspulen ansteigen. Die Differenz zwischen Energiezellenspannung und induzierter Spannung wird verkleinert. Erst wenn die Stimmgabelamplitude ihren Normalwert erreicht hat, wird auch eine Stabilisierung der induzierten Spannung eintreten, sie erhält einen bestimmten Wert.

Bei dem Accutron sind nun die Antriebsspulen und die Magnetfelder so berechnet, daß die erzeugte EMK in den Spulen 10% unter der Spannung der Energiezelle (1,35 Volt) liegt. Wenn sich aus irgendeinem Grund – zum Beispiel durch einen Stoß – die

Stimmgabelamplitude vergrößert, nimmt dadurch die induzierte Spannung zu. Übersteigt sie die 10%ige Differenzspannung, die zwischen ihr und der Energiezelle besteht, oder erreicht sie auch nur die gleiche Spannung, so kann trotz geschlossenem Kontakt kein Strom mehr von der Energiezelle in die Antriebsspulen fließen. Der Stimmgabel wird keine Energie mehr zugeführt, die Amplitude kann nicht mehr anwachsen. Wird die Monozellenspannung von der induzierten Spulenspannung überschritten, so kann die Monozelle keinen Strom mehr abgeben. Umgekehrt wird bei einer Abbremsung der Stimmgabel die Amplitude, wie bereits beschrieben, durch eine größere Stromentnahme aus der Monozelle stabilisiert.

Abbildung 7 veranschaulicht

1. die Periode der induzierten Spannung in den Antriebsspulen,
2. die zeitliche Anordnung der Kontaktgabe und Kontaktdauer und
3. schematisch die Stimmgabelbewegungen im zeitlichen Ablauf der Periode.

Zu erklären ist nun noch, wie es zu der zeitlich genau festgelegten Impulsdauer kommen kann, und welchen Schalter man als Kontakt wählte. Bei einer Frequenz der Accutron-Stimmgabel von 360 Schwingungen in der Sekunde, kann *nur ein elektronischer Schalter* – nämlich der Transistor – in Frage kommen. Ohne auf die näheren Einzelheiten und Eigenschaften des Transistors einzugehen, sei hier nur erwähnt, daß er bei dem Bulova-Accutron an Stelle eines mechanischen Kontaktes tritt.

Der Transistor mit seinen drei Anschlüssen, genannt Basis, Emitter und Kollektor, stellt *ein elektronisches Bauelement* dar, das bei Uhren bislang in erster Linie als Schalter Anwendung gefunden hat. Kollektor und Emitter des Transistors bilden den eigentlichen Kontakt (Abbildung 8). Das Öffnen und Schließen des Kontaktes wird durch eine Spannung ermöglicht, die zwischen Basis und

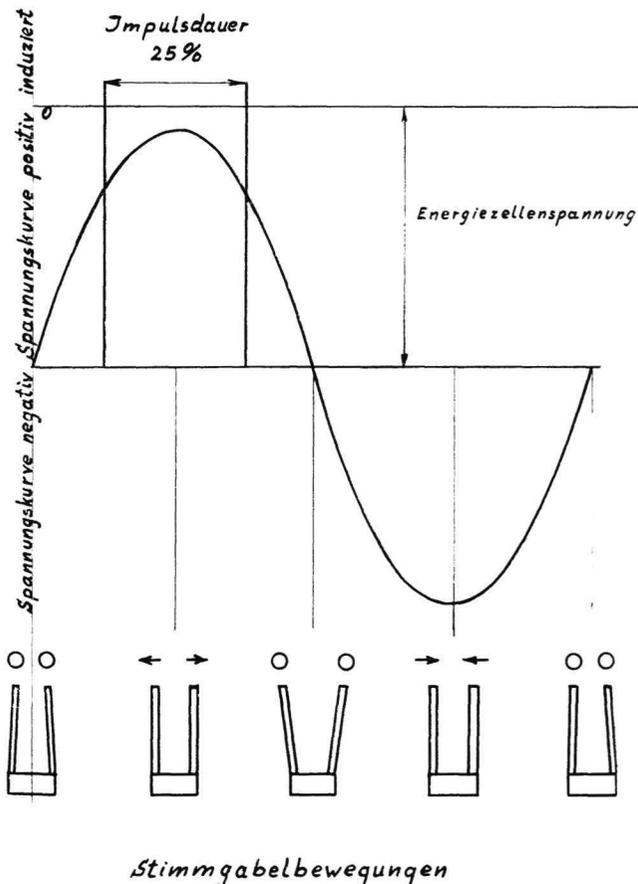


Abbildung 7

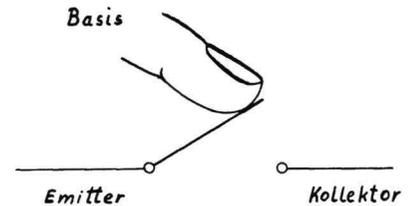


Abbildung 8

Emitter besteht und abwechselnd positiv und negativ gerichtet ist. Diese Spannung wird in einer zweiten Spule – der sogenannten Phasenmeßspule, erzeugt, die man der Einfachheit halber über die linke Antriebsspule Nr. 1 gewickelt hat, und zwar, wie bereits beschrieben, durch das Hin- und Herschwingen der einen Stimmgabelzinke mit ihrem dazugehörigen Dauermagneten. Es entsteht *ein Arbeits- und Steuerstromkreis*, aber durch das Übereinanderwickeln von Arbeits- und Steuerspule treten in ihnen umgekehrte Spannungsverhältnisse auf.

Ist zum Beispiel die Spannung im Arbeitsstromkreis beim Eintauchen der Permanentmagneten – also in dem Augenblick, in dem die Stimmgabel ihren Impuls empfängt – positiv gerichtet, herrscht zu diesem Zeitpunkt im Steuerstromkreis eine negativ induzierte Spannung. Die Basis kann den Schalter Emitter – Kollektor für den Antriebsimpuls schließen. Bei positiv gerichteter Spannung an der Basis wird der Kontakt wieder unterbrochen, die Stimmgabel hat ihren Weg in entgegengesetzter Richtung angetreten. Man kann also sagen, daß sich die Leitfähigkeitsänderung des Transistors *wie das Öffnen und Schließen eines mechanischen Kontaktes auswirkt*. Bedingung ist jedoch, daß der Emitter des Transistors als gemeinsamer Anschluß für Arbeitsstromkreis und Steuerstromkreis dient (ähnlich einem Kippschalter).

Ein einfacher Kondensator, meist bestehend aus zwei voneinander isolierten Metallplatten (Beläge), besitzt bei Anlegen einer Spannungsquelle – plus und minus jeweils an einer Elektrode des Kondensators – die Eigenschaft, sich aufzuladen. Es fließt ein Ladestrom. Entfernt man die Gleichstromquelle, und verbindet man die Leiterenden, mit denen der Kondensator geladen wurde,

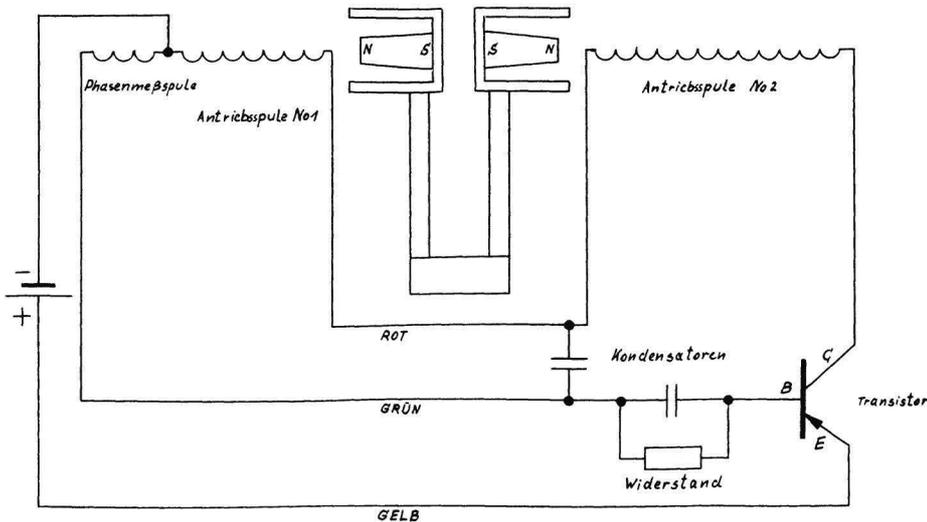


Abbildung 9

so fließt in dem Leiter ein Entladestrom. Bei einem geladenen Kondensator, dessen Leiterenden nicht verbunden werden, besteht zwischen den beiden Platten des Kondensators eine Spannung, die *genau so hoch* ist wie die Spannung der Stromquelle.

Durch Einschalten eines Widerstandes mit Kondensator in den Steuerstromkreis – der Widerstand liegt parallel zum Kondensator – erhält die Basis des Transistors *eine automatisch regulierte Basisvorspannung*. Das heißt, der Kondensator wird jedesmal während der negativen Halbwelle der in der Phasenmeßspule induzierten Spannung aufgeladen, und zwar über den in diesem Moment leitenden Emitter-Basis-Gleichrichter. Die langsame Entladung des Kondensators geschieht über den parallel liegenden Widerstand.

dem linken Plastikkörper befinden sich zunächst die Antriebspule 1 und die über ihr gelagerte Phasenmeßspule sowie die Energiezelle. Je ein Spulenende der Antriebspule 1 und der Phasenmeßspule werden miteinander verbunden und auf Masse (Platine) gelegt. Das andere Ende der Antriebspule (grüner Draht) muß zur rechten Hälfte der Elektronikeinheit geleitet und dort einmal mit der Antriebspule 2 und der Basis des Transistors verbunden werden. Die gelbe isolierte Leitung, links von dem + Pol der Monozelle ausgehend, findet ihren Anschluß auf der rechten Seite beim Emitter des Transistors.

Die Antriebspulen 1 und 2 haben 6000 und 8000, die Phasenmeßspule nur 2000 Windungen. Ihre ohm'schen Widerstände verhalten sich proportional den Windungen. Der Durchmesser des Spulendrahtes beträgt 0,018 Millimeter isoliert und wird durch ein besonderes Ziehverfahren hergestellt. Der Durchmesser des blanken Drahtes beträgt ungefähr 0,015 Millimeter. Als Energiequelle verwendet die Uhrenfabrik Bulova eine völlig säure- und gasdichte Quecksilberzelle, deren Lagerfähigkeit auf 2 Jahre bemessen ist.

Die Abmessungen – größter Durchmesser 11,5 mm, kleinster Durchmesser 9 mm und Höhe 3,5 mm – sind so gering, daß man sie, räumlich gesehen, ohne Schwierigkeiten unterbringt. Beachtenswert erscheint noch, daß im Gegensatz zu den Energiezellen anderer elektrischer Armbanduhren, sich hier der Pluspol in der Zellenmitte befindet. Die Spannung beträgt 1,35 Volt (Abbildung 11). Die rechte Hälfte der Elektronikeinheit ist so beschaffen,

© www.uhrenliteratur.de

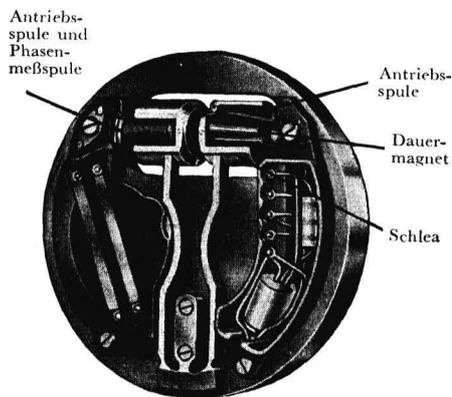


Abbildung 10

Gleichzeitig werden aber auch die negativen Eigenschaften des Transistors, die bei zunehmender Temperatur auftreten, unterbunden, da nun beide Strecken, sowohl Emitter-Kollektor als auch Emitter-Basis, zeitlich gesehen innerhalb einer Periode, lange *in nicht leitendem* Zustand gehalten werden. Zu erwähnen wäre noch ein zweiter, parallel zur Arbeitsspule 1 und zur Phasenmeßspule geschalteter Kondensator zur Unterdrückung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen, wie sie leicht bei einer Kopplung derartiger Spulen, zum Beispiel bei einer mechanischen Blockierung der Stimmgabel, auftreten können.

Aus der vorangegangenen Beschreibung ergibt sich das in Abbildung 9 gezeigte Schaltbild. Dieses Schaltbild *entspricht um so mehr der Wirklichkeit*, als auch die tatsächliche Anordnung der Bauelemente, wie wir sie in der Uhr finden, berücksichtigt wurden (Abbildung 10). Es ergibt sich also eine Teilung der elektronischen Einheit in zwei Hälften, die durch drei voneinander isolierte Leitungsdrähte (rot, grün und gelb) miteinander verbunden sind. Auf

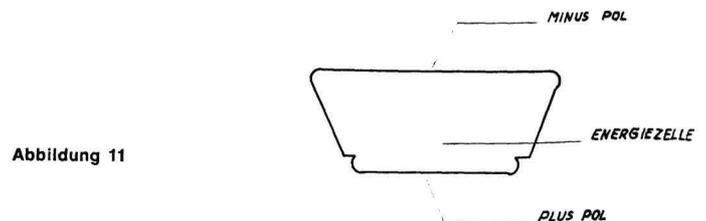


Abbildung 11

daß sie neben der Spulenumwicklung auch den Raum für alle weiteren Bauelemente, Transistor, Widerstand und die beiden Kondensatoren, bietet. Die gesamte Elektronikeinheit wird mit vier Schrauben auf der Platine befestigt und ist *leicht mit der Stimmgabel auszubauen*.
(Fortsetzung folgt)

DAS BULOVA ACCUTRON

(2. Fortsetzung – siehe auch NUZ Nr. 10/64, Seite 12 ff.)

Der mechanische Teil

Gleich zu Beginn sei erwähnt, daß hier die meisten Teile denen einer herkömmlichen Uhr gleich oder ähnlich sind; lediglich in der Anordnung sind Unterschiede vorhanden. Für den Uhrmacher völlig neuartig ist die Art der Übertragung der Stimmgabelschwingungen auf das Werk. Daher läßt es sich vor Beginn der eigent-

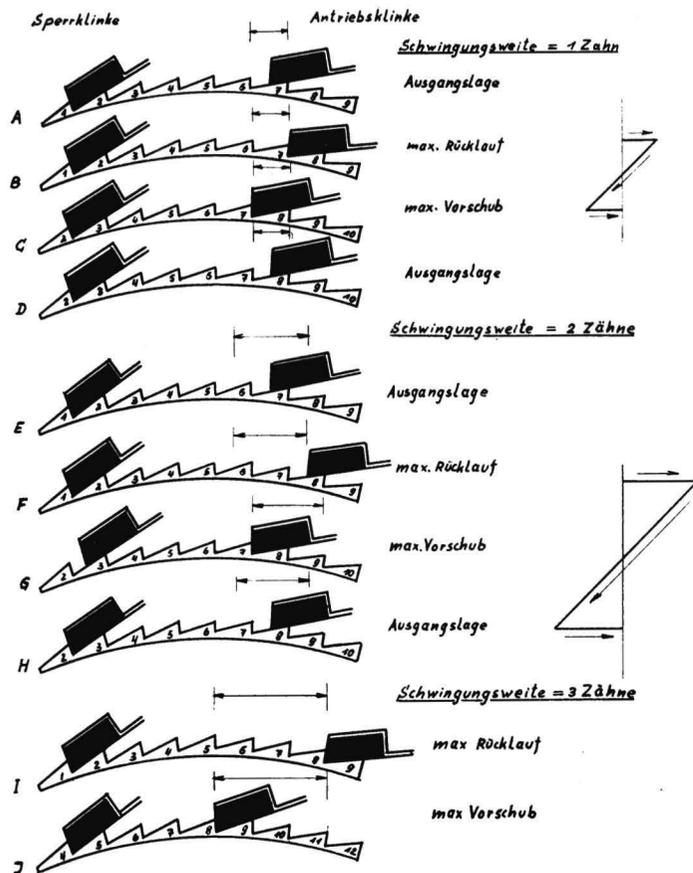


Abbildung 12

lichen Reparaturanleitung nicht vermeiden, die Funktion jener Teile näher zu erläutern, die unmittelbar an der Kraftübertragung beteiligt sind. Da es sich hier um Dinge handelt, deren Kenntnis bei der Reparatur von Nutzen ist, sollen sie besonders eingehend beschrieben werden.

Man löste das Problem der Kraftübertragung auf eine sehr einfache Art mittels einer Antriebsklinke, einer Sperrklinke und einem Schaltrad, die folgendermaßen angeordnet sind: Die Antriebsklinke, hergestellt aus dünnem Federblech, 0,015 mm stark (ähnlich einem geraden Stück Spiralfeder) wird mit ihrem einen Ende in einen senkrecht mit der Stimmgabelzinke fest verbundenen Stift befestigt. Im Gegensatz zu der älteren Ausführung, bei der man die Feder wie eine Spirale verstiftete, werden diese Federn heute durch Einlacken befestigt. Das andere Ende der Klinke ist mit einem rechteckig geschliffenen Stein versehen.

Die Ausführung und Herstellung der Sperrklinke gleicht der der Antriebsklinke, mit dem Unterschied, daß sie, einmal eingestellt, mit der Platine fest verbunden wird. Aber auch hier wird die Feder

mit Stein in einen runden Messingstift eingelackt, der seinen festen Sitz in der sogenannten Sperrklinkenbrücke findet. Beide Klinken verlaufen waagrecht zur Platine und mit ihrem Ende in die gleiche Richtung (Abbildung 13). Beide Federn sind jedoch sehr elastisch und geben durch ihre eigene Federkraft sehr leicht nach. Durch

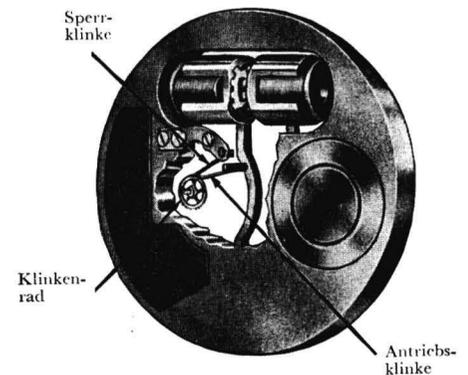


Abbildung 13

entsprechende Einstellung kommen beide Klinken mit dem Schalt- oder Klinkenrad in Berührung, dessen Zahnform es erlaubt – infolge der Bewegungen der Stimmgabel –, das Schaltrad und somit das Räderwerk in Bewegung zu setzen. Abbildung 14 zeigt in stark vergrößertem Maßstab, wie Sperrklinke, Antriebsklinke und Schaltrad ineinandergreifen.

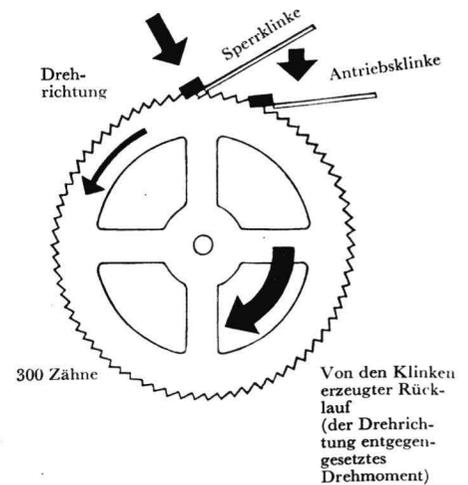


Abbildung 14

Beide Klinken liegen mehrere Zähne voneinander entfernt, aber mit einem bestimmten Druck auf den Schaltzähnen auf. Bestimmt durch ihre Länge und die Lage zum Mittelpunkt des Rades hin, erteilen sie außerdem dem Schaltrad ein Drehmoment, das der eigentlichen Drehrichtung des Rades entgegengerichtet ist (siehe Pfeile in Abbildung 14).

In den vorhergehenden Abschnitten wurde bereits erklärt, wie sich die Stimmgabelamplitude auf elektrodynamischem Wege von selbst reguliert. Trotzdem besteht die Möglichkeit, z. B. bei Stößen, daß die Stimmgabel kurzzeitig große oder kleine Schwingungen durchführt. Für diesen Fall muß dafür gesorgt sein, daß die Stimmgabel bei einer großen und kleinen Schwingung immer nur einen Zahn des Schaltrades weiterbefördert. Ermöglicht wird dies durch die genau festgelegte Distanz zwischen den beiden Klinken unter Berücksichtigung der Zahnteilung.

© www.uhrenliteratur.de

In Abbildung 12 wird schematisch ein Radausschnitt mit mehreren Schaltzähnen und den beiden Klinken in Eingriff dargestellt. Die Zeichnung ist in drei Abschnitte aufgeteilt: Schwingungsweite = 1 Zahn, = 2 Zähne, = 3 Zähne. Im Ruhezustand liegt die Sperrklinke an einem der Zähne unter der Wirkung der oben beschriebenen Federkraft an, die Antriebsklinke befindet sich mehrere Zähne davon entfernt, und zwar in der Mitte zwischen zwei Zähnen. Als Amplitudenmaß nehmen wir die Länge eines Schaltradzahnes an (siehe eingezeichneten Pfeil über der Antriebsklinke Abbildung 12, Reihe A). Bei einer Amplitudenlänge der Stimmgabel von nur einer Zahnlänge führt die Stimmgabel einen maximalen Rücklauf sowie einen maximalen Vorlauf von je einer halben Zahnlänge durch.

Hier muß man genau unterscheiden zwischen der Stimmgabelamplitude einerseits – größter Ausschlag einer Schwingung – und dem Weg, den andererseits die Stimmgabel und mit ihr die Antriebsklinke innerhalb dieser Schwingungsweite zurücklegt. Beträgt z. B. die Stimmgabelamplitude genau eine Zahnlänge, so ist der Weg doppelt so lang. Beim Rücklauf kann die Antriebsklinke den Zahn in Abbildung 12, Reihe B, nur verlassen, weil die Sperrklinke das Rad festgehalten hat. Die Antriebsklinke fällt auf den Zahn 8 und schiebt nun, mit dem Vorwärtsschwingen der Stimmgabel – die Stimmgabelzinken entfernen sich – das Schaltrad eine ganze Zahnlänge weiter, so daß die Sperrklinke von Zahn 1 auf Zahn 2 fallen kann (Abbildung 12, Reihe C). Die Stimmgabel beendet ihre volle Schwingungsperiode erst nach dem Rücklauf von einer halben Zahnlänge. Die Sperrklinke hält in dieser Zeit das Schaltrad wieder in seiner Position. Das Schaltrad hat sich um einen Zahn nach links gedreht (Abbildung 12, Reihe D). Den zurückgelegten Weg kann man auch durch eine Zick-Zack-Linie darstellen (rechts in der Zeichnung), siehe auch Abbildung 7.

Als nächstes betrachten wir den Ablauf bei einer Schwingungsweite von zwei Zähnen. Wieder führt die Antriebsklinke einen maximalen Rück- und Vorlauf durch, der nun jeweils eine volle Zahnlänge beträgt. Die Antriebsklinke liegt wieder in der Mitte auf Zahn 7 in Abbildung 12, Reihe E, an. Ihre erste Bewegung ist wieder Rücklauf, und zwar diesmal eine volle Zahnlänge. Sie hat nun nicht nur Gelegenheit, von Zahn 7 auf Zahn 8 abzufallen, sondern kann sich auch noch bis zur Mitte des Zahnes bewegen (Reihe F). Am Umkehrpunkt angelangt, beginnt der Vorlauf, also die größte Schwingungsweite der Antriebsklinke von zwei Zahnängen. Im Laufe dieser Bewegung verläßt die Sperrklinke Zahn 2 und wird bis auf die Mitte von Zahn 3 geschoben (Reihe G). Nach dem Beginn der Rückwärtsbewegung kommt jetzt das rücktreibende Drehmoment der Antriebsklinke zur Wirkung, welches das Rad um einen halben Zahn zurückdrückt, so daß die Sperrklinke an Zahn 2 anstößt. Die Schwingung ist beendet, wenn die Antriebsklinke auf der Mitte des Zahnes Nr. 8 angekommen ist (Reihe H).

Die gleiche Wirkung wird erzielt bei Stimmgabelamplituden bis zu einer Weite von drei Zahnängen. Es ist also zu sehen, daß durch jede beliebige Stimmgabelamplitude von etwas über einer Zahnlänge und etwas weniger als drei Zahnängen das Schaltrad immer nur um einen Zahn je Schwingung weiterbewegt wird. Beträgt aber die Größe der Amplitude mehr als drei Zahnängen, so hat dies die in Abbildung 12, Reihe I und J, gezeigte Wirkung zur Folge. Beim maximalen Rücklauf von 1½ Zähnen gerät die Antriebsklinke hinter Zahn 8 und bewirkt nun durch ihren Vorschub von 3 Zahnängen ein Einrasten der Sperrklinke hinter Zahn 4. Es wurden 3 Zähne weiterschaltet, das Rad dreht sich dreimal so schnell, die Uhr geht also vor.

Leider können die einzelnen Schaltvorgänge, so wie sie hier zeichnerisch dargestellt werden, in der Uhr selbst auch mit der besten Steinlupe nicht festgestellt werden, da die Abmessungen der Einzelteile zu gering und die Bewegungsabläufe viel zu schnell sind. Bei einer Schaltung von 360 Zähnen in einer Sekunde und bei entsprechend geringer Amplitudenweite mußte eine Schaltrad mit 300

Zähnen und einem Durchmesser von 2,4 mm hergestellt werden. Die Länge eines Zahnes beträgt 0,025 mm, die quadratische Grundfläche der Schaltsteine mit einer Seitenlänge von 0,18 mm ist 0,06 mm dick. Das Schaltrad wird aus Beryllium hergestellt und gehört mit zu den empfindlichsten Teilen dieser Uhr. Trotzdem ist, von Beschädigungen abgesehen, eine sichere Funktion und größte Haltbarkeit garantiert.

Aus den oben erwähnten Gründen sind zur fachgerechten Wartung und Reparatur des Accutron bestimmte Spezialwerkzeuge erforderlich. Hierzu gehört in erster Linie ein Mikroskop und ein Meßwerkzeug für den elektronischen Stromkreis. Zweckmäßig erscheint noch ein Werkhalter, ein Werkzeug zum Richten der Klinken und ein Gehäuseschlüssel. Alle Werkzeuge können von Bulova in Biel bezogen werden, wobei man erwähnen muß, daß die Geräte zum Gestehungspreis abgegeben werden und sich durch hohe Qualität auszeichnen. So z. B. das Binokular, das an Stelle eines Mikroskops von Bulova zum Einstellen und Überprüfen der Klinken angeboten wird. Durch ein besonders weites Blickfeld, einen großen Abstand von 5 bis 10 cm zwischen Objekt und Objektiv und der Möglichkeit, zwischen 10- und 20facher Vergrößerung wählen zu können, wird die Arbeit besonders erleichtert. Aber auch jedes andere Mikroskop von annehmbarer Qualität kann verwendet werden, außer den von Biologen und Metallurgen verwendeten, da diese ein zu kleines Blickfeld und zu geringen Objektabstand haben.

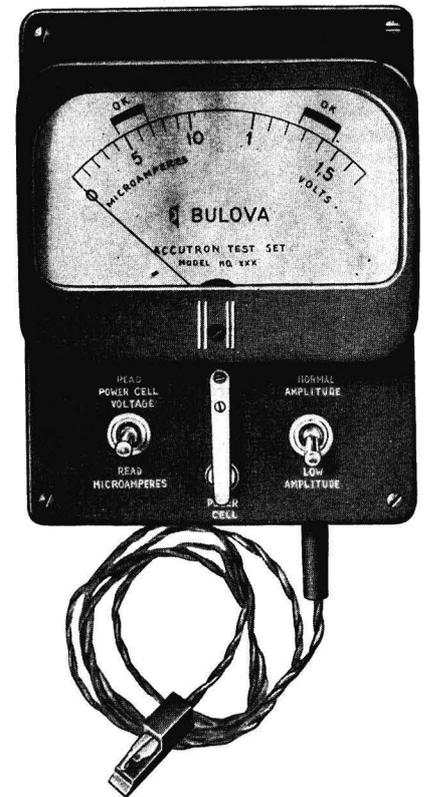


Abbildung 15

Mit dem Meßgerät (siehe Abbildung 15) wird erstens die Energiezellenspannung bemessen (Voltmeter), zweitens die Stromstärke, die vom elektronischen Stromkreis aufgenommen wird, drittens wird dies Gerät zur Stromversorgung verwendet. Es liefert zur genauen Klinkeneinstellung eine reduzierte Spannung. Der Werkhalter ist so beschaffen, daß er gleichzeitig zur Aufnahme der empfindlichen Teile, wie Stimmgabel und Elektronikeinheit, dient und dabei verhindert, daß diese Teile beschädigt werden.

Abbildung 16 zeigt die Rückseite eines Bulova Accutron (bislange in Edelstahl-, Goldhaube- und 14 karat goldenen Gehäusen hergestellt). Außer dem üblichen Verschlußring einer wasserdichten Uhr ist der Deckel für die Batterienische sowie ein neuartiger Zeigerstellschlüssel zu sehen. Zur Zeigerstellung wird der Bügel hochgeklappt, das Zeigerstelltrieb kommt mit dem Wechselrad in

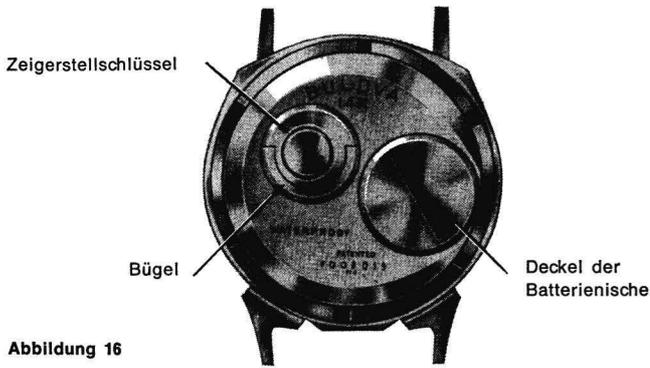


Abbildung 16

Eingriff und wird beim Versenken des Bügels wieder ausgekuppelt.

Den Batteriedeckel öffnet man am zweckmäßigsten mit dem zu jeder Zelle gelieferten Schlüssel, oder mit einer kleinen Münze (Abbildung 17). Ein Schraubenzieher würde den Einschnitt be-



Abbildung 17

schädigen. Ist der Deckel entfernt, wird die Energiezelle sichtbar, beim Umwenden der Uhr fällt sie aus dem Gehäuse. Die Überprüfung der Energiezelle kann nun entweder mit einem normalen Voltmeter vorgenommen werden oder mit dem in Abbildung 15 gezeigten Gerät. Hier wird die Energiezelle in die vorhandene Vertiefung unter die Klemme auf der Vorderseite des Gerätes gelegt, und beide Schalter nach oben auf „Read Power Cell Voltage“ und „Normal Amplitude“ gestellt. Bei einer einwandfreien Zelle bleibt der Zeigerausschlag in dem mit OK bezeichneten Meßbereich von 1,25 bis 1,45 Volt.

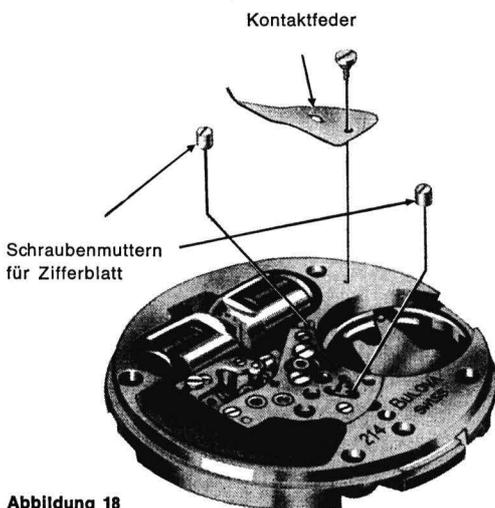


Abbildung 18

Zur weiteren Reparatur, also zum Abnehmen des Verschlussringes, verwendet man am besten den Spezialschlüssel. Der hochgestellte Zeigerstellschlüssel erleichtert das Abnehmen des Gehäusebodens. Die Rückseite des Werkes wird sichtbar, es kann jetzt wie ein übliches Werk aus dem Gehäuse genommen werden. Abbildung 18 zeigt die genaue Lage der Zifferblattschrauben. Damit das Werk in den Halter eingesetzt werden kann, muß die Kontaktfeder abgeschraubt werden. Die Zeiger, das Zifferblatt einschließlich dem Zeigerwerk können nun gemäß Abbildung 19 abgenommen werden.

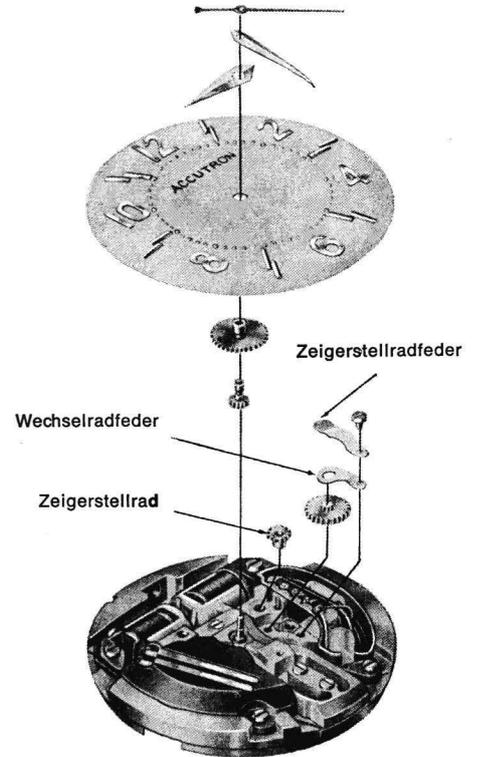


Abbildung 19

Vorsicht beim Abnehmen des Sekundenzeigers! Das Räderwerk darf sich dabei möglichst nicht bewegen, allenfalls langsam vorwärts, niemals jedoch rückwärts, da hierdurch das Klinkensystem

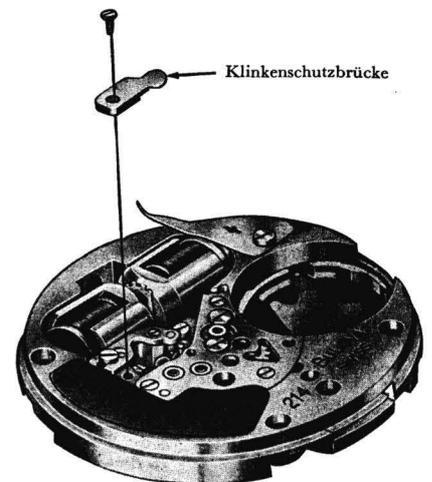


Abbildung 20

beschädigt würde. Wendet man das Werk um, so wird durch Abschrauben der Klinkenschutzbrücke das Klinkensystem sichtbar (Fortsetzung folgt)

DAS BULOVA ACCUTRON

(3. Fortsetzung – siehe auch NUZ Nr. 11/64, Seite 12 ff.)

Die Überprüfung und genaue Einstellung des Klinkensystems ist für den Uhrmacher *eine bislang ungewohnte Arbeit*. Sie erfordert einige Grundkenntnisse und Übung, besonders für die praktische Arbeit, die man am schnellsten unter dem obengenannten Binokular durchführen kann. Obwohl sich die Stimmgabelamplitude in einem Schwingungsbereich von 0,025 und 0,075 mm – also 1 bis 3 Zahnlängen – bewegen darf, ist eine exakte Einstellung erforderlich, ja sie stellt sogar die wesentlichste aller Reparaturarbeiten dar, denn sie ist für den genauen Gang der Uhr von größter Bedeutung. Hierbei sind die wichtigsten Arbeiten:

Geraderichten der Klinkenfedern sowohl in Längs- als auch in Drehrichtung (Verkantung),

Einstellung des Auflagedrucks der Klinkenfedern auf das Klinkenrad und

genaue *Einstellung der Distanz* zwischen Antriebs- und Sperrklinke.

Bei einer vollständigen Überholung werden diese Arbeiten *immer nach der Reinigung* durchgeführt. Es empfiehlt sich deshalb, vor der Reinigung das Klinkensystem unter einem Mikroskop oder Binokular auf grobe Fehler zu überprüfen, und erst dann das Werk vollständig zu zerlegen und zu reinigen.

Die Stimmgabel und Elektronikeinheit können nur ausgebaut werden, wenn *zuvor* der Klinkenschutzbügel gelöst und von dem Wirkungsbereich der Klinkenfedern weggedreht wird. Würde dies versäumt, so fände unweigerlich beim Herausnehmen der Stimmgabel eine Beschädigung der Antriebsklinke statt. Man lockert also nur die Befestigungsschraube, schiebt den Sicherungsbügel vorsichtig nach oben weg und dreht die Schraube wieder fest. Dabei ist darauf zu achten, daß Antriebs- und Sperrklinke, die durch den Sicherungsbügel hindurchgehen, nicht beschädigt werden. Abbildung 21 gewährt einen guten Einblick in das Werk und die Lage der einzelnen Teile.

Zum *Ausbau der Stimmgabel und Elektronikeinheit* wird das Werk mit der Zifferblattseite nach oben in den Werkhalter eingelegt und das Stoßsicherungsplättchen und beide Befestigungsschrauben der

Stimmgabel entfernt (Abbildung 22). Man dreht das Werk um und drückt mit einem Punzen durch das vorgesehene Loch in der Platine auf die Stimmgabel, bis sich diese löst (Abbildung 23). Die Stimmgabel kann nun an ihrem Fuß angehoben und vorsichtig nach oben gedreht werden. Damit wird das Schutzplättchen für die Verbindungsdrähte zur Elektronikeinheit zur Entfernung freigelegt, die Stimmgabel wird *ohne Gewaltanwendung* wieder in ihre normale Lage hinuntergedreht. Die vier Befestigungsschrauben für die Elektronikeinheit werden gelöst (Abbildung 24). Ohne das Werk umzudrehen, wird es aus dem Halter genommen und nun von oben mit der mit Aussparungen versehenen Seite auf das Werk gesetzt, bis der Positionsstift des Werkhalters in die Einbohrung am Rande der Grundplatte einrastet.

Wird nun, wie in Abbildung 25 gezeigt, mit einem Putzholz auf die bezeichneten Stellen gedrückt, so lösen sich Stimmgabel und Elektronikeinheit von der Platine, sie werden von den Vertiefungen im Werkhalter aufgenommen, ohne daß die Antriebsklinke beschädigt wird. *Zum Reinigen oder Auswechseln* kann man die Stimmgabel durch vorsichtiges Auseinanderspreizen der Spulen von der Elektronikeinheit trennen. Das Räderwerk, das nun noch in der Platine verblieben ist, wird wie bei einer herkömmlichen Uhr zerlegt. Um zu vermeiden, daß die Zähne des Klinkenrades beschädigt werden, ist das Rad stets am Trieb zu halten. Es darf auf keinen Fall an seiner Kante mit einer Pinzette erfaßt werden. Durch eine Beschädigung des Klinkenrades wird die ganze Funktion der Uhr in Frage gestellt. *Das Rad muß deshalb am Trieb gehalten werden.*

Es wird auch nicht in den üblichen Reinigungskorb getan, sondern ein mehrmaliges Durchschwenken in sauberem Benzin ist in der Regel ausreichend. Trotz der äußerst feinen Verzahnung kommt es nur selten vor, daß sich Schmutzteilchen auf diese Weise nicht lösen. Dabei sind dunkle Stellen auf dem Radkranz und dunkle Zähne nicht unbedingt schmutzig, es sind dunkle Flecken des Berylliums. *Die Stimmgabel mit Antriebsklinke* wird auf die gleiche Weise – also nicht im Reinigungskorb – gereinigt. Aufgrund der Tatsache, daß die Dauermagneten Eisenspäne anziehen, ist auf Sauberkeit auf dem Werk Tisch zu achten. Auch die Benzindose

© www.uhrenliteratur.de

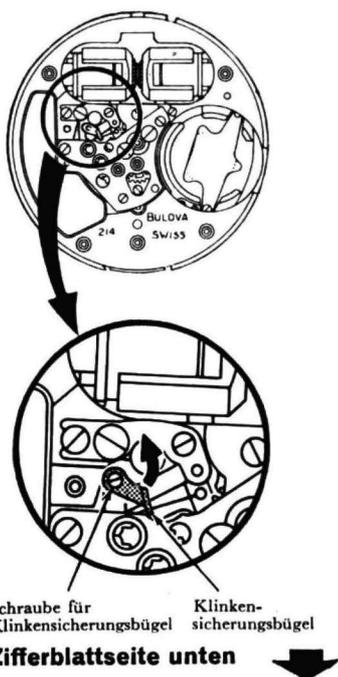


Abbildung 21

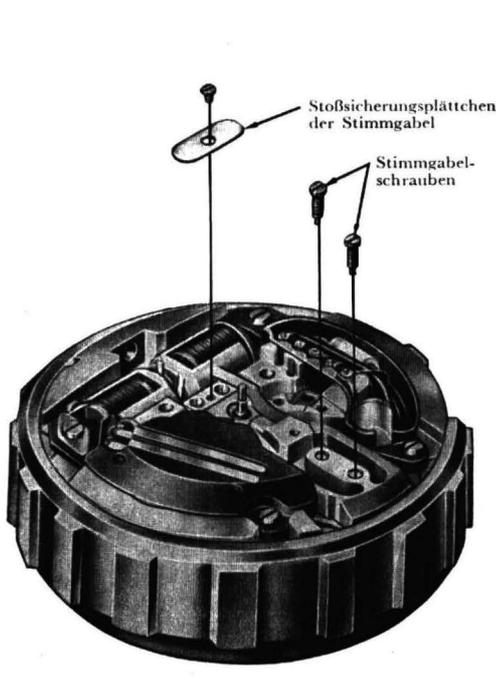


Abbildung 22



Abbildung 23

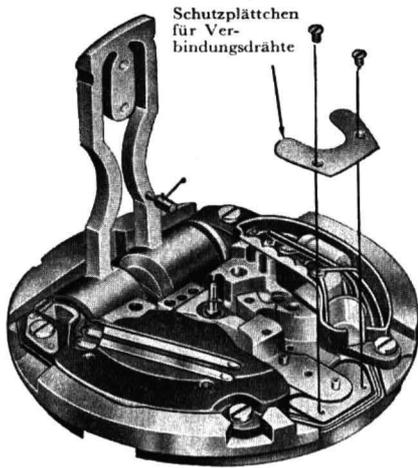
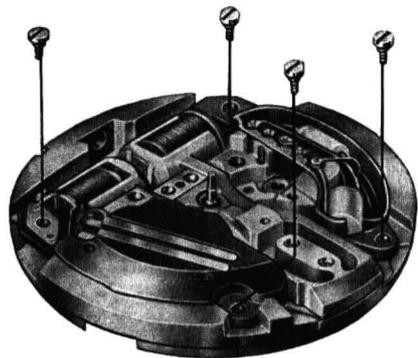


Abbildung 24



sollte vorher gesäubert werden. Trotzdem müssen nach der Reinigung die Dauermagneten auf eventuell anhaftende Eisenspäne untersucht werden. Gegebenenfalls können sie leicht mit Tesafilm abgezogen werden.

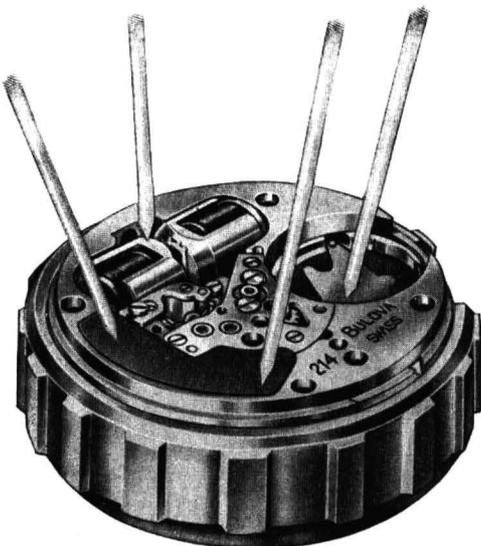


Abbildung 25

Auch der *Elektronikteil* braucht nicht gereinigt zu werden; sollte er sehr verschmutzt sein, kann man ihn in sauberem Benzin durchschwenken. Die Sperrklinkenbrücke und mit ihr die Sperrklinke brauchen nicht von der Platine geschraubt zu werden. Sie haben während der Reinigung ihren *natürlichen Schutz in der Platinenausfräsung*. Zur Reinigung des Werkes werden die üblichen Mittel verwendet.

Nach der *Reinigung* wird zunächst wieder das Räderwerk bis auf das Sekundentrieb zusammengesetzt. Die Friktionsfeder wird dabei zur Seite gedreht, damit die Räderwerkbrücke besser aufgesetzt werden kann. Auch hier wieder das Klinkenrad sorgfältig behandeln! Bei einer schrägen Haltung des Werkes mit einem sauberen Ölgeber nur den Radkranz von oben her vorsichtig berühren. Alle Radzapfen werden wie üblich geölt, ebenfalls die Spreizfeder des Minutenrades. Niemals Öl an die Klinkenradzähne, Antriebs- und Sperrklinkenstein bringen! Beim Einsetzen des Zentralsekundentriebes unbedingt auf die richtige Zentrierung zum Minutenrad hin achten! Eine Ungenauigkeit hier führt zu schlechten Gangergebnissen.

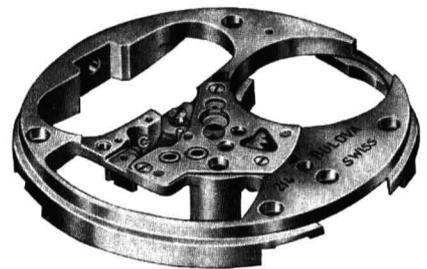
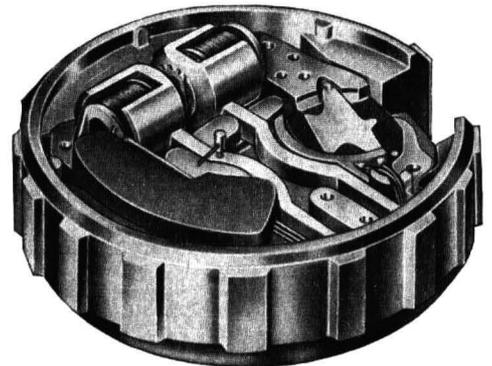


Abbildung 26



Zum Einbau der Elektronikeinheit und der Stimmgabel

werden diese in die dafür vorgesehenen Nischen des Werkhalters gelegt, darüber kommt die Platine (unter Berücksichtigung des Positionsstiftes) – Abbildung 26. Nun wird der Werkhalter so gehalten, daß die Werkplatte nicht herausfällt, das Ganze umgedreht, und *mit Hilfe eines Putzholzes*, das man durch die Löcher im Werkhalter von unten her einführt, wird die Stimmgabel und der Elektronikteil in die Platine gedrückt. Das Schutzplättchen der Verbindungsdrähte, das Stoßsicherungsplättchen der Stimmgabel und die Stimmgabel selbst werden nach Befestigung der Elektronikeinheit in der umgekehrten Reihenfolge wie beim Auseinanderbau wieder zusammengesetzt. (Fortsetzung folgt)



VOLL PERLEN GM BH · **WIESBADEN**

Import · ZUCHTPERLEN · Export

Schnüre · Einzelperlen · Collierschlösser · Schmuck-Fabrikation

Preisvergleichen heißt Geldverdienen!

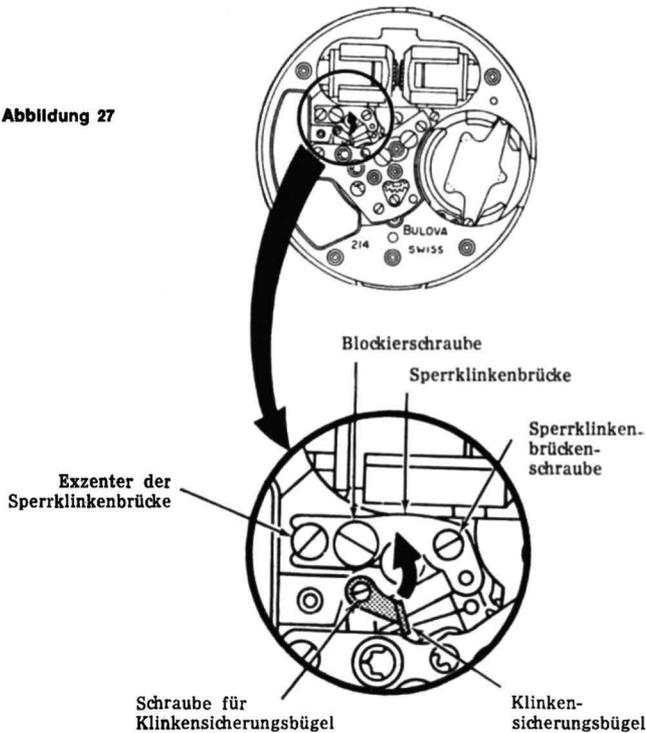
Bitte fordern Sie Auswahlendungen

WIESBADEN
Sonnenberger Str. 60
Tel.: (06121) 2 61 67

(Schluß – siehe auch NUZ Nr. 12/64, Seite 16/17)

Die Überprüfung und gegebenenfalls eine *Neueinstellung der Klinken* kann nun beginnen. Abbildung 27 zeigt die Werkseite mit einer starken Vergrößerung der Einzelteile. Der Klinkenschutzbügel bleibt also noch in der den Klinkenfedern abgewandten Lage. Das Werk wird nun unter das Mikroskop gelegt, um festzustellen, ob beide Klinken mit dem Klinkenrad in Berührung kommen. Trifft dies bei der Sperrklinke nicht zu, wird die in Abbildung 27 bezeichnete Blockierschraube gelöst und durch

Abbildung 27



Drehen des Exzenters die Sperrklinkenbrücke gedreht, bis die Sperrklinke mit dem Rad in Eingriff kommt. Die Sperrklinkenbrückenschraube bleibt angezogen. Um zu kontrollieren, ob beide Klinken in der richtigen Höhe zum Rad stehen (sie sollen, von der Werkseite aus gesehen, das Rad nicht in der Steinmitte berühren, sondern etwas über dem Radkranz liegen, um die Höhenluft des Rades zu berücksichtigen) und beide Steine flach auf den Zähnen des Rades aufliegen, hält man den Werkhalter mit dem Werk schräg, um einen besseren Einblick zu erhalten. Liegt der Antriebsklinkenstein zu hoch oder zu tief auf dem Rad auf, so kann seine Lage durch vorsichtiges Biegen des Antriebsklinkenstiftes auf der Stimmgabelzinke korrigiert werden. Ein dünnwandiger Lochpunzen wird über den Stift geschoben und die Lage berichtigt. Die Sperrklinke wird gegebenenfalls durch Biegen oder Drücken mit einer Pinzette an dem Sperrklinkenstift gerichtet (Abbildung 28).



Abbildung 28

Das Flachrichten der Steine auf den Radzähnen kann man mit dem Flachrichten einer Spirale vergleichen. Die Feder der betreffenden Klinke wird möglichst nahe am Sperrklinken- oder Antriebsklinkenstift erfaßt und vorsichtig gebogen, bis der Stein flach aufliegt (Abbildung 29). All diese Arbeiten sollten sehr vorsichtig ausgeführt werden. Hat man noch nie mit einem Mikro-

skop oder Binokular gearbeitet, sind vorher einige Übungsarbeiten empfehlenswert.

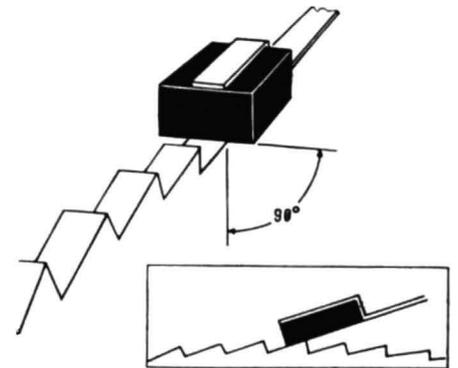


Abbildung 29

Der richtige Auflagedruck des Antriebsklinkensteines

wird kontrolliert, indem man die Zinke der Stimmgabel, an der die Klinke befestigt ist, vom Klinkenrad fort bewegt und dabei die Anzahl der Zähne zählt, mit denen der Stein in Eingriff bleibt. Dies geschieht am besten mit einem Putzholz, das man an die Ecke der betreffenden Weicheisenschale anlegt. Die Klinke verfügt über den richtigen Auflagedruck, wenn sie über eine Strecke von 5 bis 7 Zähnen mit dem Rad in Eingriff bleibt (Abbildung 30). Der Druck wird leicht durch Ab- oder Andrücken berichtigt.

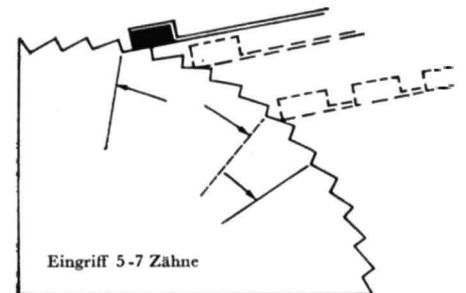


Abbildung 30

Bei der Sperrklinke erzielt man die richtige Vorspannung, indem man den in Abbildung 31 dargestellten Exzenter so lange dreht, bis die Sperrklinke ihre größte Distanz zwischen Rad und Stein erreicht hat. Nun darf die Sperrklinke das Rad nicht berühren, aber auch nicht mehr als eine halbe Steinbreite von ihm abstehen (Abbildung 31). Vorsichtig, ohne die Antriebs- und Sperrklinke zu berühren, wird nach vorherigem Lösen der Schraube, der Klinken-

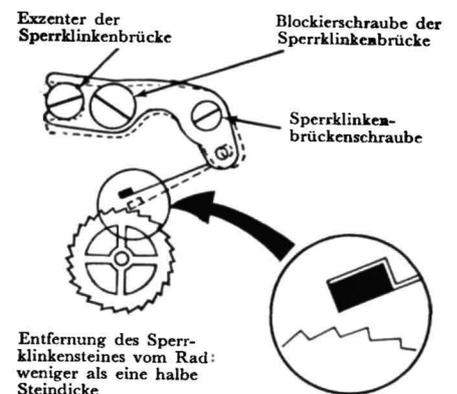


Abbildung 31

sicherungsbügel in seine richtige Lage gebracht. Sie ist erreicht, wenn sich die Antriebsklinke etwa innerhalb der Mitte des Schlitzes im Sicherungsbügel befindet. Es darf keinesfalls eine Berührung der Antriebsklinke innerhalb des Klinkensicherungsbügel-

stattfinden (Abbildung 32). Ist dies dennoch der Fall, muß der Sicherungsbügel so gebogen werden – entweder herauf oder herunter –, daß sich die Antriebsklinke *genau in der Mitte des Schlitzes befindet*. Das gleiche gilt selbstverständlich auch für die Sperrklinke, aber die Gefahr einer Berührung ist hier wesentlich geringer. Nur bei entsprechender Vergrößerung der schon erwähnten Schrägstellung des Werkes kann man diese Vorgänge im Werk beobachten.

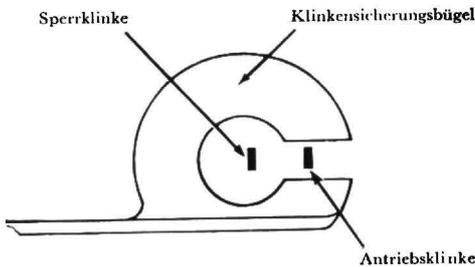


Abbildung 32

Bevor schließlich die Uhr in Gang gesetzt wird, muß das Prüfgerät (Abbildung 15) entsprechend eingestellt werden. Es liefert, wie bereits erwähnt, eine reduzierte Spannung, die so bemessen wurde, daß die Stimmgabel mit einer Amplitudenweite von *genau einer Zahnlänge schwingt*. Wurden die oben beschriebenen Einstellungen genau durchgeführt, sollte es möglich sein, das Accutron schon mit dieser reduzierten Spannung in Gang zu setzen. Wieder wird nun die Energiezelle in die Mitte des Gerätes eingeklemmt, doch die Schalter stellt man auf „Read Microampères“ und „Low Amplitude“.

Dann wird die Federklemme am Ende des Zweidrahtkabels *so am Werk befestigt*, daß der Finger der Klemme den Kontakt in der Zellennische berührt, der sonst mit dem + Pol der Energiezelle in Berührung kommt. Ist dies geschehen, sollte die Stimmgabel zu schwingen beginnen. Zeigt das Prüfgerät eine zu hohe Stromstärke an, bedeutet das, daß die Gabel nicht schwingt. In diesem Fall klopft man leicht auf das Werk, worauf die Gabel zu schwingen beginnt und die Stromanzeige gegen die untere Grenze des mit „O. K.“ bezeichneten Feldes (Mikroampères) oder etwas darunter absinkt. Das Meßgerät zeigt den im elektronischen Stromkreis fließenden Strom an. Wird nun der Exzenter der Sperrklinkenbrücke durch langsames Drehen in beliebiger Richtung gedreht (die Sperrklinke befand sich in ihrer größten Entfernung vom Klinkenrad), kommt der Sperrklinkenstein mit dem Klinkenrad in Berührung und setzt dies in Bewegung. Dies kann auch ohne Mikroskop wahrgenommen werden.

In gleicher Richtung wird nun der Exzenter weitergedreht, bis das Rad zum Stillstand gelangt, und erst beim nochmaligen Anlaufen, also beim zweiten Mal, ist die Distanz zwischen Antriebs- und Sperrklinkenstein, sowie der Auflagedruck des letzteren richtig eingestellt. Die Blockierschraube der Sperrklinkenbrücke wird fest angezogen, damit sich die Brücke nicht aus ihrer Lage verschieben kann. Wurde zu Beginn dieser Arbeit die Stromaufnahme an der unteren Grenze des mit „O. K.“ bezeichneten Feldes angezeigt (die Stimmgabel schwingt ohne Belastung), so steigt jetzt die Stromaufnahme des elektronischen Stromkreises und somit auch der Zeigerausschlag geringfügig, wenn das Räderwerk in Betrieb ist. Die Stromanzeige kann oberhalb der Markierung liegen, wenn das Werk erwärmt wurde. *Bei Strommessungen sollte man dies beachten.*

Nach dem Abnehmen der Federklemme des Prüfgeräts vom Werk kann zum Abschluß *die Klinkenschutzbrücke* eingebaut werden. Abbildung 33 zeigt den Einbau des Zeigerstellgetriebes, des Zifferblattes und der Zeiger. Bei Bulova-Kaliber 214 H wurde der Zeigerstellmechanismus durch eine Bremsfeder verbessert, die es ermöglicht, das Accutron sekundengenau einzustellen. Diese Feder drückt beim Hochstellen des Zeigerstellbügels gegen eine Stimmgabelzinke, wodurch die Stimmgabel gebremst wird.

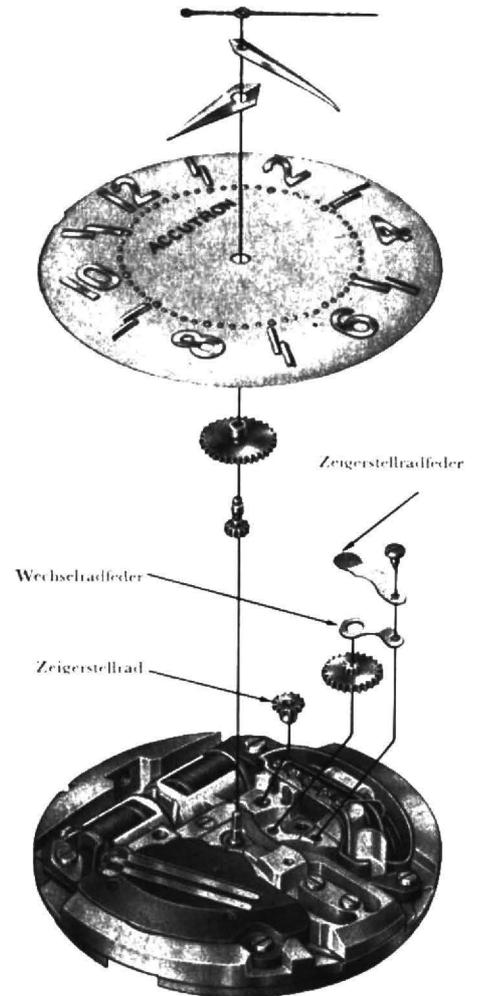


Abbildung 33

Die Bremsfeder ist richtig eingestellt, wenn sie die Stimmgabel berührt, bevor das Zeigerstellrad mit dem Wechselrad in Eingriff kommt. Vorsicht beim Aufsetzen des Sekundenzeigers! Das Räderwerk darf sich dabei nicht rückwärts bewegen, höchstens langsam vorwärts. Eine Beschädigung des Klinkensystems wäre sonst die Folge. Die Zifferblattschrauben dürfen nicht zu straff angezogen werden, da das Zifferblattfußgewinde leicht überdreht werden könnte. Nach dem Einbau der Kontaktfeder kann das Werk in das Gehäuse eingesetzt werden (Abbildung 34). Man berücksichtige den Dichtungsring und den Orientierungsnocken am Gehäuseboden.

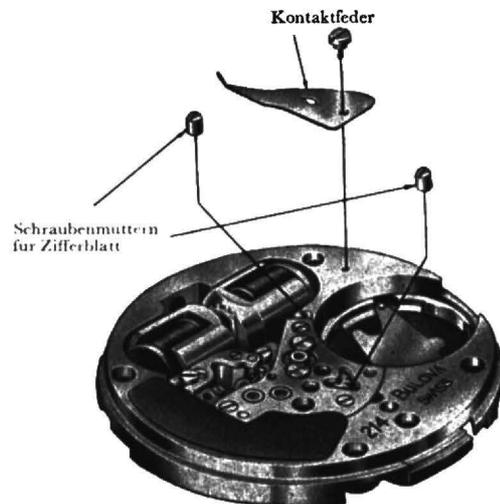


Abbildung 34

© www.uhrenliteratur.de

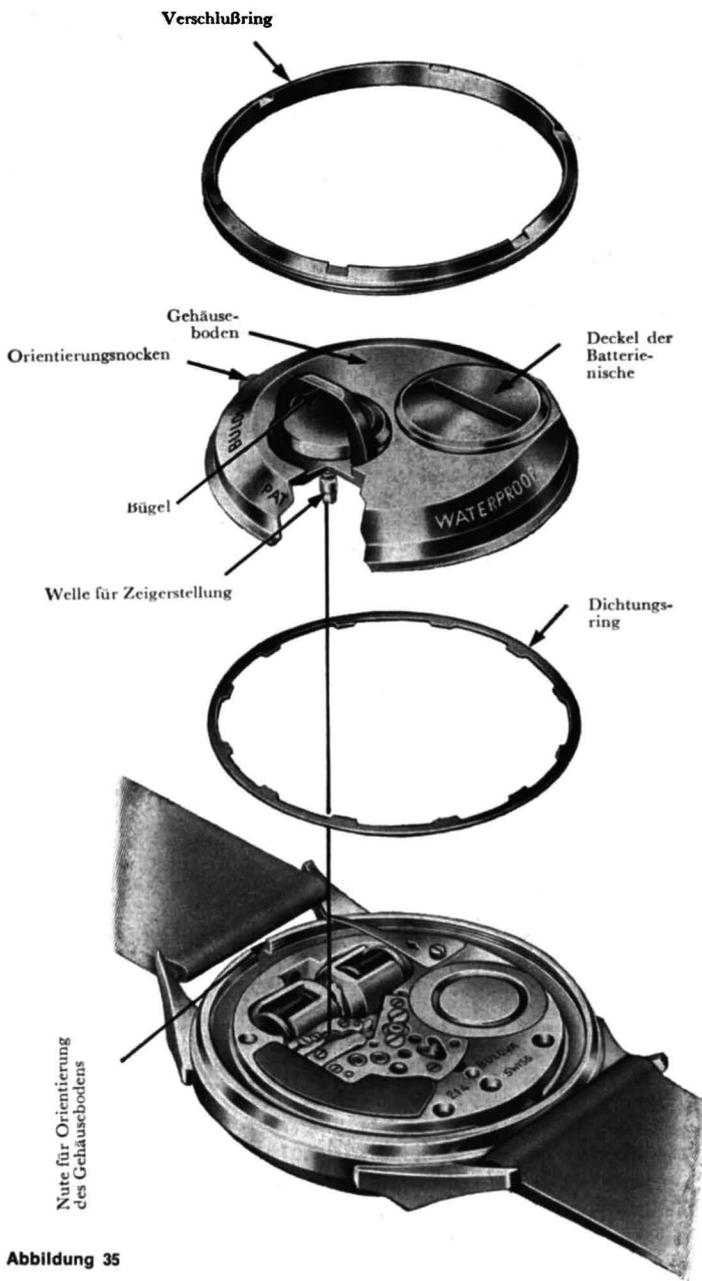


Abbildung 35

Bevor endlich der Gehäuseboden aufgesetzt wird, bringt man den Zeigerstellschlüssel in die in Abbildung 35 gezeigte Stellung. Der Schlüssel darf erst versenkt werden, wenn mit Sicherheit das Vierkant der Zeigerstellwelle im Zeigerstellrad eingerastet ist. Die Zeigerstellwelle würde sonst das Trieb gegen das Zifferblatt drücken und es evtl. beschädigen. Nun Verschlußring aufsetzen und fest verschließen!

Leider ist es nicht möglich, das Accutron auf den üblichen Zeitwaagen ohne ein Zusatzgerät, den Frequenzumsetzer, zu regulieren. Man stellt deshalb das Accutron genau ein (Zeitzeichen, Sekundenuhr oder durch telefonische Zeitanzeige) und vergleicht die



Abbildung 36

Zeit mindestens eine Stunde lang. Ist eine Regulierung notwendig, so kann dies leicht durch Verschiebung der Reguliermassen geschehen. Hierbei entspricht eine Vertiefung oder Erhöhung der Verzahnung einer Gangänderung über 24 Stunden um 2 Sekunden. Wie bereits erwähnt, ist es dabei gleichgültig, ob die Regulierung nur an einer oder an beiden Massen vorgenommen wird. Eine Verschiebung nach außen erzeugt ein Nachgehen (Abbildung 36, siehe auch die ausführliche Erläuterung im Abschnitt „Stimmgabel“). Bei einer Verschiebung nach innen wird ein Vorgehen der Uhr erzielt (Abbildung 37). Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Beanspruchung beim Tragen werden die besten Gangergebnisse erzielt, wenn man das Accutron so einreguliert, daß es „Zifferblatt oben“ 1 1/2 sec. nachgeht.



Abbildung 37

Bei auftretenden Fehlern unterscheidet man zwischen Fehlern, die auf einer ungenügenden Zeitanzeige basieren und denen, die das Accutron zum Stillstand bringen. Zu der ersten Kategorie gehören Fehler wie schlechte Energiezelle, falsche oder ungenügende Einstellung des Klinkensystems, verschmutztes oder beschädigtes Klinkenrad, lose Schrauben oder Metallteilchen auf den Magneten der Stimmgabel, zeitweilige Behinderung und Blockierung des Räderwerks oder der Stimmgabel.

Stehen die Zeiger, der Summton ist jedoch hörbar, kann man daraus schließen, daß die Batterie und der elektronische Stromkreis arbeiten und die Stimmgabel schwingt. Die Störungsursache ist dann im mechanischen Teil zu suchen. Um festzustellen, ob das Räderwerk blockiert ist oder nicht, zupft man an der Stimmgabelzinke, an welcher die Antriebsklinke befestigt ist, und beobachtet die Räder durch eine Lupe. Kann keine Bewegung des Räderwerks festgestellt werden, muß auf eine Blockierung geschlossen werden. Zum völligen Stillstand kann das Accutron durch eine entladene Energiezelle kommen, ferner durch Störungen im elektronischen Stromkreis (Unterbrechung, Kurzschluß oder Entmagnetisierung der Stimmgabel), mechanische Blockierung des Räderwerks oder der Stimmgabel.

Abschließend sei noch einmal auf jene Teile hingewiesen, denen bei fachgerechter Wartung dieser Uhr besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Beim Aufsetzen und Abnehmen des Sekundenzeigers darf sich das Räderwerk nicht rückwärts – höchstens langsam vorwärts – bewegen, da durch eine Rückwärtsbewegung das Klinkenrad einschließlich Sperr- und Antriebsklinke beschädigt werden kann. Die Antriebsklinke, die Sperrklinke, ihre Steine und das Klinkenrad sind äußerst sorgfältig und genau hergestellte Teile; sie sollten am besten so wenig wie möglich berührt werden. Sie dürfen niemals geölt werden!

Die Spulen und Verbindungsdrähte der Elektronik dürfen nicht berührt oder beschädigt werden. Die Uhr darf nicht entmagnetisiert oder übermäßig starken Magnetfeldern ausgesetzt werden (Beeinträchtigungen der Ganggenauigkeit). Die Stimmgabel sollte sorgfältig und vorsichtig behandelt werden, ihre Zinken dürfen niemals gebogen, ihre starken Permanentmagnete werden beschädigt, wenn sie Eisenteile anziehen oder von großen Eisenteilen angezogen werden.

Quellennachweis

„Bulova Accutron“, Techn. Handbuch und Bedienungsanleitung
 „Die Stimmgabel als Frequenznormal“, Techn. Rundschau Nr. 19 vom 26. 4. 1963

**Bulova ist für die Uhrenbranche in Deutschland ein junger Name.
Aber was dieses Haus dem Fachmann präsentiert,
hat sowohl von der avantgardistischen Technik als auch
durch gekonntes Styling Gewicht.
Hier ein Blick in die Kollektion bis hin zum Bulova-Accutron**

1

Ref. 11417 · Eleganz besticht bei dieser Automatic im Edelstahlgehäuse mit seinem 10 kt. facettengeschliffenen Goldring · Die Uhr ist superwasserdicht, hat Kalender, vergoldetes Zifferblatt, Leuchtkeile, Leuchtzeiger und Zentralsekunde

2

Ref. 117016 · Extrem flach ist diese Herrenarmbanduhr mit 18 kt. Goldgehäuse. Bestehend das Design, dem sich das vergoldete Zifferblatt harmonisch zuordnet

3

Ref. 11418 · Markant und wirkungsvoll zugleich, verleiht dieser Edelstahl-Kalender-Automat modernem Stilempfinden Ausdruck · Strenge Gehäuseform, aufgelegte Leuchtkeile und betonte Zeiger geben dieser superwasserdichten Uhr Gesicht

4

Ref. 41701 · Elektronisch wird das Werk dieser „Caravelle“ von Bulova gesteuert. Das Gehäuse ist mit 10 Mikron Goldauflage versehen, die elegante Uhr ist wasserdicht, hat ein versilbertes Zifferblatt, Leuchtpunkte, Leuchtzeiger und Zentralsekunde

5

Ref. 720106 · Sportlich das Styling dieser Bulova Damen-Snorkel-Taucheruhr, garantiert wasserdicht bis zu 200 m Tiefe · Trotz knapper Abmessungen verfügt diese Automatic in Edelstahlgehäuse über eine gut lesbare Kalenderschaltung. Das Modell mit schwarzem Zifferblatt hat Leuchtkeile, Leuchtzeiger, Zentralsekunde, einen arretierbaren Tauchzeitring mit markierter 15-Minutengrenze und Gummiarmband

6

Ref. 741001 · Hochelegant wirkt diese aparte Bulova-Damen-Automatic mit Kalender. Das Gehäuse hat 30 Mikron Goldauflage, das Zifferblatt ist vergoldet

7

Ref. 11416 · Dieser sowohl im Design als auch in der Ausstattung gelungene Bulova Oceanographer ist bis zu 100 m Tiefe garantiert wasserdicht · Satiniertes Zifferblatt, vier rote Keile, Leuchtpunkte und schwarze Leuchtzeiger, Zentralsekunde und rotes Corfam-Band unterstreichen die männlich-elegante Note.

8

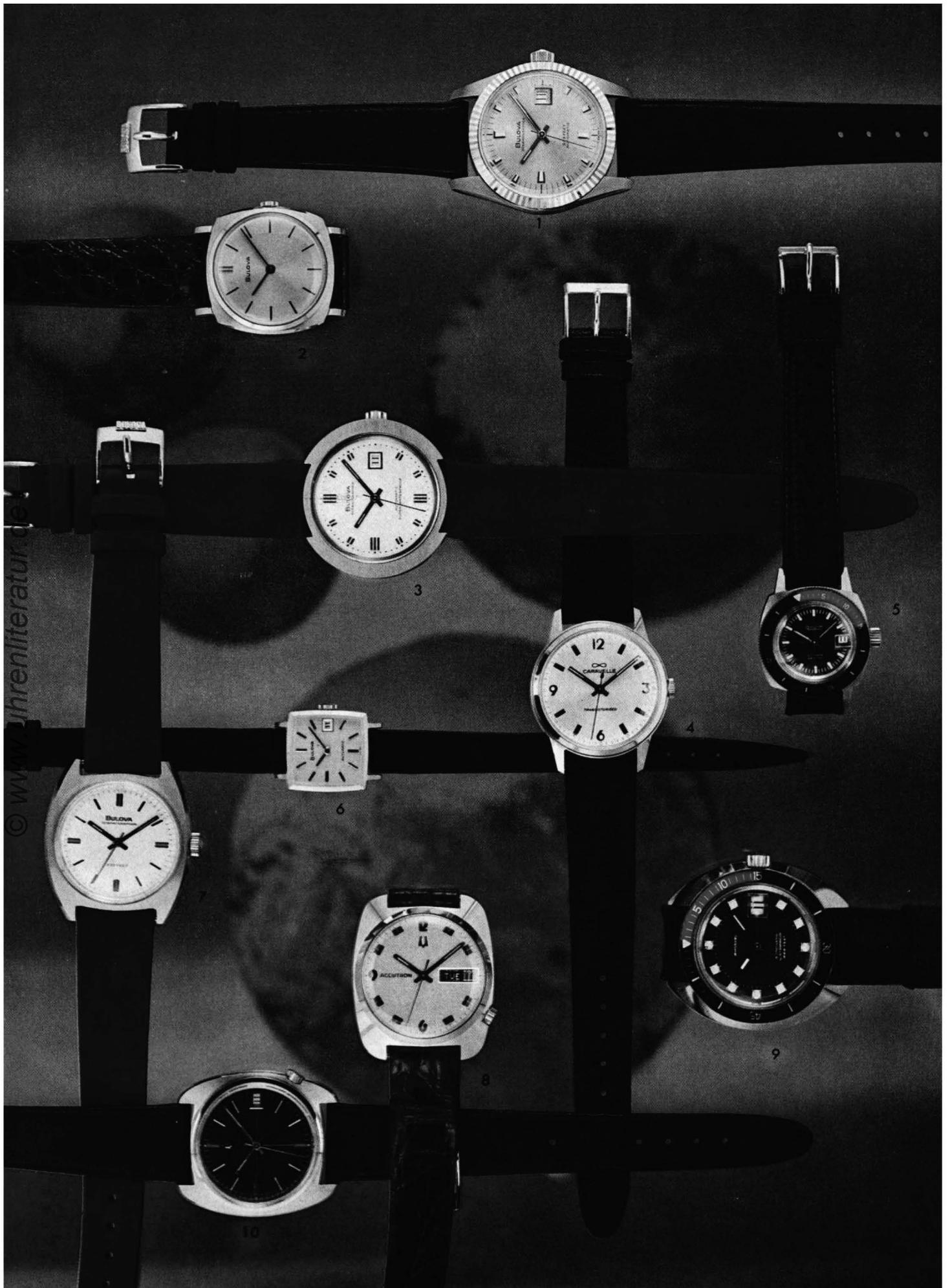
Ref. 25505 · Bulova-Accutron der Serie 218 in besonders flacher Ausführung. Das Day-Date-Modell der elektronisch gesteuerten Stimmgabeluhr hat ein 14 kt. Goldgehäuse, es ist wasserdicht, das Zifferblatt ist vergoldet und mit 18 kt. Goldkeilen, Leuchtzeigern und Zentralsekunde versehen

9

Ref. 170111 · Das Parallel-Modell zur Bulova-Damen-Snorkel-Taucheruhr, ebenfalls garantiert wasserdicht bis zu 200 m Tiefe · Auch alle übrigen Merkmale gleichen dem Damen-Modell – nur die Abmessungen sind betont sportlich und männlich gewählt

10

Ref. 21364 · Ebenfalls ein bestechendes Bulova-Accutron-Modell der Serie 218 mit elektronisch gesteuerter Stimmgabel in sehr flacher Ausführung · Kalender, schwarzes Zifferblatt, Leuchtpunkte, rot markierte Keile und Zentralsekunde fügen sich im Edelstahlgehäuse zum ästhetischen Ganzen



Bulova '68 Report

Neben vielen anderen Ereignissen brachte das Jahresende eine neue

menschliche Höchstleistung in unserer an spektakulären Ereignissen nicht armen Zeit: Zum ersten Mal navigierten Menschen durch den Weltraum. An diesem Erfolg war auch Bulova beteiligt. Bulova-Zeitmesser und spezielle Navigationsinstrumente, die auf dem Bulova Accutron-System aufgebaut sind, gehören heute zu den NASA-Projekten. Und so bedeutsam der Erfolg der Weltraumfahrer war – gleichzeitig ist er auch ein Symbol für das «Bulova-Jahr '68»: Bulova weist international einen kontinuierlich steigenden Gewinn nach, die Aktien kletterten von 34 auf 51 Punkte – allein in den letzten zwei Monaten des Jahres 1968.

Besonders bedeutsam war auch ein Vertrag, den Bulovas Präsident Harry B. Henshel für Bulova in der Schweiz mit der Ebauches SA besiegelte: Künftig werden die Erfindungen beider Unternehmensgruppen zur gegenseitigen Nutzung freigegeben; damit ist die Firma Ebauches berechtigt, Uhrwerke nach dem Bulova Accutron-System herzustellen und an ihre Kunden zu verkaufen. Wie hoch damit das Bulova Accutron-System eingestuft wird, ist dem Eingeweihten klar, denn Ebauches selbst ist mit eigenen Erfindungen mehrfach international hervorgetreten. Für Bulova bedeutet dieser Vertrag, ausser der damit ausgesprochenen Anerkennung, auch einen weiteren kontinuierlichen Gewinnanstieg durch die Einkünfte aus dem Lizenzabkommen. Für Käufer schliesslich resultiert daraus, daß das weltweite Service-Netz für das Bulova Accutron-System (von Bulova allein für 111 Länder garantiert) noch weiter verdichtet wird.

Die Bulova GmbH-Vertrieb in Pforzheim hat ebenfalls ein besonders erfolgreiches Jahr hinter sich: Im Jahr '68 wurde besonderer Wert darauf gelegt,

das partnerschaftliche Verhältnis zu den Konzessionären noch enger

zu gestalten. Die Zahl der Konzessionäre stieg und der Umsatz wurde bemerkenswert erweitert. Steigerungsrate: 159%.

Interessant ist die Struktur des Bulova-Umsatzerfolges: Der auf Grund seiner technischen Attraktion und ausserordentlichen Leistung leicht verkäufliche Zeitmesser Bulova Accutron ist nur im Verhältnis 2:8 an dem gesamten Stückumsatz beteiligt.

Bulova-Geschäftsführer Rudolph C. Richter schreibt Art und Grösse des Umsatzerfolges vor allem den in der Bundesrepublik besonders intensiv betriebenen Bemühungen um eine echte Partnerschaft mit den Konzessionären zu. Hilft schon das Bulova-Finanzierungs-System dem Fachhändler umsatzgerecht zu disponieren, so wirkt um so mehr das gesamte Bündel an Bulova-Leistung für den Umsatz des Konzessionärs: Die von Bulova in Deutschland intensiv betriebene Marktforschung, die spezielle Sortimentsgestaltung, die Schwerpunktbildung innerhalb der Kollektion und auf die einzelnen saisonalen Umsatzspitzen des Fachhändlers, die Schulung für Service und Verkauf, geben dem Bulova-Konzessionär mehr als die übliche Unterstützung, die gewöhnlich nur auf den Umsatzerfolg des Herstellers zielt. Mit diesem Marketing-Instrumentarium kann der Fachhändler für seinen ganz persönlichen Umsatz sorgen.

Auch die Erfolge der Bulova-Forschung kommen dem Fachhändler zugute: Das Bulova Accutron-System – heute das modernste Zeitmessungssystem, das breit angewendet werden kann – wird sicherlich früh genug seine Nachfolger haben; kürzlich stellte Bulova bereits die nächsten Phasen vor: Es sind Quarz- und Atom-Uhren.

Bulova wird auf der Hannover Messe in der Halle 19, Stand 1H15, zu finden sein.

...es war
ein erfolgreiches Jahr!


BULOVA

N+P



Das Bulova-Accutron®
hat in der Technik
moderner Zeitmesser
neue Maßstäbe gesetzt.

Lückenlos umfaßt
das Bulova-Sortiment
preiswerte Aufzugsuhren,
robuste Automatics
und Bulova-Accutron®-Modelle
in verschiedenen Ausführungen,
in Edelstahl, Doublé oder Gold.

Bulova –
einer der aktivsten
und der Welt größter Hersteller
von Qualitätsarmbanduhren.

BULOVA®

Bulova GmbH - Vertrieb
753 Pforzheim · Gülichstraße 12
Telefon (07231) 40818

