

4.4.8. Bulle-Clock



Abbildung 1

Ende des 1. Weltkrieges entwickelten Maurice Favre-Bulle und Marius Lavet in ihrer kleinen Firma Prototypen von elektrischen Uhren. Diese Uhren sollten ein direkt elektromagnetisch angetriebenes Pendel haben, die Spule befand sich – im Gegensatz zu anderen Konstruktionen – am Pendel. Abbildung 2 zeigt das Uhrwerk der Uhr von oben, einem Modell von ca. 1935. Man erkennt den Aufbau auf einer Platte aus Aluminiumguss, an der das Uhrwerk mit Pendel, festem Magnet und Kontakteinrichtung am Anker befestigt ist. Die Anschlüsse zur Batterie befinden sich oben an einem isolierten Träger, der mit dem Pendel elektrisch verbunden ist. Der andere Anschluss befindet sich am Uhrwerk, welches elektrisch von der Grundplatte getrennt ist.



Abbildung 2

Abbildung 3 zeigt die grundsätzliche Funktion der Uhr. Der Magnet **E** ist mit dem Werkgestell fest verbunden. Die Spule **D** befindet sich am Pendel. Der Stromkreis läuft von der Zelle über die Kontaktfeder **A** zum Anker **B**. Eine Seite des Ankers ist isoliert, die andere leitend. Über den Stift **C** bekommt die Spule **D** einmal pro Schwingung einen kurzen Stromimpuls. Über die Stromleitspirale **F** führt der Stromkreis wieder zur Zelle zurück.

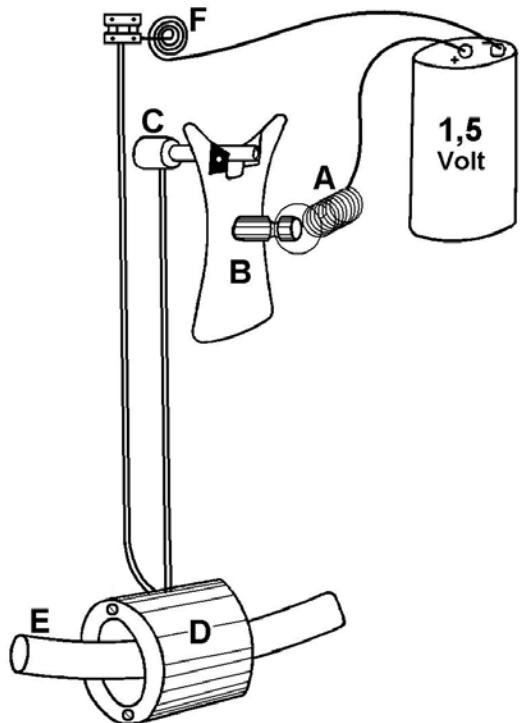


Abbildung 3

Um 1920 gab es zu dieser Uhr die ersten Patente von M. Favre-Bulle, zusammen mit der Witwe von Marcel Moulin. Im Laufe der nächsten Jahre entwickelte sich daraus eine Uhrenproduktion, so dass ab ungefähr 1923 bis in die Jahre nach dem

2. Weltkrieg über 300.000 Uhren produziert wurden. Im Laufe dieser langen Zeit blieb das Prinzip der Uhren erhalten, im Detail unterschieden sie sich aber. So gab es große Uhren mit relativ langem Pendel, aber auch Cloclettes mit Kurzpendel wie die Uhr oben. Die Uhrwerke selbst sind unter sich immer sehr ähnlich und sofort zu erkennen.

Die Bulle-Clock hat eine für ihr Alter eigenartige Konstruktion. Verglichen mit den sonstigen Uhren dieser Zeit ist alles anders. Das Pendel treibt das Uhrwerk an, die Pendelfeder ist aus einem Seidengewebe, der Isochronismus wird durch eine zylindrische Feder erzeugt und das Pendel soll möglichst weit schwingen. Dafür zeigt die laufende Uhr einen relativ genauen Gang über eine lange Zeit ohne Wartung. Auch die Zelle mit der Spannung von 1,5 Volt hält viele Jahre.

Die Schemazeichnung des Stromkreises zeigt die Spule **D**, die um einen stabförmigen Magneten schwingt. Jedes Mal, wenn der Stromkreis durch die leitende Seite (hell) des Ankers **C** geschlossen wird, wird die Spule nach rechts getrieben. Also muss bei jeder Schwingung einmal kurz der Stromkreis geschlossen werden, um die Uhr in Gang zu halten. Der Kontakt wird mit der Ankergabel hergestellt. Eine Seite der Gabel ist aus Silber, ebenso der Kontaktstift am Pendel. Die andere Seite der Ankergabel ist aus Kunststoff, so dass der Kontakt bei der Halbschwingung nur nach rechts kurz geschlossen wird. Danach ist der Kontakt für den Rest der Schwingung geöffnet, so dass kein Strom fließt. Die Spule hat einen sehr hohen Widerstand von 1150Ω .

Die Kontaktanordnung in Abbildung 4 im Detail: Der Ankerkörper ist aus Metall, zur Verbesserung des Kontaktschlusses ist eine Seite des Ankers mit einer Silberplatte belegt **Si**. Die andere Seite des Ankers ist isolierend. Das Pertinaxplättchen **Pp** sorgt dafür. Bei einigen Uhren ist der ganze Anker aus Kunststoff, nur das Silberplättchen sorgt für den Kontaktschluss. Bei anderen Modellen wurde der Ankerkörper aus Metall vom eigentlichen Silberkontakt durch Hartpapier isoliert. Der Kontaktstift **St** ist auf der Pendelstange befestigt und greift mit 2/3 seines Durchmessers in den Anker. Auf der Welle des Ankers sind die Transportklinken befestigt, die das Klinkenrad weiter befördern.

Während der Rechtsschwingung (linkes Bild) gelangt der Silberstift **St** des Pendels gegen das Kunststoffplättchen **Pp**. Der Stromkreis bleibt offen.

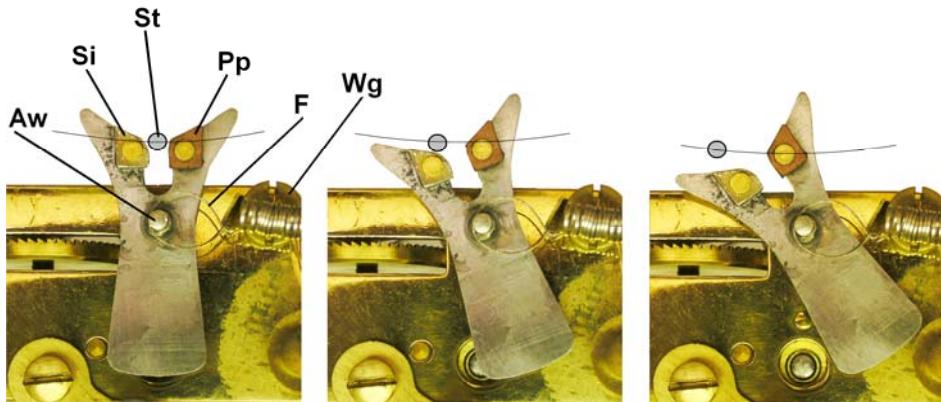


Abbildung 4

Schwingt das Pendel anders herum, so gelangt der Silberstift **St** gegen das Silberplättchen **Si** an der Ankergabel. Da der Anker nur mit einem hohen Übergangswiderstand (Öl an der Ankerwelle) mit dem Werkgestell verbunden ist, gibt es eine Drahtfeder aus Silber **F**, welche die Ankerwelle **Aw** mit dem Werkgestell **Wg** über einen einstellbaren Hebel leitend verbindet. Der Silberstift des Pendels hat etwas Spiel in der Gabel. Bewegt sich das Pendel nur ein ganz klein wenig, wird der Kontakt kurzzeitig geschlossen, und das Pendel schwingt hoch. Diese Uhr ist also selbst anlaufend!

Eine Eigenart dieser Uhr ist die Pendelfeder aus Seide. Diese Feder muss die Pendelstange vom Gehäuse elektrisch isolieren. Eine handelsübliche, passend ausgesuchte Pendelfeder aus Metall hat die Eigenschaft, die großen Schwingungen im Verhältnis zu den kleinen zu beschleunigen, so dass am Ende Isochronismus entsteht und alle Schwingungen gleich schnell erfolgen. Das kann die Textilpendelfeder nicht. Daher ist eine sogenannte Isochronismusfeder **Is** eingebaut (Abb. 5). Durch diese Feder wird das Pendel an der Pendelstange **Ps** zusätzlich in die Mittellage zurückgezogen. Der Pendelausschlag kann – und soll – bei dieser Uhr sehr weit sein, nach meinen Messungen an einer Musteruhr sind das von der Mittellage aus 9°. Dadurch ergibt sich nach dem Lehrbuch der Uhrmacherei von Saunier, Bd. 3, Seite 134, die Verspätung von 2 Minuten und 15 Sekunden pro Tag, verglichen mit einer Uhr ohne Isochronismusfehler.

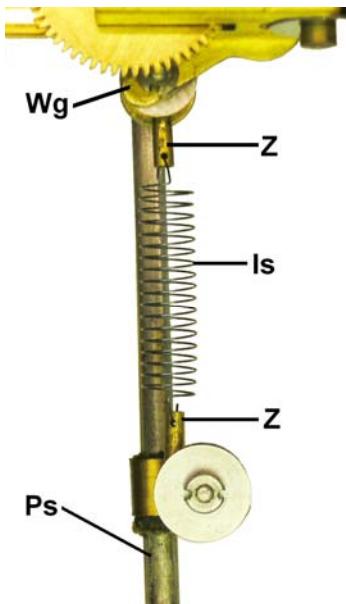


Abbildung 5

Das wäre kein Problem, wenn über die gesamte Lebensdauer der Batterie die Pendelamplitude gleich bleiben würde. Da die Batteriespannung im Laufe der Zeit nachlässt, gäbe es große Gangunterschiede.

Bei richtiger Einstellung der Feder **Is** sollen sich keine Gangunterschiede bei voller und gebrauchter Batterie ergeben, also bei großer und kleiner Pendelamplitude. Dabei sind an den Befestigungen an Platine **Wg** und Pendelstange **Ps** kleine Gelenk-Zwischenstücke **Z** über Stahlstifte befestigt, die eine allzu große Reibung verhindern. Die Isochronismusfeder **Is** ist dazwischen aufgespannt.

So einfach, wie die Uhr auf den ersten Blick aussieht und funktioniert, so schwierig und zeitaufwendig ist die Reparatur, abgesehen von der Beseitigung einfacher Fehler und dem Batteriewechsel. Dafür entschädigt die Uhr mit einer langen Laufzeit zwischen den Reparaturen, und geringen Verschleißerscheinungen. Eine gut reparierte Uhr sollte ohne Probleme mindestens 10 Jahre laufen. Die Gehäuse dieser Uhren sind interessant, und daher sind es hoch begehrte Uhren, die noch nicht einmal besonders selten sind.

Das Räderwerk ist einfach aufgebaut und für eine Großuhr sehr klein. Ein Klinkenrad mit einer Schnecke greift direkt in

das Minutenrad. Durch das Schneckengetriebe ist das Räderwerk selbstsperrend, es dreht sich also nicht beim Zeigerstellen, wie das bei vielen anderen elektrischen Uhren der Fall ist. Das Bild eines ungereinigten Werkes kann eine Hilfe beim Zusammensetzen sein, da beim Zerlegen häufig unterschätzt wird, wie schwierig das Zusammenbauen ist. Es lohnt sich, schon bei der Demontage viele Bilder zu machen.



Abbildung 6

Ein frühes Uhrwerk bis zur Werk-Nummer 15.000 zeigt Abbildung 6. Hier besteht das Werkgestell aus einer Platte und einem Vierkantprofil aus Messing. Die Montage ist einfach, und die Fortschaltung des Klinkenrades unterscheidet sich von den späteren Modellen. Bei der Demontage dieser frühen Uhrwerke muss man zunächst die Madenschraube an beiden Trieben entfernen und die Wellen herausziehen, bevor man an die Schraube kommt, die das Vierkantprofil auf der Messingplatte befestigt.

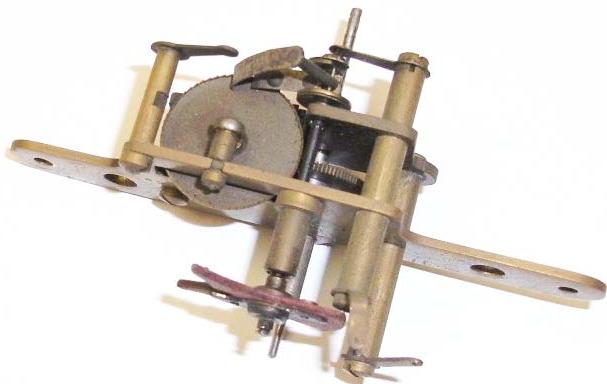


Abbildung 7

Bei den späteren Uhrwerken (Abb. 7) gibt es verschiedenste Messingröllchen in unterschiedlichen Längen, die auf Gewindestangen geschoben sind. Wenn man alle zusammen reinigt, dann hat man Probleme mit der Zuordnung der Teile. Entweder sollte man also die Röllchen ausmessen und sich alles notieren, oder man macht einige Fotos des Uhrwerkes vor der Demontage.

Bei der Demontage des Räderwerkes aus der Haltevorrichtung sollte man auf die Isochronismusfeder achten. Sie muss vorher (!) ausgehangt werden.

Insbesondere folgendes sollte notiert werden:

- Wo sind welche Abstandhalter? Ausmessen! Wie sehen die Schrauben und Muttern aus? Es gibt 4 verschiedene, bei denen es z. T. nicht egal ist, wie herum sie montiert werden. Die Muttern bei den Bulle-Clocks sind z. T. auf einer Seite gewölbt, so dass sie nur richtig herum eingebaut werden sollten, rein aus optischen Gründen.
- Wie weit ist die Silberfeder gespannt?
- Wie viel Luft hat die Höhenbegrenzung des Klinkenrades nach oben (Axialspiel, Sollwert 0,1mm)?
- Wie steht die Höhenbegrenzung des Ankers (Axialspiel, Sollwert 0,2mm)?
- Wie steht die Isochronismusfeder? Gespannte Länge ausmessen. Das erspart eine Grobregulierung.
- Bei dem hohen Alter der Uhr kann man sich aber leider nicht mehr immer auf die korrekte Einstellung der Teile vor der Reinigung verlassen. Also, Vorsicht! Möglicherweise helfen hier die Bilder.

Nach der Reinigung sollten alle Silberenteile metallisch blank sein, da hier die Kontaktabgabe erfolgt. Beim Zusammenbau müssen Schneckentrieb und Minutenrad so eingestellt werden, dass der Eingriff ein wenig Luft hat, damit sich alles leicht dreht.

Das Schneckentrieb des Klinkenrades kann man von der Welle abziehen, wenn man die Madenschraube löst. Nur dann kann alles gut gereinigt werden. Falsche Montage dieses Teils wird durch eine kleine Bohrung des Triebes verhindert. Nur mit ganz eingeschraubter Madenschraube kann sich das Rad in der Führung komplett drehen, ohne irgendwo anzustoßen.

Die Reinigung des Räderwerks stellt keine besonderen Ansprüche. Nach der Reinigung sollte das Deckplättchen unterhalb des Klinkenrades besonders genau auf Sauberkeit und Verschleiß kontrolliert werden. Eventuell muss man das Deckplättchen umdrehen, um eine verschleißfreie Stelle zu bekommen. Ansonsten muss ein neues angefertigt werden.

Über dem Klinkenrad ist eine Höhenluftbegrenzung eingesetzt. Sie soll verhindern, dass sich das Klinkenrad beim Rückwärtsdrehen der Zeiger allzu sehr hebt. Diese Begrenzung soll auf 1/10 mm Höhenluft eingestellt werden.

Beim Einbau des Räderwerkes ins Gestell muss der Silberstift des Pendels immer in die Gabel fassen. Sonst wird das Pendel nach hinten geschoben, und die Pendelfeder wird zerstört.

Das Räderwerk ist vom Uhrengestell elektrisch isoliert. Damit entsteht kein Kurzschluss, wenn die Spule des Pendels den Magneten berühren sollte. Dazu sind Kunststoffröllchen auf die Stifte geschoben, auf die dann das Räderwerk gesetzt wird. Darauf folgen je eine Kunststoffscheibe, eine Unterlegscheibe und die Befestigungsmutter. Weil die Kunststoffteile nach der langen Zeit z. T. brüchig geworden sind, ist manchmal eine Neuanfertigung oder ein Ersatz unumgänglich. Einige Ersatzteile werden für diese Uhren als Nachfertigung angeboten, auch diese Röllchen. Man kann sie aber auch aus schwarzem Kunststoff mit Hilfe einer Drehbank neu anfertigen.

Die Klinken transportieren das Klinkenrad bei jeder ganzen Schwingung einen Zahn weiter. Damit das nicht behindert wird, werden weder Klinken noch Klinkenrad geölt. Ist nur ein wenig Öl auf diesem Rad, so kleben die Klinken, und die Uhr bleibt stehen. Verschleiß zeigt sich hier an 2 Stellen: Die Klinkenspitze greift bei jeder Schwingung in das Rad ein. Während das Rad nie Verschleißspuren an den Zähnen zeigt, nutzen die Klinken sehr wohl ab. Da sie aus vergütetem Stahl bestehen, kann man sie nicht abfeilen, aber mit einem Ölstein lassen sich Verschleißspuren beseitigen.

Anderer Verschleiß zeigt sich an der Lagerung der Klinken. Diese bestehen aus Klaviersaitendraht mit 0,5mm Durchmesser. An den Lagerstellen zeigen sie nach Jahrzehnten doch Verschleiß, oder sie sind verrostet, z. B. durch eine ausgelaufene Batterie. Abbildung 8 zeigt diese verschlissenen Stifte. Da man diese nicht nacharbeiten kann, muss man sie ersetzen. Man schlägt so ein Stiftchen aus seiner Messingführung zu einer beliebigen Seite heraus und ersetzt sie wieder durch ein Neuteil. Dieses kann man sich aus dem besagten Klaviersaitendraht mit Hilfe eines Schleifsteines nachfertigen. Man muss nur beachten, dass die Stirnseiten des Drahtes gebrochene Kanten bekommen. Das Drähtchen muss bei einem Durchmesser von 0,5mm eine Länge von 4,4mm bekommen. Manchmal muss man sogar noch die Bohrung für das Drähtchen verengen, so dass es fest sitzt. Die Lagerstellen werden mit Kleinuhrenöl geölt, so dass alles wieder mindestens 10 Jahre lang hält.

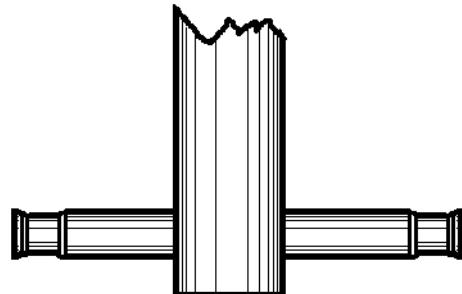


Abbildung 8



Der gleiche Verschleiß wie der an den Klinkenzapfen kann auch bei den Zapfen der Isochronismusfederbefestigung vorkommen. Hier ist die Abhilfe die gleiche wie oben.

Auch das Pendel ist nicht einfach zu behandeln. Wenn es nur um eine Wartung geht und die Optik nicht so wichtig ist, sollte man das Pendel nicht unbedingt zerlegen. Es ist schwierig, alles einzustellen, die elektrischen Drähte sind brüchig und in den Klemmschrauben schwierig zu befestigen. Falls doch alles auseinander genommen werden muss, sollte man vorher messen und notieren, wie weit die einzelnen Gewinde eingedreht sind. Insbesondere gilt das für die Befestigung der Stahlpendingstange in den Querträger der Spule und für das andere Ende der Stange, die auf die Pendelfederbefestigung gedreht ist. Sonst ist die Einstellung schwierig, und man muss alles einige Male auseinander nehmen, ehe man mit der Reguliermutter in den Einstellbereich kommt. Wenn man die Pendingstange allzu weit in die Spule eindreht, kann man diese sogar zerstören, und sie muss neu gewickelt werden.

Auch sollte man ausmessen, auf welcher Höhe der Pendingkontakt befestigt ist. Gleiches gilt auch für die Befestigung der Isochronismusfeder. Zum Ausbau des Pendels sollte man erst den Magneten aus dem Gestell entfernen und dann die Spirale oder die Drahtverbindung am oberen Ende des Pendels lösen. Das Pendel links kommt aus einer Uhr mit Glasgehäuse, ist also von außen sichtbar. Daher sind die Ansprüche an Sauberkeit des Pendels hier höher.

Abbildung 9

Falls die Pendelfeder defekt ist, reicht es nicht, eine neue aus dem Vorrat zu nehmen. Bei den meisten Uhren (nicht bei den ganz frühen, denn da sieht der Stromkreis etwas anders aus) gäbe es einen Kurzschluss, wenn das Pendel das Gestell berühren würde. Daher ist der federnde Teil aus einem elektrisch isolierenden Seidengewebe gefertigt.

Zur Reparatur der Pendelfeder mit Hilfe der alten Messinghalterungen nimmt man am besten die alte Pendelfeder auseinander. Dazu versucht man, die Schrauben zu lösen, welcher die Bleche zusammenhalten. Zum Teil muss man auch Nieten herausschlagen. Ist das nicht möglich, hilft nur Ausbohren und das Ersetzen der Schrauben oder Nieten. Zwischen den Blechen sind 2 Seidenbänder mit Hilfe zweier Bleidrähte eingeklemmt (zum Teil fehlen die Bleidrähte). Man richtet sie wieder rund oder ersetzt sie durch ein Stück Lötzinn im gleichen Durchmesser. Als Ersatz für die Seidenbändchen hat sich ein Stück Leukosilk (Gewebeplaster weiß) bewährt, von dem man mit Lösungsmittel den Klebstoff entfernt. Es werden 2 Streifen geschnitten, gelocht und wieder eingeklemmt. Das synthetische Material ist stabiler als das alte Seidenband, bei gleicher Optik. Der Abstand der Fassungen soll wie auf dem Bild ca. 1,4 mm betragen. Wenn man die Schrauben ausbohren musste (Bohrer mit einem Durchmesser von 1mm), kann man Gewinde M1,2 nachschneiden und die Schrauben durch Messing-Senkkopfschrauben DIN 963 M1,2 x 4 ersetzen.

Meiner Erfahrung nach halten diese Gewebebänder aus Leukosilk wesentlich besser als die originalen Seidenbänder, wobei sie genau so aussehen wie die Originale.

Beim Zusammenbau des Pendels und des Uhrwerkes ist folgendes zu beachten:

- Das Loch in der Spule muss parallel zum Magneten stehen. Ansonsten schleift die Spule am Magneten.
- Die Biegung der Pendelstange darf, von vorne gesehen, nicht zur Seite stehen, weil dann die Uhr stark hinkt. In Ruhelage soll der Kontaktstift genau in der Senkrechten zur Pendelfeder stehen, nicht zur Seite verschoben.
- Die Spirale (oder bei älteren Uhren die Drahtbrücke) am oberen Ende des Pendels darf nicht verzogen sein, das Pendel muss frei schwingen.
- Der Magnet muss ungefähr durch die Mitte der Spule gehen.

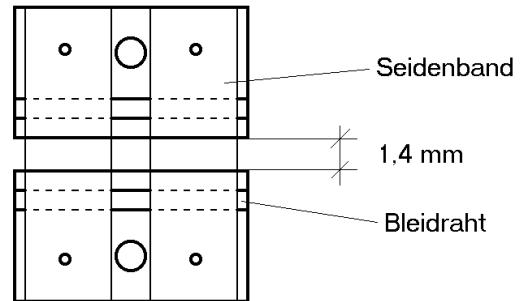


Abbildung 10

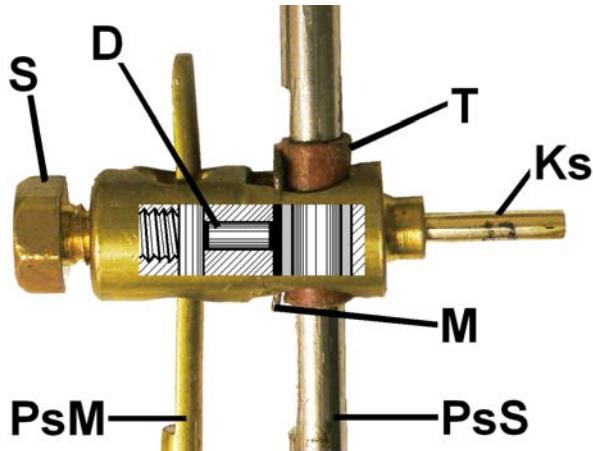


Abbildung 11

- Der Kontaktstift **Ks** (Abb. 11) muss eine leitende Verbindung zur hinteren Pendelstange aus Messing **PsM** haben. Zur vorderen muss er isoliert sein. Dazu ist vorne ein Isolierstück **T** um die Pendelstange aus Stahl **PsS** gelegt. Ein kurzes Distanzstück aus Draht **D** überträgt den Druck der Schraube **S** auf die Pendelstange aus Stahl **PsS**, es geht leicht verloren! **M** ist eine Stahl- oder Messingplatte, die den Druck der Schraube **S** über **D** auf eine größere Fläche verteilt, um Beschädigungen des Isolierstücks **T** zu vermeiden.
- Der Kontaktstift **Ks** muss metallisch rein sein.
- Der Kontaktstift muss von der Höhe her zu 2/3 in die Gabel eingreifen. Greift er zu tief ein, prellt die Uhr, weil der Kontakt zu lange geschlossen ist. Ist der Eingriff zu seicht, reicht die Pendelschwingung nicht aus, und die Uhr läuft nur sehr schwach und schaltet das Räderwerk nicht immer weiter. Siehe dazu Abbildung 4.
- Der Kontakt am Anker kann so weit verschlissen sein, dass er ersetzt werden muss. Dann muss ein neues Silberplättchen aufgenietet werden. Ebenso kann der Isolator an der anderen Ankerseite abgenutzt sein. Auch hier kann man ein neues Stück Pertinax befestigen.
- Besondere Schwierigkeiten macht der Anker nach Abbildung 12: Hier ist das Silberteil flügelförmig und leitend mit der Ankerwelle verbunden. Der Ankerkörper selbst ist isolierend an diesem Silberteil vernietet. Als Isolation dient Hartpapier. Die Besonderheit ist, dass man diesen Silberkontakt kaum nacharbeiten kann, wenn er verschlissen ist. Außerdem kann es passieren, dass das Hartpapier zwischen den Metallen irgendwann einmal feucht geworden ist. Die ursprünglich rote Farbe wird schwarz. Metall ist in das Papier diffundiert, das Hartpapier leitet dann den Strom. Widerstände um 1000Ω können zwischen den Metallteilen gemessen werden. Ansonsten sind die Ankerteile vollkommen isoliert. Hier muss in jedem Falle nachgemessen werden, denn nachträglich ist dieser Fehler kaum zu finden.
- Ein weiteres Problem bei diesen Ankern ist, dass sich Verschleiß als Pulver auf dem Hartpapier ansammeln kann und dort festklebt. Abbildung 13 zeigt das: Die Silberkörnchen sind gut zu erkennen. Auch hier ergibt sich eine leidende Verbindung zwischen beiden Ankerteilen, und die Uhr bleibt stehen. Eventuell kann sich bei Messungen sogar ein unendlicher Widerstand ergeben, aber wenn sich nur ein Körnchen bewegt, steht die Uhr sofort. Also muss diese Stelle genauestens gereinigt werden. Außerdem muss der Kontaktstift kontrolliert werden, denn er wird Verschleißstellen haben. Dann muss eventueller Grat am Anker entfernt werden. Wenn die Schäden zu



Abbildung 12

groß sind, muss der Anker ersetzt werden. Man kann einen neuen Anker – herkömmlicher Art – im Internet bestellen. Dieser muss dann mit einem Silber- und einem Isolationsstück komplettiert werden, macht aber nicht die Schwierigkeiten wie das Modell oben.



Abbildung 13

- Die Silberfeder, die den Kontakt des Ankers mit dem Werkgestell herstellt, muss sich mit ihrer großen Öse in der Nut des Ankers abrollen. Siehe dazu Abbildung 4. Bei den 3 Bildern ist das Abrollen gut zu sehen.
- Die Silberfeder braucht nur wenig Spannung, in entspannter Stellung reicht sie nur bis zur Ankerzapfenmitte. Sonst ist der Verschleiß zu groß.
- Die Silberfeder verschleißt gerne an der Berührungsstelle zur Ankerwelle und ist dort z. T. nur hauchdünn. Zur Not muss man sich eine neue Öse biegen. Eventuell braucht man eine neue Silberfeder.
- Das Deckplättchen zur Begrenzung der Ankerhöhenluft bekommt 2/10 mm Luft. So kann der Anker seine Höhenluft nicht ganz nutzen, und das Öl bleibt an der Ankerwelle, ohne an die Ankergabel zu gelangen. Wichtig ist, dass das Deckplättchen am Ende rechtwinklig zur Ankerwelle steht. Ansonsten kann der Anker zur Seite gedrückt werden, wenn er die Höhenluft voll ausnutzt. Eventuell bleibt die Uhr deshalb stehen. Das ist ein sehr schwer zu findender Fehler, daher sollte man schon bei der Montage darauf achten. Häufig ist dieses Deckplättchen schon von der Herstellung her schief, besonders bei den späteren und nicht mehr so hochwertigen Uhren.

- Der Gabeleingriff bleibt trocken. Kein Öl! Öl ist ein Isolator.
- Die Lagerung des Ankers bekommt nur wenig Öl, damit es nicht zur Gabel mit dem Kontakt wandern kann.

Die Transportklinken werden folgendermaßen eingestellt:

- Die Ankergabel zeigt nach rechts: Siehe Abbildung 14. Die Klinken **B** und **C** sind $1\frac{1}{2}$ Zahn voneinander entfernt.

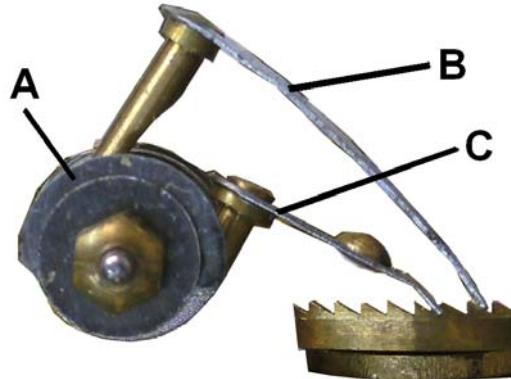


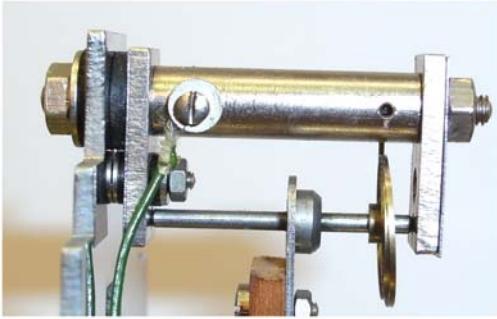
Abbildung 14

- Die Gabel zeigt nach links: Siehe Abbildung 15. Die Klinken **B** und **C** sind $3\frac{2}{3}$ Zähne voneinander entfernt.



Abbildung 15

- Bei einer Bewegung des Ankers muss sicher genau ein Zahn weiter transportiert werden.
- Ist der Vortrieb zu klein, also zu knapp, drehe man die Rolle **A** gegen den Uhrzeigersinn zur Gabel, ist er zu groß, im Uhrzeigersinn.
- Schneckenrad und Schneckentrieb bekommen etwas Luft (ca. 1/10mm), damit der Eingriff nicht klemmt.
- Zapfen und Deckplättchen bekommen etwas Öl, die Schnecke wegen der geringen Belastung nicht.



Die ganz späten Uhren besitzen keine Pendelfeder mehr. Das sehr leichte Pendel hängt an einer Welle, die vom Werkgestell isoliert ist. Die Zapfen dieser Welle müssen in jedem Falle nachgesehen werden, denn sie laufen ein. Abbildung 16 zeigt diese Konstruktion der späten Uhren. Übrigens besitzen diese späteren Uhren keine Isochronismusfeder mehr und sind daher ungenauer als die frühen Modelle.

Abbildung 16

Isochronismusfeder je nach Spannung die Regulierung ungemein.

- Das Regulieren erfolgt an der großen Mutter unter der Spule. Eine Umdrehung der Mutter wirkt entweder 1 Minute 40 Sekunden, 2 Minuten oder 3 Minuten pro Tag, je nach Modell der Uhr und Pendellänge. Nur Ausprobieren hilft.
- Wenn man sich nicht sicher ist, dass die Reguliermöglichkeit der Reguliermutter ausreicht, so dreht man die Mutter sofort bis zum oberen oder unteren Anschlag und prüft den Gang.
- Die Einstellung der Isochronismusfeder beeinflusst den Gang der Uhr enorm. Spannt man sie an, so läuft die Uhr bis zu mehreren Minuten pro Tag vor. Schon mancher Uhrmacher ist bei der Regulierung dieser Uhren gescheitert. Abgedrehte Reguliermuttern zeugen davon. Wenn man vor dem Zerlegen ausgemessen hat, wie hoch am Pendel die Isochronismusfeder angeschraubt war, kann man sich viel Arbeit ersparen.
- Wenn die Uhr massiv vorgeht, sollte man einmal zur Probe die Isochronismusfeder aushängen. Danach wird die Uhr pro Tag mehrere Minuten nachgehen. Das ist ein Zeichen dafür, dass die Isochronismusfeder zu stark gespannt ist. Abhilfe: Befestigung der Isochronismusfeder am Pendel lösen und nach oben schieben.
- Bei bestimmten Pendellängen kann man sogar ein Zeitwaagendiagramm bekommen. Das beschleunigt die Regulierung, aber nicht jede Zeitwaage funktioniert bei der langsamen Pendelschwingung. Das Zeitwaagenbild ist durch den Ankereingriff gut, ein Punkt über dem anderen.
- Der Pendelausschlag sollte reichlich sein. Ist der zu reichlich und es besteht die Gefahr des Prellens, steht der Silberstift des Pendels zu tief in der Gabel. Dadurch ist die Kontaktgabe zu lang. Also muss der Pendelstift nach oben versetzt werden.

Wenn die Uhr wider Erwarten nicht laufen sollte, kann das an der mangelhaften Magnetisierung des Magneten liegen. Ein normaler Stahlstab sollte sich vom Magneten stark anziehen lassen. Besonders frühe Uhren haben entmagnetisierte Dauermagnete, denn zu dieser Zeit waren die Materialien für Magnete noch nicht so hoch entwickelt. Bei den Bulle-Clocks ist es aber ohne weiteres möglich, diese Magnete wieder neu zu magnetisieren.

Zum Magnetisieren des Magneten muss man 2 Drähte mit einem Querschnitt von $1,5\text{mm}^2$ um den Stahlstab wickeln. Die Drehrichtung der Wicklung ist immer gleich, aber in der Mitte des Stabes gibt es einen Anschluss und an den äußeren Enden 2 Anschlüsse, die zusammen gefasst werden müssen. Wenn man auf das linke Ende des Stabes schaut, so dreht sich die gewickelte Spule im Uhrzeigersinn. Durch den sehr hohen Strom in der selbst gewickelten Spule wird der Magnet remagnetisiert – außen an beiden Enden als Südpol, innen, bei der Ableitung als Nordpol. Das ist charakteristisch für alle Bulle-Clocks, außer denen der letzten Serie.



Abbildung 17

Die äußeren Enden der Kabel kommen beide an den Pluspol einer Auto-Batterie, innen kommt der Anschluss an den Minuspol. Dabei kommt es überhaupt nicht darauf an, wie lange der Strom fließt. Eine Sekunde reicht vollkommen, wenn der Strom länger fließt, schmilzt eventuell sogar das Kabel. Einige Dinge zur Sicherheit sollten beachtet werden:

- Schutzbrille, Schutzanzug und Gehörschutz sind obligatorisch: Wenn die Autobatterie explodiert – was zwar unwahrscheinlich, aber möglich ist – können diese Maßnahmen Gehör und Augenlicht retten.
- Die Anschlüsse werden sehr schnell sehr warm. Daher die Schutzhandschuhe.
- Die Beißzange ist für Notfälle da: Wenn sich die Anschlüsse fest schweißen, ist sie der letzte Ausweg, den Stromkreis zu öffnen.
- Das Magnetisieren geschieht draußen.

Die Sache hört sich gefährlicher an, als sie ist. Auf diese Art sind schon viele Magnete erneuert worden, und nie ist ein Unfall passiert. Wenn ein Starterakku aber platzt, sind die Folgen enorm, vom Knalltrauma zur Verätzung der Augen. Daher die Sicherheitsmaßnahmen.