

Hemmungen mit konstanter Kraft oder konstanter Antrieb?

Von A. Hellwig, Deutsche Uhrmacherschule (Glashütte in Sachsen)

Die letzte Neuheit bilden wohl die Görzschen Schwerkrafthemmungen, die durch einen zweiteiligen Anker deutlich gekennzeichnet sind. Einige mit ihnen ausgerüstete Uhren scheinen wegen ihrer Gangleistungen in die vorderste Reihe rücken zu wollen. Diese Hemmungen erfordern eine sehr sorgfältige Analyse, deren Vorarbeiten zur Zeit noch nicht abgeschlossen sind. Die Veröffentlichungen darüber bleiben einer nahen Zukunft vor-

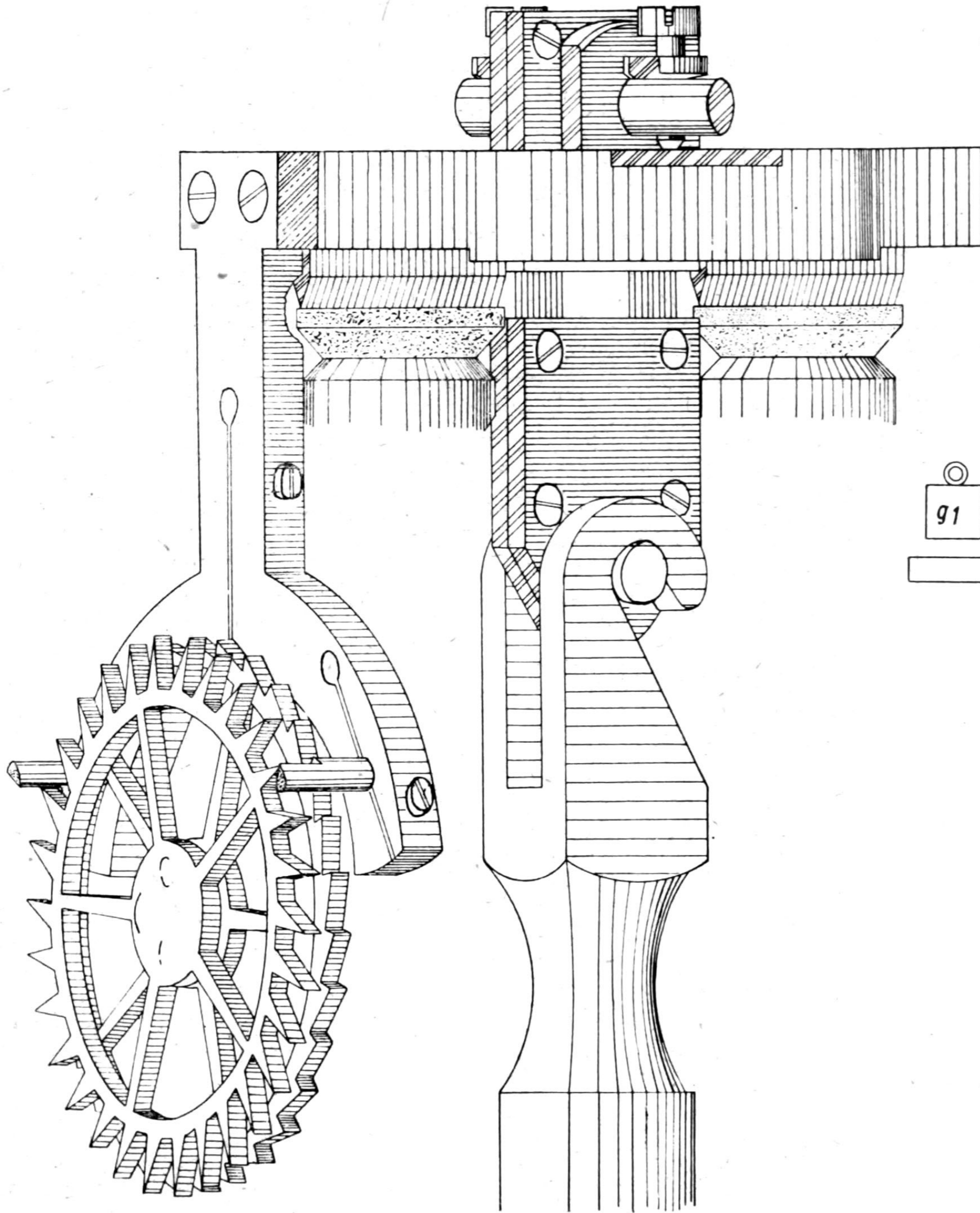


Abb. 12

behalten. Die Görz-Gänge stellen zweifellos verbesserte Tiede-Hemmungen dar.

Die historische Entwicklung verlangt, daß der Riefler-Gang vor dem Strasser-Gang seinen Platz finde. Es handelt sich für uns aber nur darum, zu untersuchen, wie weit die heute angewendeten Hemmungen dem zu Recht oder Unrecht vorschwebenden Ideal der „konstanten Kraft“ nahe kommen. Der Riefler-Gang ist mit keinem der anderen Gänge nahe verwandt, in seiner letzten Wirkung auf das Pendel ist er zwar ein Strasser-Gang, aber die Art und Anordnung seiner Einzelteile unterscheidet ihn auffallend von allem, was in der Uhrmacherei üblich ist. Auch den Riefler-Gang müssen wir noch zergliedern. Da er auch dreidimensional aufgebaut ist (Abb. 12), läßt er sich zeichnerisch nicht so darstellen, daß man seine Wirkungsweise auf dem Papier wirklich klar machen

könnte. Das ist sogar recht schwierig an den besonders zum Vorführen gebauten Gangmodellen. Abb. 12 zeigt ihn so, daß man wenigstens sieht, aus welchen Teilen er besteht und wie diese zueinander angeordnet sind. Abb. 11 zeigt ihn in einer Form, die das Grundlegende seiner Arbeitsweise klarzumachen gestattet.

Einige kleine Erklärungen müssen vorausgeschickt werden: In Abb. 11 ist a das Pendel, welches in üblicher Weise an einer ganz normalen Pendelfeder b hängt. Das Oberteil dieser Pendelfeder ist nicht in hergebrachter Weise festgeklemmt, sondern es kann sich um die Schneide c herum bewegen. Die Pendelfeder besitzt vorn und hinten je eine solche Schneide, welche auf der Ebene AB liegen, die stets von Steinen dargestellt wird.

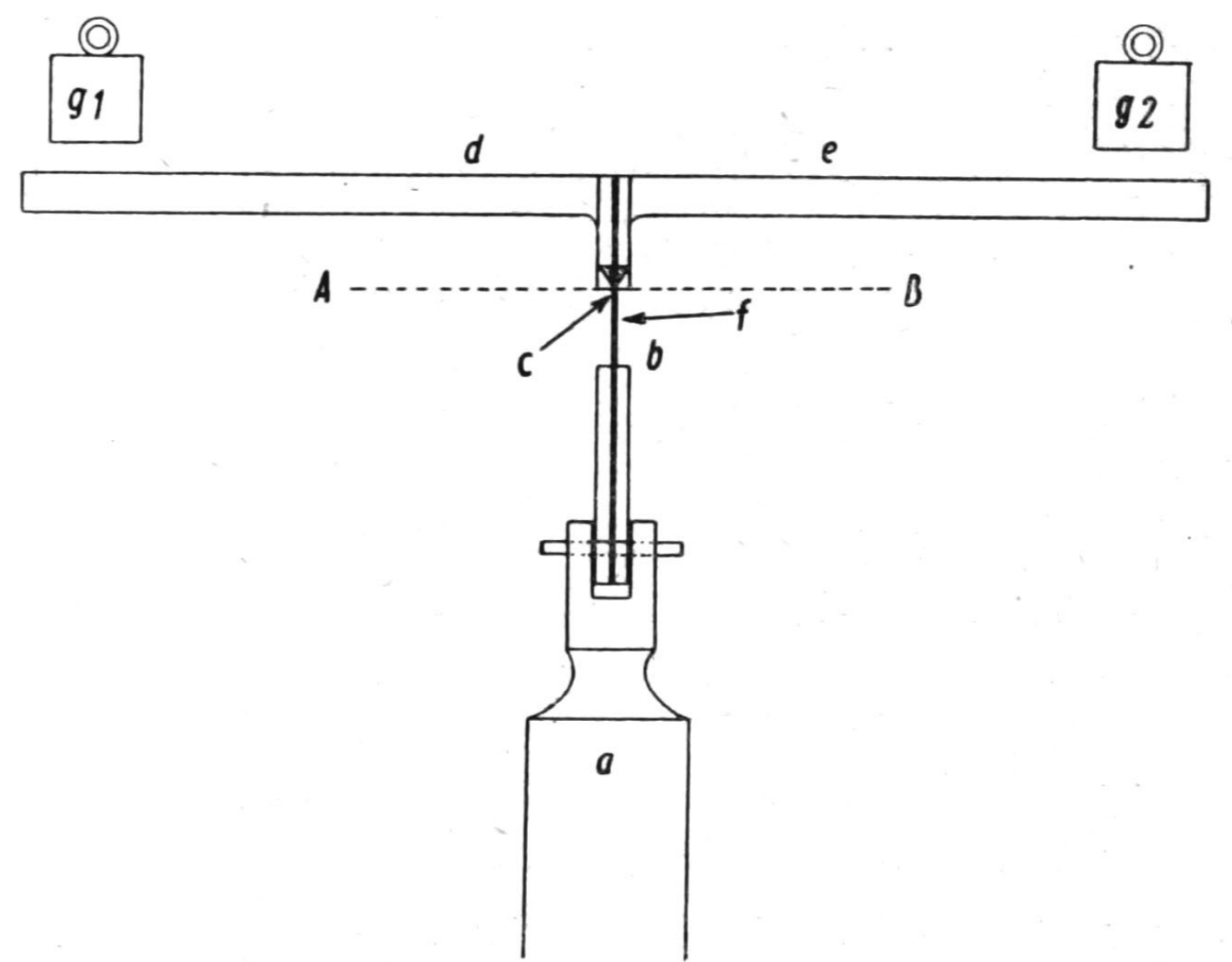


Abb. 11

Das Pendel selbst hat Federaufhängung, wie man sieht, aber die Pendelfeder für sich hat Schneidenaufhängung. Man kann sich auch denken, daß an Stelle der Schneiden c eine Welle, vorn und hinten Zapfen tragend, durch das Oberteil der Pendelfeder hindurchgeht. Oder man kann sich, was noch klarer sein dürfte, vorstellen, daß sich bei c eine ganz normale Welle, wie eine Ankerwelle, befindet, und daß an dieser ganz einfach eine normale Pendelfeder befestigt ist. In Wirklichkeit aber besitzt der Riefler-Gang die durch c bezeichneten Schneiden, aber wir wissen nun, daß diese ihrer Tätigkeit nach dasselbe bedeuten als die Zapfen der normalen Ankerwelle. Stoßen wir das Pendel in Abb. 11 an, so wird es nicht genau wissen, ob es die Pendelfeder bei h als Drehpunkt benutzen soll oder die Schneiden, wahrscheinlich wird es deshalb beide zugleich

als Drehpunkt in Anspruch nehmen. Wir können uns aber vorstellen, daß das Pendel nur die Pendelfeder zum Drehpunkt macht, wenn der Hebel *de* festgehalten wird.

Jetzt denken wir uns, daß das Pendel ruhig hängt. Ohne Zweifel können wir aber mit geringem Kraftaufwand den Hebel *de* ein wenig bewegen, da er sich ja um seine Schneiden *c* drehen kann. Diesen Hebel bewegen wir jetzt dadurch, daß wir das Gewicht *g*, welches 1 g wiegen mag, auf den Hebel *d* legen. Er wird heruntersinken, aber nicht endlos, sondern nur so weit, als die Pendelfeder sich von dieser geringen Belastung durchbiegen läßt. Das wird nicht sehr viel sein, immerhin aber wird sie in eine Spannung geraten und das Pendel nach rechts zu in eine Bewegung setzen. Wenn diese Bewegung gerade zu Ende

flächenhaft dargestellt, so daß er sich als Vorführungsmodell eignet.

Wir haben uns eine kleine Anleihe bei der Schieferstein-Idee erlaubt. Das Gangrad *m* ist nur einzählig, die anderen 29 Zähne haben wir einfach weggelassen, dafür aber haben wir die Umdrehungszahl der Welle *n* auf das Dreißigfache erhöht, ganz wie bei Schieferstein. Das eigentliche Riefler-Gangrad hat zwei Sorten Zähne, die sperradähnlichen Hebezähne und die langen, dünnen, spitzen Ruhezähne. Es ist ein Doppelrad, wie das Abb. 12 klar zeigt. In Abb. 13 erkennen wir in *m* einen Hebezahn und in *o* einen Ruhezahn. Es ist vorausgesetzt, daß das Pendel ruhig hängt und daß das Laufwerk keine Kraft hat. Wir drehen das Gangrad rechts herum, wie der Pfeil *p*

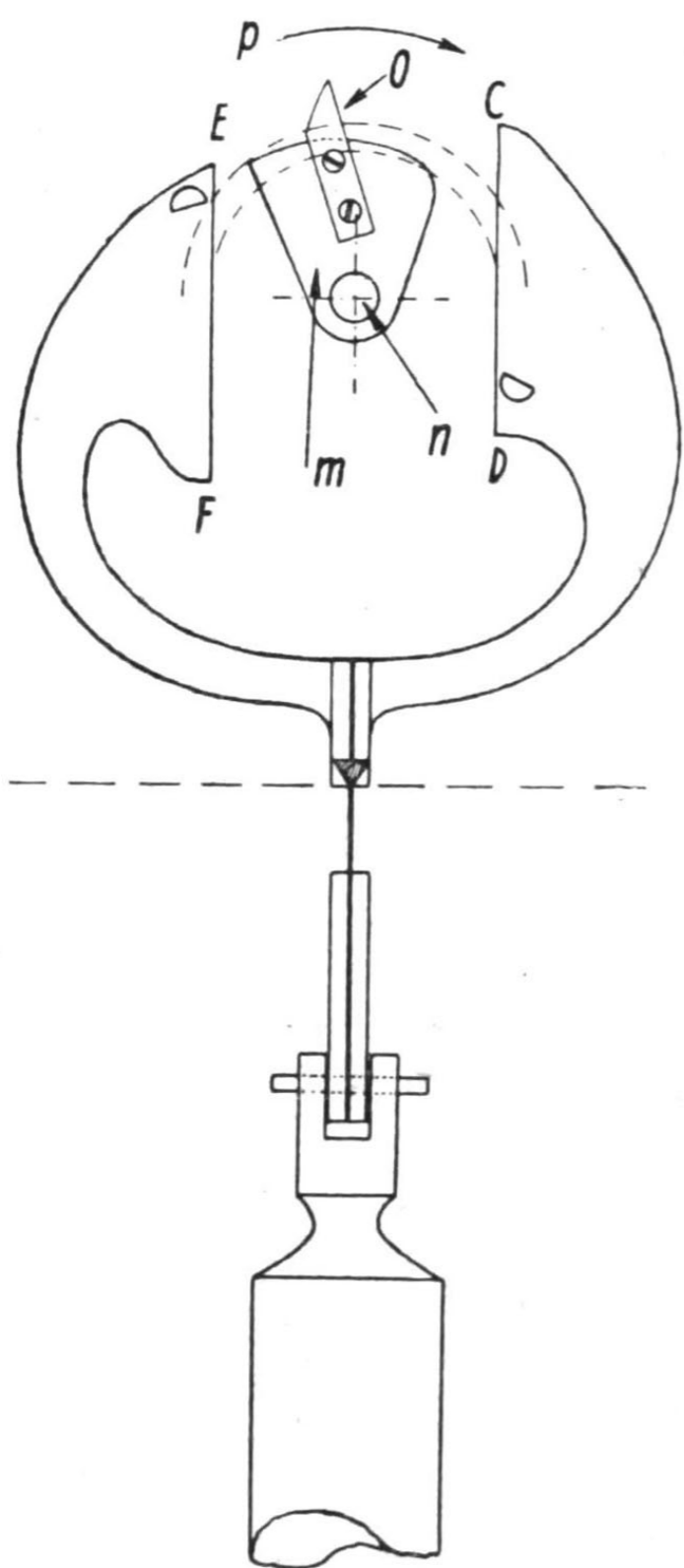


Abb. 13

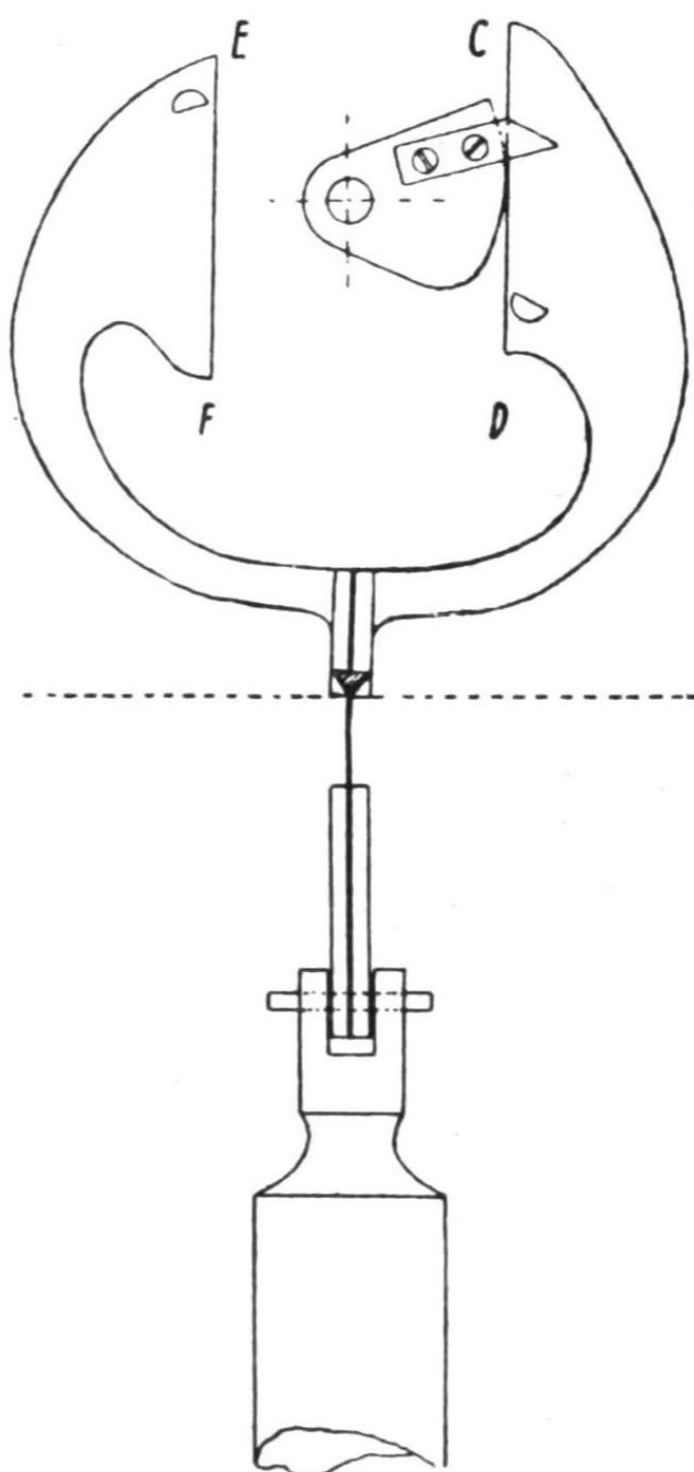


Abb. 14

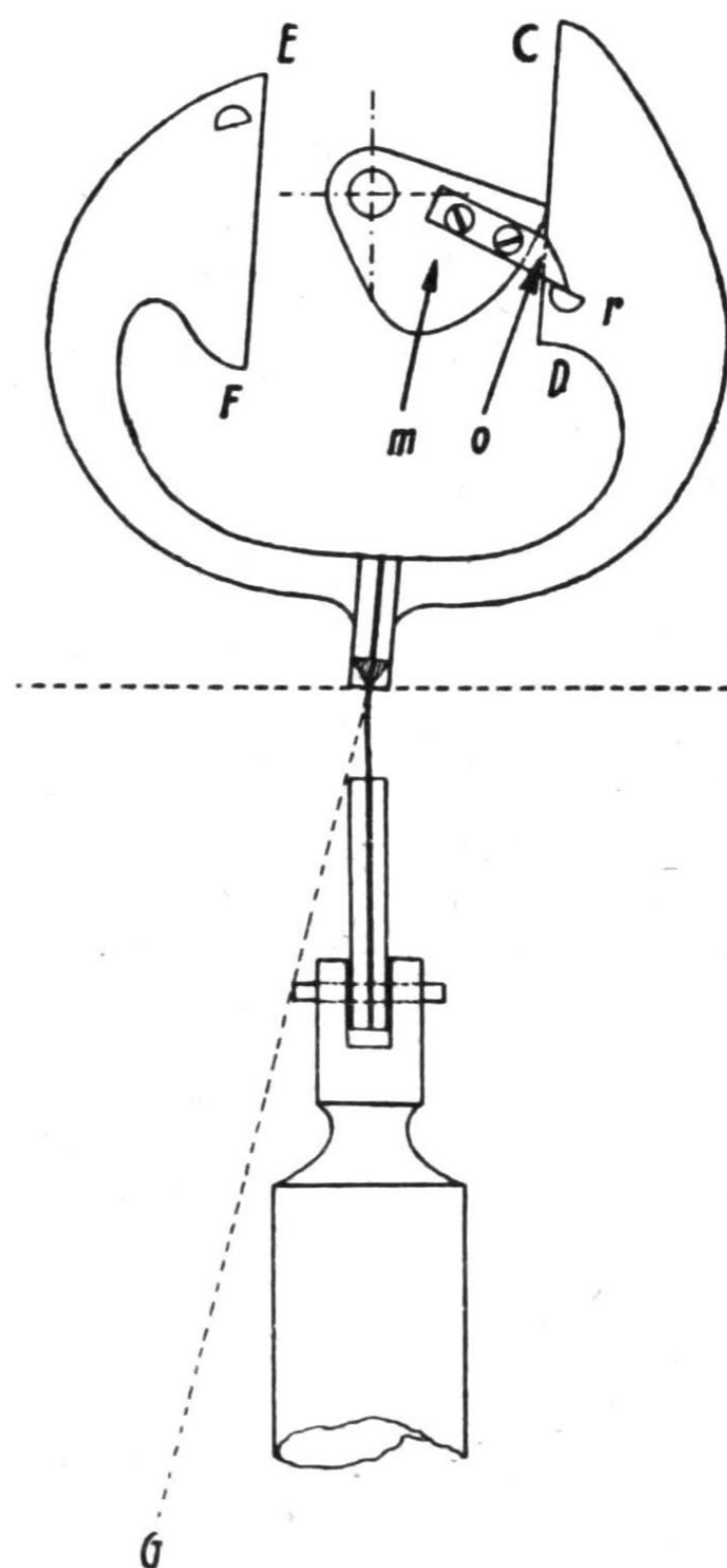


Abb. 15

ist, also am rechten Umkehrpunkte der Schwingung, nehmen wir das Gewicht g_1 ab und legen dafür auf der anderen Seite g_2 auf. Jetzt wird das Pendel nach links angetrieben, da die Pendelfeder nach der linken Seite zu gespannt wird. Das Auflegen der Gewichte erinnert an den Kugelgang, und man kann das Riefler-Pendel, aufgehängt an der Riefler-Pendelfeder, auf die gezeigte Weise in der Tat mit dem Kugelgang betreiben. Verwandtschaft besteht trotzdem nicht, der Hauptunterschied zu allen anderen Hemmungen bleibt bestehen; denn nur beim Riefler-Gang erfolgt der Antrieb über den Blattfedern der Pendelfeder an ihrem beweglich gemachten Oberteil.

Denken wir uns in Abb. 11 die Gewichte g_1 und g_2 weg und den Hebel *de* fast zum Kreise nach oben gebogen, so haben wir ungefähr Abb. 13. Das ist nun der vollständige Riefler-Gang in allen seinen Hauptteilen zugleich, aber zeigt. Der Zahn *m* wird auf die Fläche *CD* treffen und sie nach rechts zu drücken suchen. Die Pendelfeder gerät in Spannung, das Pendel in Schwingung, und jetzt helfen wir nach und stoßen das Pendel an. Bald wird der Hebezahn eine Stellung wie in Abb. 14 einnehmen, er wälzt sich auf der Fläche *CD* ab und wird endlich die Stellung wie in Abb. 15 einnehmen, wobei der Ruhezahn *o* auf dem Stein *r*

zur Ruhe kommt. So weit wie in Abb. 15 läßt sich die Pendelfeder durch die Kraft des Laufwerkes nicht spannen. Es sieht beim normalen Spiel der Hemmung nur so aus. Meistens bleibt der Zahn bei ruhendem Pendel auf der halben Hebung stehen (Abb. 14) und rückt erst in dem Maße nach, als die Pendelschwingung ihren Fortgang nimmt. Allerdings kann die Kraft des Laufwerkes so bedeutend erhöht werden, daß der Fall nach Abb. 15 eintritt, bei ruhendem Pendel. Das bedeutet aber eine sehr lose Kopplung. Wir hatten uns ja gedacht, daß das Pendel gerade von rechts nach links schwingt, und erst dadurch ist es dem einzähligigen Doppelgangrad und auch dem dreißigzähligen der Originalhemmung möglich, sich bis zum Auffall auf Ruhe zu drehen. Während der Schwingung des Pendels rückt der antreibende Zahn also nach, gerade immer so stark auf den Anker drückend, als die durch das große Pendelgewicht belastete und darum nicht sehr nachgiebige Pendelfeder dem Druck des Ankers nachgeben kann. In dieser Phase ist der Riefler-Gang gewissermaßen ein Graham-Gang mit federnder Gabel, bei dem das Gangrad gerade hebt.

Wie kommt nun der Ruhezahn *o* von seinem Ruhestein *r* wieder herunter, also die Auslösung zustande? Das Pendel schwingt seinen Ergänzungsbogen, und

nehmen wir einmal an, bis zur kühnen Linie G in Abb. 15. Es ist klar, daß da der Anker nach rechts ausweicht, und dabei zieht er den Stein r unter dem Zahn o fort. Das Hemmungsrädergerät in Drehung, hat jetzt seinen Fall und wird bald mit seinem Hebezahn m die Fläche EF berühren, dem Anker also eine nach links gerichtete Bewegung geben, welche schon eintreten wird, ehe das Pendel bis zu seinem linken Umkehrpunkt geraten wird, da es sich noch im Ergänzungsbogen befindet. Der Zahn m drückt nach dem Umkehrpunkt des Pendels den Anker immer mehr nach links, führt dem Pendel dabei ganz unmittelbar die Kraft des Laufwerkes zu, dessen kleinere oder größere Holprigkeiten nur durch die pufferartig wirkende Pendelfeder für das Pendel weniger fühlbar werden.

Diese Feststellung rechtfertigt die im ersten Teil dieser Abhandlung aufgestellte Forderung, daß auch die Laufwerke der sogenannten Hemmungen mit konstanter Kraft, zu denen gerade die Riefler-Hemmung stets gezählt wird, die Kraft so konstant als möglich zu übertragen haben. Es scheint, daß das Spannen der Pendelfeder auch beim Riefler-Gang so schlagartig wie beim Strasser-Gang erfolgt. Aber da die Pendelfeder, welche hier die Energie aufzuspeichern hat, unter großer Zugbelastung durch das Pendelgewicht arbeitet, so besteht doch ein In-die-Länge-Ziehen des Impulses, sehr im Gegensatz zum Strasser-Gang. Es folgt daraus, daß auch dieser so sehr bewährte Riefler-Gang durchaus nicht eine „Hemmung mit konstanter Kraft“ bildet. Ob man sie als „freie Hemmung“ ansprechen darf, muß auch bezweifelt werden, da die Pendelschwingungen kurz vor dem Umkehrpunkt durch die Auslösung zweifellos beeinflußt werden, genau so, wie wir das beim Kugel-, beim Strasser- und beim Schieferstein-Gang einwandfrei festgestellt haben.

Abb. 13 zeigt, daß auch beim Riefler-Gang während des Falles des Gangrades der Anker einen Gegenschwung des Pendels bildet. In dieser Phase sind Eigenschwingungen des Ankers möglich. Doch die belastete Pendelfeder läßt offensichtlich keine erhebliche Eigenschwingungen zu, da sie auch jetzt eine sehr feste Kopplung darstellt. Es muß dazu noch gesagt werden, daß nur nach Abb. 13 ein Gegenschwung für das Pendel vorhanden ist, nicht aber bei der Originalausführung nach Abb. 12; denn hier liegt das Ankergewicht **unterhalb** des Pendeldrehpunktes. Jedoch bildet der Anker hier eben ein Zusatzpendel, solange das Rad fällt, genau wie beim Graham-Gang. Es wird auch hier die feste Kopplung sein, welche den Einfluß dieses Zusatzpendels mildert, und zwar dadurch, daß Eigenschwingungen des Ankers sofort im Entstehen gedämpft werden.

Zweifellos unterscheidet sich der Riefler-Gang dadurch vom Kugel-, vom Strasser- und vom Schieferstein-Gang, daß er in **allen** Phasen eine sehr feste Kopplung zwischen Antrieb und Pendel wahrt, und gerade diese Eigenschaft scheint ihm den genannten Hemmungen gegenüber eine Art von Überlegenheit zu verschaffen. Alle seine anderen Eigenschaften gleichen ja völlig den übrigen freien Hemmungen. Der Riefler-Gang ähnelt durch seine ständig sehr feste Kopplung schon wieder demjenigen Gang, von dem wir ausgingen, nämlich unserem guten Graham-Gang, und man sieht, daß man sich in dem Bestreben, die Hemmungen der Pendeluhren zu verbessern, höchstwahrscheinlich nicht weit von der Art des Graham-Ganges zu entfernen braucht.

Ehe man zu einem endgültigen Urteil darüber kommt, ob der Strasser-Gang dem Riefler-Gang gleichwertig ist oder ob der eine dem anderen deutlich überlegen ist, müßten erst einmal Strasser-Uhren in genau derselben Gesamtgüte gebaut werden wie Riefler-Uhren, also Strasser-Uhren in luftdichtem Gehäuse, ohne unmittelbaren Aufzug und mit Pendeln von der hohen Rieflerschen

Güte. Da das noch nicht geschehen ist, kann das letzte Wort zunächst nicht gesprochen werden.

Es wurde eingangs gesagt, daß es kaum nötig erscheint, die Gangleistungen der astronomischen Pendeluhren noch mehr zu verbessern. Jedoch ist in letzter Zeit das Interesse an „Hemmungen mit konstanter Kraft“ recht rege geworden. Wenn sie deshalb hier ziemlich eingehend und so allgemeinverständlich, als das bei diesem schwierigen Stoff möglich ist, beschrieben werden müßten, so war dabei das Bestreben richtunggebend, nicht nur lange Bekanntes zu sagen, sondern vor allem neue Gesichtspunkte heranzuziehen. Durch Berücksichtigung von „Fall“ und „Auslösung“, die sonst gern vernachlässigt werden, kann das Nachdenken über Hemmungen vielleicht erneut angeregt worden sein.

Als Folge oberflächlicher Betrachtung wird oft behauptet, daß für Pendeluhren bewährte Hemmungen mit konstanter Kraft zur Verfügung ständen, daß aber für tragbare Uhren noch nichts Gleiches vorhanden wäre. Auf Grund unserer Betrachtungen über die anerkannt besten sogenannten Schwerkraft- und Federhemmungen, Kugel-, Strasser-, Riefler-Gang, wird jedoch klargeworden sein, daß es auch für Großuhren bis jetzt keine Hemmung gibt, welche dem Pendel tatsächlich konstante Kraft zuführt. Sehen wir zu, ob die besprochenen Hemmungen wenigstens ihren zweiten Namen verdienen, wenn sie „freie Hemmungen“ genannt werden.

Die beste und zugleich bekannteste freie Hemmung ist ohne Zweifel der Taschenuhrankergang. Von einem Vergleich der Pendeluhrgänge mit dem Chronometergang wollen wir absehen, da diese Hemmung in ihrer besonderen Kniffligkeit in weiteren Kreisen nicht genügend bekannt ist. Wir legen unserer Besprechung einen Ankergang zugrunde, dessen Unruh $1\frac{1}{4}$ Umgang schwingt, also 450° . Wir wissen, daß der Durchgangswinkel des Unruhhebesteins durch die Gabel, also das Zusammenwirken von Ankergabel und Unruh, 35° beträgt. Nur während dieser 35° Weges ist die Unruh nicht „frei“, jedoch während der Ergänzungsbögen, welche zusammen also 450° minus 35° betragen, demnach auf einem 415° langen Weg, ist die Unruh frei, d. h. unabhängig von der Hemmung. Das Verhältnis des „nicht freien“ Weges zum „freien“ Weg beträgt mithin $35 : 415$, gekürzt (und abgerundet) $1 : 12$. Wie gestaltet sich dagegen dieses Verhältnis bei den „freien“ Pendeluhrehemmungen? Hebung samt Ruhe betragen, wenn es hoch kommt, $1\frac{1}{2}^\circ$, der Ergänzungsbogen auf jeder Seite höchstens $\frac{1}{2}^\circ$. Das gibt zusammen $2\frac{1}{2}^\circ$ große Pendelschwingungen, und es ist schon selten, wenn man ein Pendel überhaupt so große Schwingungen machen läßt. Das Verhältnis zwischen Hebung und Ergänzungsbögen beträgt also bei den freien Pendeluhrehemmungen im günstigsten Falle $1 : \frac{2}{3}$ (gegen $1 : 12$ beim Taschenuhrankergang!). Daß von einer Freiheit der Schwingungen bei der Pendeluhr kaum die Rede sein kann im Vergleich zur Ankeruhr, liegt demnach auf der Hand.

Die Auslösung findet beim Ankergang etwa 17° vor der Mittellage statt, also verhältnismäßig ganz kurz vor der Erreichung der größten kinetischen Energie der Unruh. Dagegen erfolgt bei den freien Pendeluhrehemmungen, wie wir gesehen haben, die Auslösung erst kurz vor dem Umkehrpunkt der Pendelschwingung, somit zu einem Zeitpunkt, in welchem die kinetische Energie des Pendels fast völlig aufgebraucht ist. Wollten wir die Charakteristik einer freien Pendeluhrehemmung für die Bedingungen in einer Taschenuhrhemmung umformen, so würden wir noch lange nicht den üblichen Ankergang haben. Es sind demnach gar keine rechten Vergleiche zwischen Pendel- und Taschenuhrhemmungen möglich, und die in letzter Zeit oft und eindringlich ausgesprochenen Wünsche, man solle versuchen, für Taschenuhren Gänge von gleicher Güte zu

schaffen, wie es die „konstanten“ (oder wenigstens „freien“) Schwerkraft- und Federhemmungen der Pendeluhren sind, entbehren der Berechtigung. Der freie Anker-gang ist als Taschenuhrgang viel besser als die freien Pendeluhrrhemmungen als Großuhrgänge.

Wir stellten fest, daß man bei Taschenuhrgängen den Gangregler, die Unruh, einen möglichst großen Ergänzungsbogen schwingen läßt, während man dem Pendel einen recht kleinen Ergänzungsbogen gibt. Verweilen wir ein wenig bei diesem Gegensatz, weil er die Hauptursache bildet gegen eine erfolgreiche Vergleichsmöglichkeit von Pendel- und Taschenuhrgängen. Schon rein gefühlsmäßig ist man damit einverstanden, daß Unruhen lebhaft schwingen sollen, weil man von selbst den Eindruck gewinnt, daß große Schwingungen offenbar nicht in demselben Maße von äußeren Einflüssen gestört werden können als kleine. Ebenso vertrauenerweckend sehen große Schwingungen des Pendels aus, und dennoch gibt man sich meistens besonders große Mühe, um ganz kleine Pendelschwingungen zu erzielen. Welche Gründe liegen hier vor?

Große und kleine Schwingungen sollen zeitgleich sein oder isochron, wie man sagt, sowohl diejenigen der Unruh als auch die des Pendels; denn dann besteht die meiste Aussicht, daß die Uhr bei allen nur möglichen äußeren und inneren Einflüssen richtig gehen muß. An der Unruh können wir auf den Isochronismus durch die Spirale einwirken, insbesondere durch die Endkurve; die Spirale stellt für die Unruh genau so eine Richtkraft vor, wie es die Anziehungskraft der Erde für das Pendel ist. Auf diejenige Richtkraft jedoch, welche auf das Pendel wirkt, nämlich die Schwerkraft, können wir keinen Einfluß ausüben, welcher sich mit demjenigen auf die Spirale unmittelbar vergleichen läßt. Hier hilft uns aber das Studium des Pendels mit Hilfe der Mathematik weiter, und man hat dadurch gefunden, daß das physikalische Pendel isochron schwingt, wenn der Schwingungsbogen die Form einer Zykloide hat, nicht aber die eines Kreisbogens. (Ganz Genaues hierüber siehe in: „Das Pendel“ von Dr. K. Giebel.)

Nun fallen Zykloide und Kreislinie im Anfang, praktisch gedacht, so gut wie zusammen. Damit hat man sich lange Zeit hindurch getröstet, und man sagte sich, wenn man ein Pendel so wenig als möglich schwingen läßt, dann schwingt es zwar in einer Kreislinie, aber da ja im Anfang Zykloide und Kreislinie annähernd dasselbe sind, so hat man ebenso gut eine Zykloide als Schwingungsbogen und mit dieser so selbstverständlich Isochronismus, daß er nicht einmal geprüft zu werden brauchte. Diese Erwägung hat lange Zeit hindurch, bis heute, die Konstruktion und Ausführung aller Pendeluhrrhemmungen beeinflusst, und zwar so stark, daß gerade deshalb die beliebten Vergleiche zwischen Pendel- und Taschenuhrrhemmungen auf ein gründliches, aber oft nicht beachtetes Hindernis stoßen.

Neuerdings gibt es Uhrmacher, welche dem Pendel astronomischer Uhren einen größeren Schwingungsbogen, d. h. Ergänzungsbogen, als bisher gestatten, und zwar auf Grund von Studien über die Pendelfeder. Man vergleiche in Abb. 15 die Länge *a* der ungespannten Pendelfeder mit der Länge *b* der um $\frac{1}{4}$ Umgang gespannten in Abb. 16. Die Länge der Federklinge ist in beiden Fällen dieselbe, aber man sieht durch Vergleich von *a* mit *b* ohne jede Erklärung, daß das Pendel sich infolge der Biegung der Federklingen um so mehr verkürzen muß, je weiter es sich von der Mittellage entfernt. Allerdings erfolgt die Biegung der Pendelfeder der Belastung durch das schwere Pendel wegen etwas anders, als es in Abb. 16 gezeigt wird. Aber grundsätzlich kann man diese vereinfachte graphische Darstellung, in welcher Weise die Pendelfeder zykloidenförmige Schwingungsbögen zustande bringt, anerkennen.

Die genauesten Einzelheiten über das Zykloidenpendel, die Pendelfeder und deren unmittelbaren Einfluß auf den Isochronismus nach dem Hook'schen Gesetz findet man in den Abschnitten 9 und 20 des erwähnten Buches: „Das Pendel“ von Dr. K. Giebel.

Man weiß heute sowohl auf Grund mathematischer Erwägungen als auch infolge praktischer Erfahrungen, daß sich für jedes Pendel eine Pendelfeder bauen läßt, mit welcher vollkommen isochrone Schwingungen erzielt werden können. Es muß einfach die Stärke und Länge der Federklingen zum Gewicht des Pendels abgestimmt werden. Sehr gute Ergebnisse erzielt man auch, indem man die Form der Federklingen verändert, besonders wenn offenbar die Feder zu stark ist. Abb. 17 zeigt eine solche Veränderung, mit welcher neuerdings ausgezeichnete Ergebnisse erzielt wurden. Wodurch sich dieselben erklären lassen, ersieht man auf Seite 167 in: „Das Pendel.“

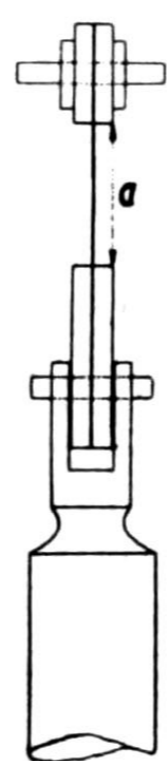


Abb. 15

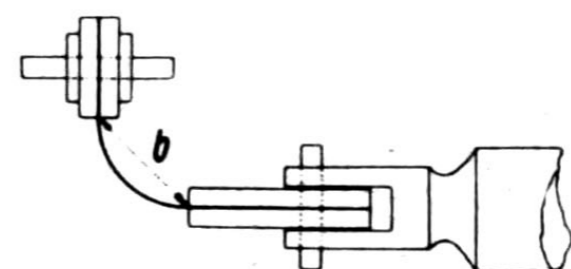


Abb. 16

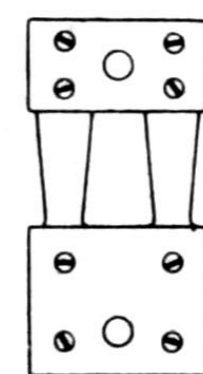


Abb. 17

Auch das Gewicht, die Masse des Pendels, scheint eine Erhöhung zu vertragen. Die Riefler-Pendel sind zur Zeit die schwersten, und man sollte ihr Gewicht keinesfalls unterschreiten, eher noch vermehren.

Hohes Gewicht des Pendels, großer Schwingungsbogen bei vollkommenem Isochronismus, welcher durch unermüdliches Auswechseln und Ändern der Pendelfeder für den weitesten Schwingungsbereich unbedingt erzielt werden kann und muß, sind bei selbstverständlich vollkommener Kompensation die sicherste Gewähr für höchste Gangleistungen einer Pendeluhr. Dabei spielt die Art der Hemmung, ob Graham-Gang oder sogenannte Hemmung mit konstanter Kraft, eine wahrscheinlich recht unwesentliche Rolle. Diese Feststellungen erfolgten auf Grund jahrzehntelanger Erfahrungen bei einem wissenschaftlichen, in seiner Bedeutung weltumspannenden deutschen Institut, welches eine besonders große Anzahl von Pendeluhren zu betreuen hat.

Dort wurde auch festgestellt, daß die schweren Pendel mit großem Schwingungsbogen auffallend wenig empfindlich sind für elektrische Kontakte gegenüber den nach veralteter Anschauung wenig schwingenden und leichteren Pendeln.

Die Berechtigung eines größeren Schwingungsbogens wird heute mehr und mehr anerkannt, und daraufhin sollten die Hemmungen der Pendeluhren, besonders auch diejenigen mit konstanter Kraft, einer erneuten Prüfung und etwaigen Umgestaltung unterzogen werden.

Der Anfänger liebt die sogenannten Hemmungen mit konstanter Kraft, weil er glaubt, daß er damit dem Problem des Isochronismus (in vermeintlich raffinierter Weise!) aus dem Wege geht. Der ausgelernte Regleur dagegen zieht sie auch in Betracht, weil er die immer verbleibenden und in gewissem Maße gewünschten geringfügigen Unvollkommenheiten des Isochronismus mit „konstanter Kraft“ zur Bedeutungslosigkeit herabdrücken will. Keinesfalls

aber wird der erfahrene Regleur glauben, daß die „konstante Kraft“ die Reglage vereinfache. Das glauben nur krasse Laien.

Auf den ersten Blick hin erscheint es für die tragbare Uhr viel nötiger zu sein als für Pendeluhr, Hemmungen mit konstanter Kraft anzuwenden; denn bei der tragbaren Uhr haben wir eine Zugfeder als Kraftquelle bzw. Kraftspeicher, die nur eine gleichmäßige Zugkraft liefern kann, ganz im Gegensatz zum gleichmäßigen Gewichtsantrieb der Pendeluhr. Man hat sich von Anfang an bemüht, diesen Fehler zunächst dort zu beseitigen, wo er tatsächlich sitzt, indem man aus der ungleichmäßigen Zugkraft gleich an Ort und Stelle eine möglichst gleichmäßige schuf, durch Anwendung der Schnecke. Man hat auf diese Weise „Uhren mit konstanter Kraft“ geschaffen oder, richtiger, zu schaffen gesucht. Denn vollkommen kann das Ergebnis niemals sein. Zwar ist die Umformung einer ungleichmäßigen Kraft in eine gleichmäßige mit Hilfe der Schnecke so gut wie restlos möglich, aber die ungleichmäßige Kraft der Zugfeder ist nicht „gleichmäßig ungleichmäßig“, sondern „wechselnd ungleichmäßig“.

Wir sahen uns genötigt, bei den Hemmungen mit konstanter Kraft für Pendeluhr auch dem Antrieb durch das Gewicht vollste Aufmerksamkeit zu schenken, da es leicht zu Fehlschlüssen führen kann, wenn man aus einem so vollkommen abgestimmten Mechanismus, wie der Uhr, nur einzelne Teile zur Betrachtung herauszieht. Dasselbe muß bei der tragbaren Uhr geschehen, und erst recht, weil die Einflüsse der wechselnden Zugkraft der Feder gegenüber der Gewichtuhr ganz andere Verhältnisse schaffen, welche sich bis zur Hemmung hin bemerkbar machen.

Es ist ohne weiteres möglich, für eine gegebene Zugfeder eine praktisch vollkommene Schnecke zu formen, welche heute eine genügend gleichmäßige bewegende Kraft an das Laufwerk abgibt, in ähnlicher Vollkommenheit wie bei Gewichtsantrieb. Aber morgen kann das schon wesentlich anders sein, an einem weiteren Tage dagegen kann der erste Zustand wieder vorhanden sein. Diese Schwankungen von einem Tage zum anderen und die später infolge „Setzens“ der Zugfeder eintretenden langperiodischen Veränderungen verschuldet selbstverständlich niemals die Schnecke. Wenn die Schnecke überhaupt einmal gestimmt hat, dann paßt sie in die Uhr, aber die Zugfeder ändert sich ständig, weil das in ihrer Natur liegt, und dadurch wird sie meistens immer unpassender zur Schnecke. Die Feder mindert ihre Arbeitsleistung mit dem Wechsel der Temperatur. Jedoch da diese Veränderungen mit recht großer Genauigkeit vorhersehbar sind, können sie bei der Reglage ziemlich gut ausgeglichen werden. Sehr schlimm aber sind in ihren Folgen die Veränderungen, welche die Zugfeder durch die ständig wechselnden Einflüsse des Oles durchmacht, da sie sich jeder Vorsorge entziehen.

Das „Ol“ an der Zugfeder ist geradezu „unerforschtes Gebiet“. Die Vorgänge im Federhaus spielen sich im Verborgenen ab, und es gibt selbst wenig Präzisionsuhrmacher, die sagen können, was sowohl an der Zugfeder selber beim Aufzug, viel wichtiger noch beim Ablauf vorgeht und wie das Ol sich benimmt, gleich nachdem die Feder frisch geölt wurde, und wie es sich benehmen wird, wenn die Uhr ein halbes Jahr oder ein Jahr oder gar zwei Jahre und länger gegangen ist. Um auf diesem Gebiet mitreden zu können, muß man Federhäuser ausschneiden, mit Schenkeln versehen, wie es bei den Laufwerksrädern üblich ist, und immer wieder Versuche machen, vor allem nach langer Zeit, wenn das Ol sich geändert hat, mit dünnen und mit dicken Federn, mit breiten und schmalen sowie mit zu kleinem oder mit zu großem Federkern, und besonders mit verschieden dickem Ol. Man muß vor allem auf den Ablauf der Feder achten; denn das Aufziehen ist nur von unmittelbarer Bedeutung. Das Ablaufen sollte man so langsam erfolgen lassen, wie es geschieht, wenn eine Uhr im Gange



Abb. 18



Abb. 19

ist. Man wird sehr niedergeschlagen sein von den Beobachtungen. Es kommt selbst bei hundert Versuchen nicht vor, daß eine Feder sich das eine Mal genau so entfaltet wie ein anderes Mal. Es scheint fast, daß es so viel voneinander verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten gibt, als z. B. Schachspiele möglich sind. Der Grund dazu liegt in der Hauptsache im verschiedenen Verhalten des Oles. Hat man nämlich bei Uhren ohne Stellung die Feder so weit aufgezogen, daß beinahe der Haken abreißt, so wird das Ol zum allergrößten Teil aus den Federumgängen herausgepreßt und das Ablaufen, das Entwickeln der Feder erfolgt verblüffend anders, als wenn die Uhr vorsichtig aufgezogen wurde. Schon aus dieser Beobachtung ergibt sich, daß Präzisionsuhren ersten Ranges unbedingt Stellung haben müssen. Man sieht schon einen auffallenden Unterschied in der Entwicklung der Zugfeder beim Ablaufen, wenn man die Uhr schnell aufzog, gegenüber einem länger dauernden Aufzug. Das Ol gruppiert sich nämlich staunenswert anders, je nachdem die Feder schnell oder langsam aufgezogen wird, und daraus ergibt sich ein ganz und gar verschiedenartiges Kleben der Federumgänge aneinander beim Ablaufen.

Eine sehr willkommene Verbesserung der Federentwicklung erzielt man bei Verwendung des sogenannten Steges (nicht des Zaumes!) im Federhaus, welcher die merkwürdige, nicht leicht zu begründende Eigenschaft hat, der Feder eine Art konzentrischer Entwicklung zu gestatten, die sehr an die Breguet-Spirale erinnert (Abb. 18). Auf jeden Fall fällt bei der Anwendung des Steges die sonst einseitige Pressung der Federumgänge an die Federhauswand (Abb. 19) fort und es bleibt nur noch die Sorge um die Veränderlichkeit innerhalb der Gänge selber, die aber eben bei Anwendung des Steges sehr gemäßigt erscheint. Selbst Uhren mittlerer Güte sollten den „Steg“ im Federhaus haben, und es würde Aufgabe der Schulen, nicht nur der eigentlichen Fachschulen, sondern vor allem der Fachklassen an Gewerbeschulen, Fortbildungsschulen usw., sein, den Boden für diese ungeahnt große Verbesserung vorzubereiten, damit nicht die gute Absicht der Konstrukteure und die Mühen der Fabriken an der Unkenntnis des Nachwuchses zuschanden werden. Dieser Steg stellt so ein bescheidenes Stückchen Stahl vor, welches jedoch allerhand Unbequemlichkeiten mit sich bringt, da es gelernt sein will, es an seine Stelle im Federhaus hin zu praktizieren. Meistens wird es deswegen hinausgeworfen, die Uhr aber in ihren Gangleistungen dadurch auf das allerschwerste geschädigt.

Der Steg besteht aus einem Stückchen blauharten Federstahles, so dick und auch ungefähr so breit, wenigstens bei Taschenuhren, wie die Klinge der Zugfeder ist, zu welcher er gehört. In Abb. 20 ist er dargestellt. Es muß a gleich der inneren Höhe des Federhauses sein, b gleich der Bodenstärke der Trommel und c gleich der Deckelstärke. Mit dem zapfenartigen Teil d sitzt er gut passend im rechteckigen Loch e des Federhausbodens, nach Abb. 21 und der Teil f findet seinen Platz in der Ausfeilung g des Deckels, Abb. 22, welcher natürlich außerdem noch die zum Abheben erforderliche übliche Ausfeilung besitzen muß. Der Steg soll von der Federhauswand genau um so viel entfernt stehen, daß er die Klinge gerade leicht, ohne Luft andrückt, wie das Abb. 18

deutlich zeigt. Im übrigen muß die Feder mit dem üblichen Loch am Ende an ihrem Haken hängen. Loch und Haken werden durch den Steg außerordentlich entlastet. Von größter Wichtigkeit ist der Winkel zwischen Haken und Steg. Im allgemeinen nimmt man 45° als günstig an, doch scheint man bis 90° gehen zu können. Verschieden dicke Federn scheinen auch verschiedene Winkel zu erfordern. Diesem Zusatzbogen kommt eine ähnliche Bedeutung zu wie dem Stück Spirale zwischen Rückerstiften und Spiralklößchen. Jedenfalls ist es ganz sicher und durch Versuche bewiesen, daß es eine Länge für diesen Zusatzbogen der Zugfeder gibt, bei dessen Einhaltung eine gute Feder sich so gleichmäßig entwickelt, wie die Abb. 18 es zeigt; schon nach $\frac{1}{2}$ Umgang Ablauf haben sich sämtliche Gänge voneinander gelöst, die inneren etwas mehr als die äußeren und ein eigentliches Reiben der Gänge aneinander findet nicht mehr statt. Das bleibt gleich günstig bis zum beinahe völligen Ablauf. Voraussetzung dabei ist ein wohlgeformtes Mittelteil der Feder, die sogenannte Rose. Aber selbst der von den meisten Zugfederfabriken den Rosen leider mitgegebenen Fehler der Exzentrizität wird durch den Steg in seinen Folgen sichtlich gemildert.

Eine besondere Sorgfalt muß man den Zugfedern mit Steg beim Einwinden angedeihen lassen. Man darf sie niemals ganz aufziehen, da sie sich dabei gleich hinter dem Steg ein für allemal verbiegen, wodurch sie einen Teil ihrer sonst vollkommen konzentrierten Entwicklung einbüßen. Man muß natürlich feststellen können, wieviel Umgänge die Zugfeder dem Federhaus gestattet. Diese Untersuchung muß ohne Steg erfolgen. Danach erst wird er eingesetzt und den Verlust an Entwicklung, den er natürlich verschuldet, braucht man nur mit höchstens $\frac{1}{8}$ Umgang anzusetzen. Darauf wird soviel aufgezo-gen, als die Feder nach dem Ablauf noch Überschuß an Entwicklungsumgängen haben soll und sogleich die Stellung aufgesetzt. Zieht man nunmehr ganz auf, so wird die Stellung das Verbiegen der Klinge am Steg verhindern, da ja ein volles Aufziehen nicht mehr möglich ist. Mag sein, daß dieses Arbeiten an und mit dem Steg umständlich und zeitraubend erscheint. Jedoch erspart man diese Zeit sicher vielfältig bei der Reglage; denn nach dem Ausspruch und der Erfahrung eines berühmten Regleurs beginnt die Reglage an der Zugfeder. Ist nämlich der Steg vorhanden und wurde er so sorglich eingesetzt, wie hier beschrieben, dann kommt die Zugkraft der gewünschten „Konstanz“ schon viel näher als bei einer Zugfeder ohne Steg. Das Öl, selbst wenn es dicker wird, richtet in einer Zugfeder nach Abb. 18 nicht mehr allzuviel Schaden an und das äußert sich in einem staunenswerten Sinken der Größe der täglichen Variationen und der Sprünge im Gang, Fehler, welche allerdings an allen möglichen Stellen der Uhr ihre Ursache haben können, besonders auch an der Spirale und der Unruh, wenn diese, wie üblich, mißhandelt worden sind. Jedoch kann man durch den Versuch jedesmal mit zweifelloser Sicherheit nachweisen, daß sich Variationen und Sprünge des Ganges sofort auffallend verringern, sobald man den Steg im Federhaus anbringt.

Das ohne weiteres zu glauben, wird leicht sein, wenn man noch einmal die Abb. 19 mit Abb. 18 vergleicht und dabei sieht, welche Pressung an der Federhauswand und innerhalb vieler Gänge ständig stattfindet. Weder die Abb. 19 noch die Abb. 18 sind im geringsten übertrieben. Im Interesse eines dauerhaft guten Ganges sollten nur solche Uhren zur eventuellen Prämierung zugelassen werden, welche den Steg im Federhaus haben oder wenigstens eine in der Wirkung dem Steg ähnliche Einrichtung, wie sie beispielsweise durch die Zenith-Uhren in den letzten Jahren allgemeiner bekanntgeworden ist.

Ein klein wenig erzielt man auch die Wirkung eines Steges bei Anwendung der sogenannten S-Feder, welche auch Glashütter Feder genannt wird, aber es lohnt nicht, sie zu beschreiben, da sie sich von der gewöhnlichen Feder zuwenig abhebt, außerdem verändert sie ihre S-Form meistens sehr schnell zu einer gewöhnlichen Feder, wenn sie nicht so hart ist, daß die Bruchgefahr unnötig erhöht ist. Auch wenn man das äußere Federloch nicht wie üblich am Ende der Feder anbringt, sondern so, daß $\frac{1}{8}$ Umgang übersteht, erzielt man eine Wirkung, sehr ähnlich derjenigen des Steges, jedoch erscheint es zweifelhaft, ob für lange Dauer. Eine derartige Feder ist sicherlich einer langsam zunehmenden Verbiegung am Loch ausgesetzt, und das dürfte eine Verschleierung der Gangergebnisse zur Folge haben. Allerdings ist auch diese am Außenende überstehende Zugfeder immer noch viel besser als eine gewöhnliche.

Wie läßt sich die Reibung und das Kleben der Feder-gänge aneinander in seiner Einwirkung auf die täglichen Gangschwankungen erklären? Es sollte bekannt sein, daß man nicht den vollkommenen Isochronismus bei der Reglage anstreben darf, sondern daß man eine geringe Beschleunigung der kleinen Schwingungen gegenüber den großen herstellen muß, im Interesse der Erhaltung der

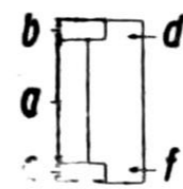


Abb. 20

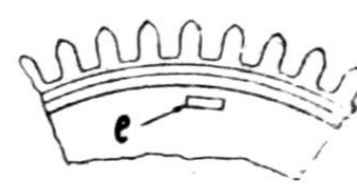


Abb. 21



Abb. 22

Reglage. Kleben nun an irgendeinem Tage die Federumgänge vorübergehend stärker als sonst aneinander, so erhält die Unruh auch geringeren Antrieb, die dadurch kleineren Schwingungen sind zwar, wie erwünscht, schneller, aber sofort haben wir darum eine Plusschwankung im Gangregister. Es ist bekannt, daß Variationen und Sprünge in der Kälte größer sind als in Mitteltemperatur, und in dem stärkeren Kleben des Oles der Feder läßt sich eine vernünftige Ursache dafür feststellen. Bei tadellos regulierten Uhren, deren Gang nicht mehr durch Temperatur- und andere Fehler verschleiert ist, läßt sich sogar eine Gesetzmäßigkeit der Plus- und Minusschwankungen ziemlich gut nachweisen, doch muß man dazu die genauesten Zugfederstudien gemacht haben im Zusammenhang mit dem Öl.

Uhren, deren Isochronismus fehlerhaft ist, leiden immer an zu großen Variationen und Sprüngen des Ganges. Die Erklärung ist nach dem Vorstehenden selbstverständlich. Wenn eine Uhr Erfolg haben soll, so muß der Isochronismus jeden Tag durch zweimaliges Beobachten des Ganges festgestellt werden, und wenn nötig, ist er zu verbessern. Das alleinige Allheilmittel ist der vollkommene Isochronismus bei der Reglage allerdings auch nicht. Jedoch es gibt nicht einen einzigen Grund dafür, daß er vernachlässigt werden darf, wie es bei der Taschenuhrreglage so häufig geschieht. Es kann auch durch einen einfachen Versuch nachgewiesen werden, daß im verschiedenen Verhalten der Zugfeder eine Hauptursache für die Variationen des Ganges zu suchen ist. Man stelle die Art und Größe der täglichen Gangschwankungen in einer langen Beobachtungszeit fest. Darauf entferne man die Zugfeder und das kleine Aufzugrad gänzlich. An Stelle des großen Aufzugrades bringe man eine etwas vorgebaute Schnurrolle an, breit genug, um vier Umgängen einer dünnen Darmseite Platz zu gewähren. Wenn die Uhr im Liegen probiert werden soll, ist noch eine Umleitrolle nötig. Man kann nunmehr die Uhr mit Gewicht-antrieb in Gang setzen, die ablaufende Stellung sorgt für

Übertragung der Antriebskraft vom Federkern auf das Federhaus. Auch kann durch verschiedene vergrößerte oder verringerte Belastung des Gewichtes ein veränderlicher Schwingungsbogen hergestellt werden, und man wird nun erst richtig erkennen, an wievielen Variationen und Sprüngen des täglichen Ganges die Zugfeder schuld war.

Das Kapitel Zugfeder ist so überaus wichtig, daß man länger dabei verweilen mußte. Es scheint mit den „konstanten Hemmungen“ gar nicht zusammenzuhängen. Jedoch da wir die Schnecke als Hersteller einer konstanten Kraft auf das sorgfältigste in unseren Betrachtungen einbeziehen müssen, so sollten wir uns auch mit der Zugfeder vertraut machen, da nur sie es ist, welche die Schnecke fälschlicherweise unvollkommen erscheinen läßt. Übrigens könnten von den hier besprochenen Zugfedereigenschaften und Vorschlägen alle Uhren, selbst die billigsten, einen kleinen Gewinn davontreiben, so daß es sich wohl verlohnt haben dürfte, bei der Zugfeder länger verweilt zu haben, zumal sie sich für sich allein nicht so gut beschreiben läßt wie hier, wo sie als das Gegenteil von „konstanter Kraft“ zu Vergleichen herausfordert, die in anderem Zusammenhang aus der Luft gegriffen erscheinen könnten.

Übrigens ist es ja in der Hauptsache die nicht konstante Kraft der Zugfeder, welche den Wunsch nach „Hemmungen mit konstanter Kraft“ immer wieder auslöst, und das ist Grund genug dafür, uns eingehend um die Quelle dieser Wünsche zu bekümmern, in der Hoffnung, wenn auf dem Gebiet der Hemmungen kein Fortschritt möglich sein sollte, so doch vielleicht bei der Ursache aller Störungen, nämlich bei der Zugfeder.

Niederdrückende Erfahrungen macht man in bezug auf das Ökleben mit breiten Federn und in ganz verstärktem Maße mit breiten, dünnen Federn, besonders dann, wenn sie ohne Steg oder stegähnliche Einrichtungen angewendet werden. Wohl ist es wahr, daß dünne, breite Zugfedern eine viel gleichmäßigere Zugkraft entwickeln, deren Vorzüge sich dadurch auswirken, daß der unvermeidliche Kraftunterschied zwischen „aufgezogen“ und „abgelaufen“ gering wird. Aber sehr bald ist hier eine Grenze erreicht, die zu unterschreiten sich schwer rächt. Breite und verhältnismäßig zu dünne Federn haben bei der geringsten Ölverdickung besonders große Variationen und Sprünge im täglichen Gange zur Folge, und das ist ein wichtiger Grund gegen die Neben einanderschaltung von mehreren Federhäusern mit extra dünnen Zugfedern, wie das in den Kindheitstagen des Seechronometers versucht worden ist. Das einzig Richtige ist die Hintereinanderschaltung bei Verwendung nicht zu breiter Zugfedern und ohne besondere Erhöhung der Entwicklungsumgänge, dafür aber Herabsetzung der in Anspruch genommenen, als Antrieb wirkenden Umgänge durch Anwendung von Stellungen, die nur zwei bis drei Umgänge je Federhaus ermöglichen. Die älteren Seechronometer ohne Schnecke, welche einfache Federhäuser mit überaus breiten und dünnen (und darum ständig klebenden) Zugfedern besaßen, haben ohne jede Ausnahme für die Dauer vollkommen versagt, weniger wegen der immer noch vorhandenen Verschiedenheit der Antriebskraft zwischen „aufgezogen“ und „abgelaufen“, die man in die Reglage gewissermaßen hineinregulieren kann, als vielmehr wegen der täglichen Gangschwankungen, der zu großen Variationen und der Sprünge, welche je nach der Laune des Oles im Federhaus jeden Tag ganz anders als vorher auftraten und die darum diese Instrumente vollkommen unbrauchbar machten.

So manche Uhrenfabrik konnte infolge rastloser Verbesserung der Eingriffe und der Zapfen und Steinlöcher immer dünnere Zugfedern anwenden und mußte gewahr werden, daß unerklärliche Sprünge im Gang immer häufiger auftraten und daß die Reglage nicht von Dauer war. Daß

die Zugfeder bei der Reglage ein gleich wichtiges Wort mitzureden hat wie die Spiralfeder, ist erst in letzter Zeit erneut in Erinnerung getreten. Allseitig erfahrene Regleure allerdings wußten das schon immer. Es sollte hierzu eine Meinung nur derjenige äußern, welcher zahlreiche Studien an durch Aussägen und Ausfeilen geöffneten Federhäusern gemacht hat, vor allem aber lang andauernde Ölstudien in derartigen Federhäusern.

Die so wenig konstanten Verhältnisse in Federhäusern äußern sich schon bei Versuchen am Dynamometer. Von vielen Seiten werden sehr berechtigte Wünsche nach derartigen Apparaten laut, welche nicht nur die vom Federhaus aufgebrauchte Leistung anzeigen, sondern die vor allem deren Abfallen beim Ablauf aufzeichnen. Die bisher veröffentlichten Kurven solcher Dynamometer zeigen überzeugend klar, wie wahr die hier gemachten Feststellungen in bezug auf den Einfluß des Öklevens sind; denn die Kurven zeigen, wenn sie nicht retuschiert sind, keine glatt und allmählich verlaufenden Linien, sondern alle Sorten Ecken und Vorsprünge. Man glaubte erst immer, daß die Unvollkommenheit der Dynamometer allein daran schuld ist, weiß jetzt aber, daß die Zugfedern sich genau so schlecht benehmen, wie die Kurven häßlich aussehen. Vollkommen arbeitende Dynamometer stellen das nächste und dringendste Bedürfnis für die Uhrenindustrie dar, sofern sie Fortschritte machen will in bezug auf lange Erhaltung der Reglage.

Eine Angelegenheit ganz eigener Art stellt die Zugfeder des Seechronometers dar, weil sie eine Gangdauer von mehr als zwei Tagen ermöglicht. Warum geht das Seechronometer zwei Tage? wird man jedesmal erstaunt gefragt, wenn jemand zum erstenmal ein solches Instrument sieht und er dabei an dem Auf- und Abzeiger gewahr wird, daß die Gangzeit 56 Stunden beträgt. Um diese Tatsache erklären zu können, muß man ein wenig die technische Entwicklung der Seechronometer in Betracht ziehen:

Die Größe und Schwere der Unruh ist heute durch Erfahrung gegeben, es würde zunächst zu Mißerfolgen führen, wenn man an den Massen der Unruh etwas ändern wollte. Eine bestimmte Unruh erfordert natürlich eine bestimmte Zugkraft an der Schnecke. Würde man ein Seechronometer der heute als normal geltenden Bauart für nur einfüge Gangzeit einrichten, indem man das Übersetzungsverhältnis zwischen Schnecke und Minutentrieb auf die Hälfte herabsetzt, so erforderte das ein anderes Schneckenprofil und eine sehr dünne Zugfeder, und dieser haften natürlich die zahlreichen Übelstände an, welche zu dünnen Federn eigentümlich sind; es ist darüber genau berichtet worden. Die für den Anfang, bei frischem Öl stimmende Schnecke wird hier besonders bald nicht mehr zu der veränderten Zugfeder passen und wenn auch durch An- und Abspannen der Feder eine Übereinstimmung mit der Schnecke meistens wieder herstellbar ist, so findet das aber bald seine Grenze. Überdies würde ein Chronometer wertlos sein, welches etwa alle Vierteljahr ein Umspannen der Zugfeder erfordert. Außerdem verträgt die Reglage nicht die damit verbundene Gesamtänderung des Schwingungsbogens.

Wenn man dagegen, wie üblich, der Zugfeder eine derartige Klingenstärke und -breite gibt, daß die in ihr aufzuspeichernde Energie für zweitägigen Antrieb ausreicht, so sind bei dieser kräftigen Feder die Öleinflüsse ganz bedeutend herabgesetzt, besonders bei Anwendung des Steges, der im Seechronometer unbedingt notwendig ist. Nun ist aber im Laufe von ungefähr hundertjähriger Benutzung von Chronometern eine Art Irrtum in bezug auf ihren Aufzug eingetreten.

Wenn man nämlich, wie bisher üblich, eine Schnecke mit so viel Gängen zur Verfügung hat, daß eine 56 stündige Gangzeit herauskommt, dann läßt sich immer an irgendeinem Teil ihres Profils ein für 24 Stunden Gangzeit ausreichendes Stück finden, welches einen so gut wie vollkommen gleichmäßig großen Schwingungsbogen der Unruh hervorbringt. Durch An- oder Abspannen der Zugfeder kann man nachhelfen und erst recht ein vollkommenes Ergebnis erzielen, d. h. also, irgendein Stück des Schneckenprofils in genaueste Übereinstimmung mit einem entsprechend großen Teil der Spannungskurve der Zugfeder bringen, so daß für 24 stündige Gangzeit ein ganz gleichmäßiger Schwingungsbogen der Unruh vorhanden ist. Der Auf- und Abzeiger müßte erst dann, wenn diese Stelle an der Schnecke gefunden ist, aufgesetzt werden, z. B. auf die Ziffer 24, wenn das herausgefundene günstigste Stück der Schnecke durch Ablauf der Uhr zu Ende ist. Der Gang in den folgenden Stunden, also am zweiten Tage, würde darunter zu leiden haben, daß nunmehr die übrigen, mehr oder weniger fehlerhaften Umgänge der Schnecke wirken. Dasselbe könnte eintreten, wenn man das Chronometer weiter aufzieht, als bis der Auf- und Abzeiger die Ziffer 0 erreicht hat. Bei der hier erwähnten Methode, für wenigstens eintägige Gangzeit einen ganz gleichmäßig großen Schwingungsbogen zu erzielen, käme also die übliche „Stellung“ an der Schnecke nicht mehr zur Wirkung, das Aufziehen wäre daher umständlich, weil man gezwungen ist, den Auf- und Abzeiger andauernd zu beobachten. Das käme für den praktischen Gebrauch des Chronometers nicht in Frage. Hier ist diejenige Stellung am Platze, welche in den heutigen Erzeugnissen der Hamburger Chronometerwerke G. m. b. H. angewendet wird. Dieselbe ist im Prinzip in Abb. 23 dargestellt, a ist ein Nocken, welcher auf der Schneckenwelle sitzt und in die einfachen Dreieckszähne der Scheibe b eingreift. Bei jedem Um-

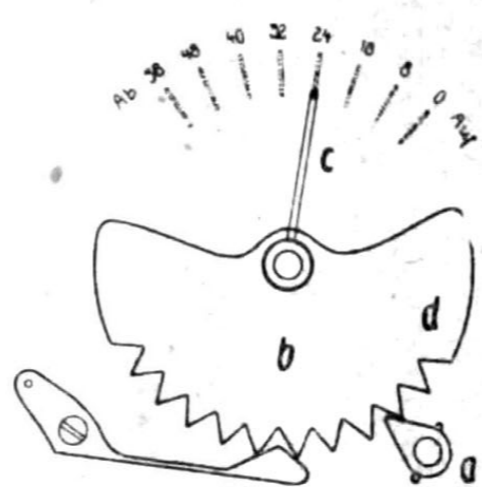


Abb. 23

gang der Schnecke rückt das Rad b und sein Zeiger c um eine Teilung weiter und wenn der Nocken, wie in Abb. 24 gezeigt, beim Aufziehen an dem ungezahnten Teil d der Scheibe b angekommen ist, so ist die Sperrung der Aufziehbewegung eingetreten (oder die Stellung, wie der Uhrmacher eigentlich fälschlich sagt). Hier besteht Auf- und Abwerk und Stellung (richtiger Sperrung) aus nur einem Werkteil. Man könnte ein derartiges verbessertes Chronometer zuerst ohne die Scheibe c gehen lassen, bis man die günstigste Stelle der Schnecke für 24 stündige Gangzeit herausgefunden hat und dann erst die Stellungsscheibe so aufbringen, daß die günstigste Stelle der Schnecke beim Aufziehen infolge der Sperrung nicht überschritten werden kann (Abb. 24). Es könnte dabei vorkommen, daß ein, zwei oder gar drei Umgänge am kleinen Durchmesser der Schnecke ausgeschaltet würden. Diese fehlen dann natürlich, wenn das Chronometer wirklich zwei Tage lang gehen soll. Aber was nützt schon eine zweitägige Gangzeit! Die Zahl zwei stimmt nicht zum siebentägigen Rhythmus der Woche und dadurch ist die Gefahr, daß das Chronometer versehentlich abläuft, bei Ausnutzung der zweitägigen Gangzeit außerordentlich vergrößert. Wer nur an jedem zweiten Tage aufzieht, verzichtet doch auf den Reservegangtag, welcher nur eine angenehme Beigabe sein soll für den Fall, daß das tägliche Aufziehen doch einmal versäumt wird.



Abb. 24

wenn man lieber für 24stündige Gangzeit einen ganz gleichmäßigen Schwingungsbogen der Unruh herstellt und alle 24 Stunden aufzieht, als wenn man für den ersten und den zweiten Gangtag nach Möglichkeit das Beste herausholt. Ein Schwingungsunterschied der Unruh ist bei voller Ausnutzung der 56stündigen Gangzeit niemals ganz zu vermeiden, vor allem nicht für die Dauer. Lieber soll ein Chronometer am ersten Gangtag das denkbar Beste leisten und am zweiten Gangtag weniger Gutes, als an beiden Gangtagen nur etwas halbes. Wenn ein Chronometer am zweiten Tage schlecht reguliert, so wird man sich hüten, es länger als einen Tag gehen zu lassen; es würde also geradezu seinen Pfleger erziehen zu sorglicherer Wartung.

Man erweist jedem Chronometer, dessen zweitägige Gangzeit man ausnutzt, einen sehr schlechten Dienst. Denn der verhältnismäßig sehr kräftigen Zugfeder im Seechronometer ist es zuträglicher, wenn sie regelmäßig nur immer zwei Umgänge aufgezogen wird und nur ebensoviel wieder abläuft, als wenn sie, bisweilen oder regelmäßig, vier Umgänge leisten muß. In letzterem Falle kommt sie viel schwerer in einen Gleichgewichtszustand ihrer Struktur als in ersterem. Auch zerspringt sie nicht so leicht bei der geringeren, aber gleichmäßigen Beanspruchung durch regelmäßiges tägliches Aufziehen, trotzdem sie da die beiden zum eintägigen Antrieb nötigen Umgänge im Bereich ihrer größeren Anspannung zu entwickeln hat. Das Öl an der Klinge wandert weniger hin und her bei täglichem Aufziehen, dagegen viel und darum in nachteiliger Weise, wenn die zweitägige Gangzeit ausgenutzt wird.

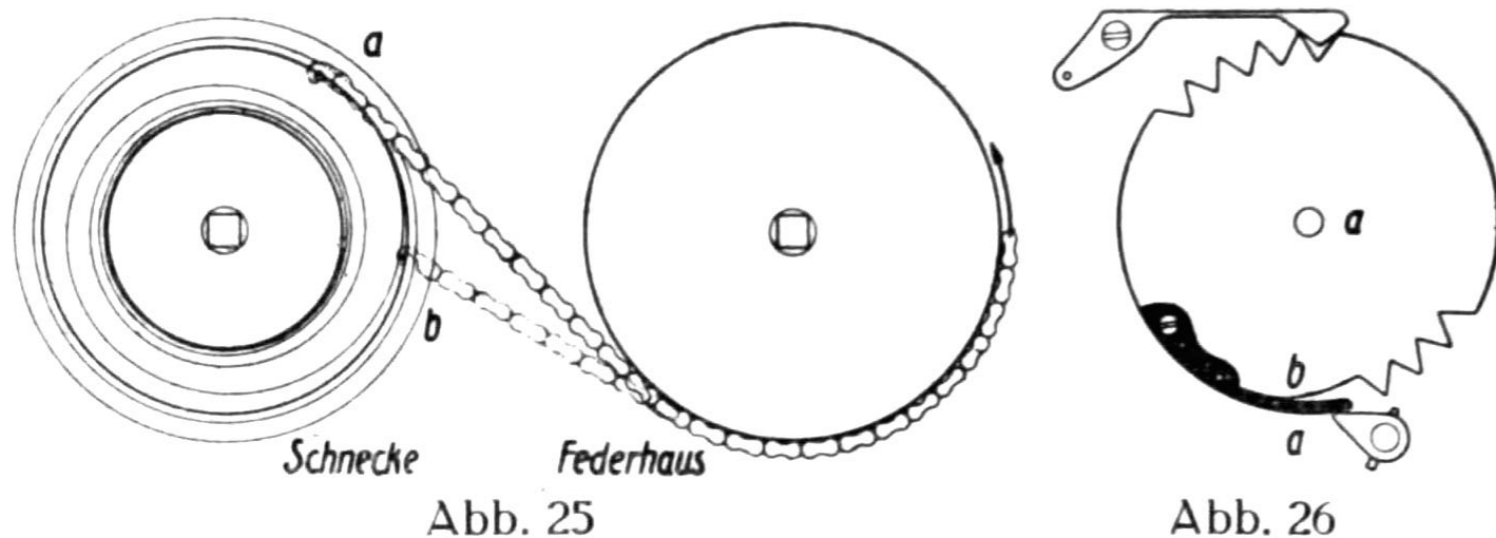
Wie schon gesagt, wird es kaum ein Chronometer geben, dessen Unruh bei zweitägiger Aufzugsperiode während aller 48 Stunden ganz gleichmäßig große Schwingungen macht. Wenn z. B., wie meistens, die Schwingungen am Ende des zweiten Tages erheblich größer werden, so bedeutet das eine vermehrte Anstrengung für die Spirale, welche dadurch in dem ihr so dringend notwendigen gleichförmigen Spannungszustand merkbar gestört wird. Das ganze Chronometer kommt gewissermaßen nicht in den notwendigen Zustand der Gleichmäßigkeit der Bewegung und zeigt das durch Vergrößerung der gefürchteten Variationen und Sprünge an, man sagt, es beruhigt sich nicht.

Die Forderung, daß man trotz der Fähigkeit der Chronometer, zwei Tage lang gehen zu können, sie an jedem Tage neu aufziehen soll, und daß man für den ersten Gangtag den denkbar gleichmäßigsten Schwingungsbogen herstellen soll, ganz auf Kosten des zweiten, ist durchaus nicht neu, man könnte ihr aber wieder erhöhte Beachtung schenken. Die heutigen Prüfungsbestimmungen fordern allerdings, daß der Gangunterschied zwischen erstem und zweitem Tage sich in sehr engen Grenzen halte, nicht nur aus Gründen der (vermeintlich!) besseren Verwertbarkeit der Instrumente, sondern weil man dadurch annähernd feststellen kann, ob beides, die Schnecke und der Isochronismus, genügend fehlerfrei sind. Wenn auch bei einer Prüfung das zweitägige Aufziehen, allerdings nur zu ebengenanntem Zweck, vollkommen am Platze ist, so doch niemals im praktischen Gebrauch.

Die Verfechter der eintägigen Gangzeit wollen nicht etwa dem Isochronismusproblem aus dem Wege gehen, wenn sie nur für die ersten 24 Stunden den denkbar gleichmäßigsten Schwingungsbogen anstreben, sondern sie wollen das geringe Vorgehen, welches man den kleinen Schwingungen geben muß, ohne zwingende Gründe im Gangregister nicht in Erscheinung treten lassen und dabei den Gleichförmigkeitszustand von Spirale und Zugfeder nicht unnötig gefährden, eben zwecks Vermeidung der Variationen.

Die Gangergebnisse eines Chronometers und damit sein Daseinszweck werden zweifellos erheblich gesteigert,

Die Sperrung des Aufzuges an der Auf- und Abscheibe bei den Instrumenten der Hamburger Chronometerwerke findet nicht ihr Gegenstück beim Ablauf. Wie die Abb. 23 zeigt, sind viel mehr Dreieckzähne in der Scheibe vorhanden, als die Schnecke Umgänge macht, das sind hier sieben (bisweilen auch acht, bei 1:7 Übersetzungsverhältnis). Das Chronometer geht demnach so lange, als noch Kettenglieder auf den Schneckenumgängen liegen, und wenn das letzte Glied abgehoben ist, bleibt das Werk nicht so plötzlich stehen, als wenn die Sperrung des Ablaufens genau so an der Auf- und Abscheibe erfolgte wie die Sperrung des Aufzuges (Abb. 24). Das plötzliche Aufhören der Antriebskraft würde das Chronometer schwer schädigen, da die schwere, in voller Schwingung befindliche Unruh mit ihrem Hebestein leicht eine Gangradzahnspitze zerdrücken könnte, wenn nicht gar schwerere Schäden eintreten, wie Zapfen- oder Gangfederverbiegung und Bruch. Auch der Spirale, sogar den immer vibrierenden Unruhreifen schadet ein plötzliches Stillstehen; denn es bedeutet das eine jähe Unterbrechung des in ihrer gleichmäßigen Tätigkeit bestehenden Gleichgewichtszustandes. Das Ablaufen einer Schneckenuhr ohne Sperrung am Ablauf, wie es Abb. 25 zeigt, erfolgt ganz allmählich; denn ehe der Schneckenhaken von a nach b wandert, vergehen ungefähr zwei Stunden, und während dieser Zeit wird das Drehmoment der Schnecke infolge des mehr und mehr radial werdenden Zuges der Kette immer kleiner. Unruh und Spirale gehen ganz allmählich in den Zustand der Ruhe über, und gerade das ist von größter Wichtigkeit für die Wiederaufnahme des (richtigen) Ganges nach dem nächsten Aufziehen. Es liegt in der Natur der Schneckeneinrichtung nach Abb. 25, daß die bewegende Kraft praktisch nicht völlig aufhören wird, es muß also der letzte Gangradzahn, welcher bei den immer kleiner werdenden Schwingungen schließlich vom Hebestein nicht mehr abfallen konnte, mit gelindem Druck aufliegend bleiben, so daß die empfindliche Gangfeder vollkommen entlastet bleibt. Alles das sind große Vorzüge der Chronometer mit Schnecke, deren Ablauf nicht durch eine stellungsartige Sperrung begrenzt wird.



Zieht man die Scheibe a (Abb. 25) von ihrem Anrichtestift ab, was natürlich ganz leicht möglich ist, da diese Sperrung (Stellung) sich nicht wie bei englischen Chronometern zwischen den Platten befindet, so kann man im Verein mit den verschiedenartigen Spannungsmöglichkeiten am ruhenden Gesperr jede nur mögliche Isochronismusprüfung vornehmen und von den sieben oder acht vorhandenen Schneckenumgängen auf die allerleichteste Weise die vier günstigsten herausuchen und durch richtiges Aufsetzen der Scheibe a festhalten.

Diese scheinbar vom eigentlichen Thema abschweifenden Betrachtungen sind sehr notwendig; denn wenn man an Hemmungen mit konstanter Kraft für tragbare Uhren denkt, so meint man immer zuerst Seechronometer damit, bei denen man die Schnecke zu vermeiden hofft. Wenn man Chronometer ohne Schnecke bauen will, einerlei mit welcher Hemmung, dann hat man nicht zuletzt sorgfältig auf das Ablaufen zu achten, da die üblichen Malteserkreuzstellungen gezahnter Federhäuser viel zu plötzliches und darum gefährliches Stillsetzen der Unruh bedingen. An die Notwendigkeit, in Uhren mit gezahnten Federhäusern als Auf- und Abwerke vollkommene Differentialwerke anwenden zu müssen, sei hier nur nebenbei gedacht und auch daran, daß dieselben genau so viel oder mehr Arbeit verursachen als Schnecken, die zur Bewegung des Auf- und Abzeigers nur ein Trieb und ein Rad brauchen. Der ausgelernte Chronometermacher ist auf die Schnecke nicht so schlecht zu sprechen, als man das außerhalb der Chronometrie glaubt. Es wird ihm nur immer von Nichtchronometermachern eingeredet, daß sie so sehr unvollkommen ist. Wenn die ideale Hemmung mit konstanter Kraft erfunden wäre, würde der Chronometermacher wahrscheinlich diese Hemmung und die Schnecke anwenden, nicht mehr nur wegen der dann allerdings unnötigen gleichmäßigen Antriebskraft, sondern ihren vielen weiteren Vorzügen zuliebe. Doch diese hier aufzuzählen, gehört nicht mehr in den Rahmen dieser Abhandlung.

Hier in Verbindung mit der Schnecke verdient ein früherer Vorschlag von Georg Bley Erwähnung (D. U. Z., Jahrg. 1899, Nr. 18). Er gab eine Bauart, vornehmlich für Seechronometer an, welche an Stelle der schon längst als unvollkommen erkannten Blattfedern zylindrische Federn, Wendelfedern wie man heute sagt, gebraucht. Abb. 27 zeigt in einfachster Weise das Grundsätzliche seiner Idee. Dargestellt ist der Zustand gleich nach dem Aufzug. Die Wendelfedern sind gerade am stärksten gespannt. Da man zwei Federn anwendet, so findet ein Druckausgleich zwischen ihnen statt und der Hauptzapfen hat nur noch den vom ersten Eingriff herrührenden, aber immer in gleicher Richtung wirkenden Rückdruck auszuhalten. Wer diese Anordnung flüchtig betrachtet, ist sofort mit der Behauptung da, daß doch eine durch solche Wendelfeder ausgeübte Zugkraft außerordentlich ungleichförmig sein müsse. Jedoch ist es gerade ein Hauptvorteil dieser Bley'schen Anordnung, daß die Zugkraft automatisch vollkommen gleichmäßig zu gestalten geht, ohne Hinzufügen eines besonderen ausgleichenden Teiles. Abb. 28 stellt die Einrichtung vor, wenn die Uhr beinahe abgelaufen ist. Die Federn haben da natürlich nicht mehr so viel Spannung als in dem Zustand nach Abb. 27. Jedoch wirken sie jetzt mehr in der Nähe der Tangente. So wie ihre Spannung abnimmt, nimmt die Beschleunigung ihres Zusammenziehens zu. Daß dies einen vollkommenen Ausgleich geben kann, ließe sich rechnerisch sehr leicht nachweisen. In der Praxis hat man nur nötig, die Federn bis zur Erreichung der vollkommenen Gleichmäßigkeit der bewegenden Kraft auszuwechseln und die Anzahl der möglichen Veränderungen ist sehr groß; denn man kann mit der Drahtstärke wechseln, Platz dafür ist in

Will man aber die üblichen und bewährten starken Zugfedern und die für zweitägige Gangzeit eingerichteten Schnecken verwenden, jedoch nach alten Vorschlägen nur die besten, 24 Stunden (oder etwa 32), mittels zweiseitig wirkender Sperrung eliminieren, so dürfte am Ablauf keine plötzlich wirkende Sperrung vorgesehen werden, sondern eine pufferartig tätige, wofür die Gründe soeben überzeugend dargelegt wurden. Die Auf- und Abscheibe, nach den Abb. 23 und 24, müßte dann wie Abb. 26 eingerichtet werden. Es ist der Augenblick des Ablaufes gezeigt. Der Nocken b wird nicht mehr von dem starren Umfang der Scheibe aufgefangen, sondern von einer sehr kurzen und steifen, daher ganz einfachen Feder a, welche so kräftig sein muß, daß sie nach etwa ein- bis zweistündiger Anspannung durch den Nocken dem Druck der Schnecke das Gleichgewicht hält. Die Pufferfeder müßte sich an eine Kurve (b) anlegen, durch deren Formgebung der Gegendruck der Feder auf die Schnecke in seinem schnelleren oder langsameren Ansteigen einstellbar wäre.

ganz anderem Maße vorhanden als für das Wechseln der Klingenstärke im Federhaus. Weiter kann man ohne Behinderung die Anzahl der Umgänge wechseln, ferner den äußeren Durchmesser der Federn und zuletzt die Vorspannung. Auch kann man innerhalb der Hauptfeder noch eine zweite von kleinerem Durchmesser und geringerer Drahtstärke vollkommen reibungsfrei anbringen und gerade durch diese innere Zusatzfeder läßt sich, ohne die eigentliche Antriebskraft wesentlich zu verändern, die letzte Feinheit eines durchaus vollkommen gleichförmigen Antriebes schaffen, jeder Schneckeneinrichtung weit überlegen. Der Austausch der Federn ist bei richtiger Konstruktion des Werkes Kinderspiel und wegen der Öllosigkeit des Systems nicht die peinliche Angelegenheit wie bei der Bandfeder.

Wie das eigentliche Laufwerk und die Aufziehvorrückung zu gestalten ist, soll hier nicht erörtert werden. Jedenfalls bietet die Lösung dieser Aufgabe unsern werdenden Uhrentechnikern eine Ausbildungsgelegenheit, wie sie an zehn verschiedenen Uhren üblicher Bauart zusammen nicht möglich ist. Bei diesen Wendelfedern fallen alle die Bedenken fort, welche wir an den üblichen Bandfedern im Federhaus herausfanden; denn Wendelfedern gebrauchen natürlich kein Öl, ihre Gänge kleben

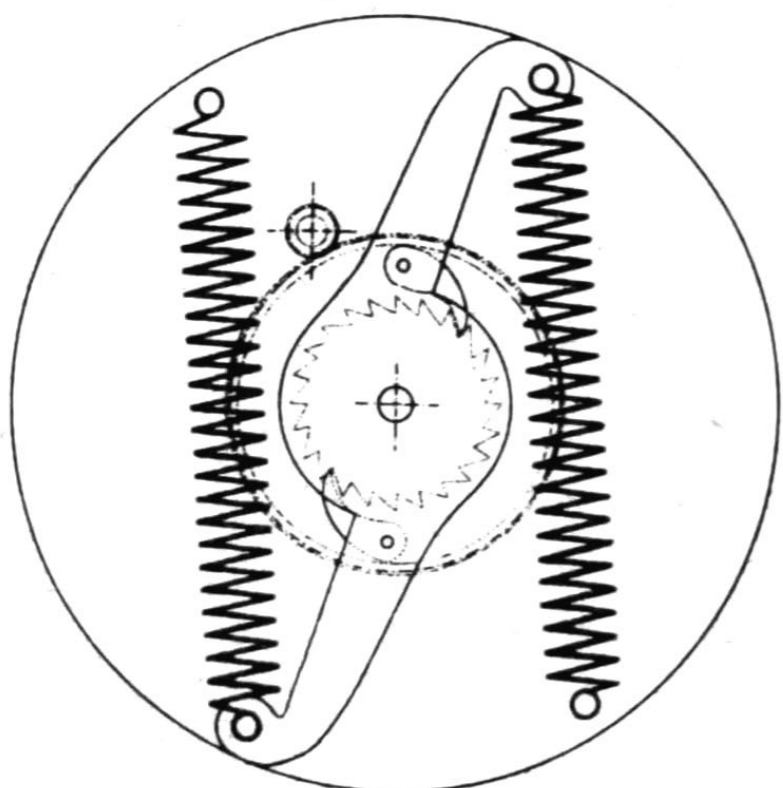


Abb. 27

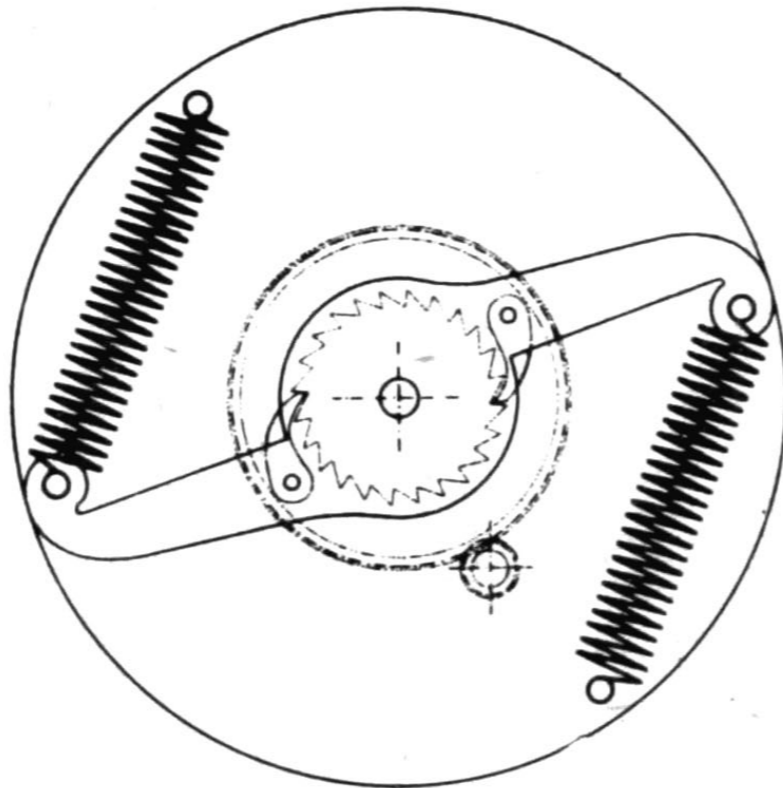


Abb. 28

und reiben niemals aneinander, ihre Zugkraft kann man vollkommen gleichförmig machen, und zwar viel besser für die Dauer- als die der Bandfedern; denn ein „Seßen“ der Wendelfedern ist niemals zu befürchten. Man bedenke, in welcher anstrengender Weise gerade solche Wendelfedern an den Explosionsmotoren als Ventildfedern im Gebrauch sind. Sie werden z. B. an einem Maybach-Zeppelinluftschiffmotor bei einer Hitze von 150 – 250° in einer einzigen Minute 750 mal gespannt und entspannt. Das würde bei einem Chronometer einer Gangdauer von mehr als zwei Jahren gleichkommen. In einer Viertelstunde leistet demnach eine Wendelfeder am Explosionsmotor so viel, als dieselbe Feder im Bley'schen Chronometer während der durchschnittlichen Lebenszeit eines solchen Instrumentes von etwa 30 Jahren zu leisten hätte. Selbst nach einem Amerikaflug von mehr als 100 Stunden Dauer ist nicht daran zu denken, daß die Ventildfedern der Explosionsmotoren lahm werden. Eine solche Hundertstundenfahrt käme einer Lebensdauer des Chronometers von 12000 (!) Jahren gleich. Man kann also wirklich glauben, daß sich die Zugfedern in einem Chronometer nach Bley's Vorschlag nicht „seßen“ werden, sie sind also auch in dieser Hinsicht den Bandfedern unendlich überlegen. Natürlich spielt auch der Einfluß einer kürzeren oder längeren Zeit in bezug auf das Seßen der Federn eine Rolle, der Haupteinfluß aber geht von der Menge der Arbeit aus, die zu leisten ist. Wendelfedern können eine bedeutend größere Härte erhalten als Bandfedern und auch aus legierten Stählen hergestellt werden.

Gerade das ist eine wichtige Ursache für ihre hohe Lebensdauer.

Allerdings erhält man mit Wendelfedern nach Bley nur $\frac{1}{6}$ Umgang Entwicklung und da man aber 4 Umgänge braucht, so muß noch eine Übersezung von 1 : 24 eingebaut werden, also zweimal je ein Rad und ein Trieb. Ob das teuer wird, sei in anbetracht der Vorzüge des Systems zunächst dahingestellt, es ist aber zu bezweifeln! Die vermehrten Laufwerksteile haben allerdings auch wieder vermehrte Störungen in der Kraftübertragung zur Folge. Jedoch sind dieselben ziemlich gleichmäßig und geringfügig im Vergleich zu den großen und wechselnden Fehlern der Blatfeder. Wir haben ein derartiges Chronometer gebaut und sind durch Vorführung desselben in der Lage, am Versuch unsere Behauptungen zu beweisen. Das ist bestimmt richtiger als das Verfahren, welches vor 28 Jahren auf den Bley'schen Vorschlag hin angewendet wurde, als man nur durch gedruckte Erwidern die in ihren Grundzügen ganz ausgezeichnet gute Idee abzutun suchte. Jedenfalls gibt es hier ein Mittel, „konstante Kraft“ herzustellen, wenn auch nicht an der Hemmung.

Über diese neuartige Uhr wird noch genauer zu berichten sein, sie hat jetzt eine ganz andere Daseinsberechtigung als vor 28 Jahren, auch bessere Ausführungsmöglichkeiten wegen den neuen Stahlorten, die gerade für Wendelfedern zur Verfügung stehen, noch nicht aber in demselben Maß für Blatfedern.

Nach der gründlichen Erörterung der wichtigsten Antriebe mit konstanter Kraft wenden wir uns wieder den eigentlichen Hemmungen mit konstanter Kraft zu.

Taschenuhren mit derartigen Hemmungen gibt es nur in ganz seltenen Stücken. Über irgendwelche bemerkenswerten dauernden Gangleistungen von ihnen ist durchaus nichts bekannt. Dagegen gibt es allerhand Seechronometer besonders von Kessels, noch mehr von seinem Nachfolger Krille, welche Hemmungen mit konstanter Kraft besitzen. Diese Uhren haben keine Schnecken, sondern gezahnte Federhäuser, manchmal mit Malteserstellungen, die natürlich gegen zu weites Aufziehen sperren, leider aber auch gegen zu vieles Ablaufen, und das letztere geschieht stets ohne Pufferfedern, also in gefährlicher Weise sehr plötzlich. Einige Kesselsche und Krillesche Instrumente sind mit wahrhaft genialen Differential-Auf- und Abwerken versehen, welche an Stelle von Stirn- oder Kegelrädern mit Gewindespindeln und -muttern arbeiten. Sie betätigen auch die Sperrung, so daß hier die Federhäuser keine Malteserstellungen haben. Leider würde die Besprechung dieser geistvollen und lehrreichen Einrichtungen doch zu weit von unserem schon sehr erweiterten Thema führen.

Es muß auch dahingestellt bleiben, ob Kessels und sein Nachfolger die Schnecke wegließen, weil sie Hemmungen mit konstanter Kraft anwendeten, oder ob sie diese Hemmungen anwendeten, um auf die Schnecke verzichten zu können. Es scheint immerhin, daß man das letztere annehmen muß.

Unsere Abb. 29 zeigt ungefähr eine besonders von Krille mehrfach angewendete „Hemmung mit konstantem Antrieb und mit konstantem Auslösungswiderstand“. Eine solche Gesamtdarstellung gestattet schwerlich eine einfache Erklärung der Wirkungsweise. Im Prinzip beruhen derartige Hemmungen darauf, daß das spitzzahnige Gangrad a nicht nach Chronometerart unmittelbar die Unruh antreibt, sondern einen ankerähnlichen Teil b f, welcher von einer sehr kräftigen Spirale c, am besten Speicherspirale genannt, immer nach rechts herum zu drehen versucht wird. Bei d wird mit Hilfe einer Art Gangfeder e die Drehung des Teiles b f, welcher, wie

gesagt, den Antrieb durch seine Spirale c nachgeben will, aufgehallen, und zwar so lange, bis durch eine Auslöserolle auf der Unruhwellen, nach Chronometerart, Arm b f freigegeben wird. Er schnell rechts herum und trifft mit seinem Teil f auf einen Hebelarm der Unruh, dieser den Impuls erteilend. Wenn dieser Antrieb fast zu Ende ist, so trifft der Teil f auf den Arm l, wodurch der Windfang m, mittels einer Aussparung in seinem Flügel, freigegeben wird, so daß der Gangradzahn i die starke Spirale c durch den ankerartigen Teil b f erneut spannt. Teil g hat unter dem Druck seiner Spirale in zwischen seine Ruhelage eingenommen und fängt den

sein muß, ehe die erneute Spannung der Speicherfeder erfolgen kann, sind bisher alle Unruhgänge mit konstanter Kraft nach dieser Bauart gründlich gescheitert. Die schwächste Stelle bildet immer der Arm b f (Abb. 29), weil er nach Beendigung des Antriebes Zeit braucht, um in seine Bereitschaftsstellung zurückkehren zu können. Gerade das ist etwas ganz anderes beim gewöhnlichen Chronometergang, bei welchem der den nächsten Antrieb erteilende Gangradzahn in demselben Augenblick in Bereitschaftsstellung steht, in welchem sein Vorgänger seine Arbeit auf dem Impulsstein beendet hat. Sofort kann die Unruh, ohne irgendeinen Ergänzungsbogen zu

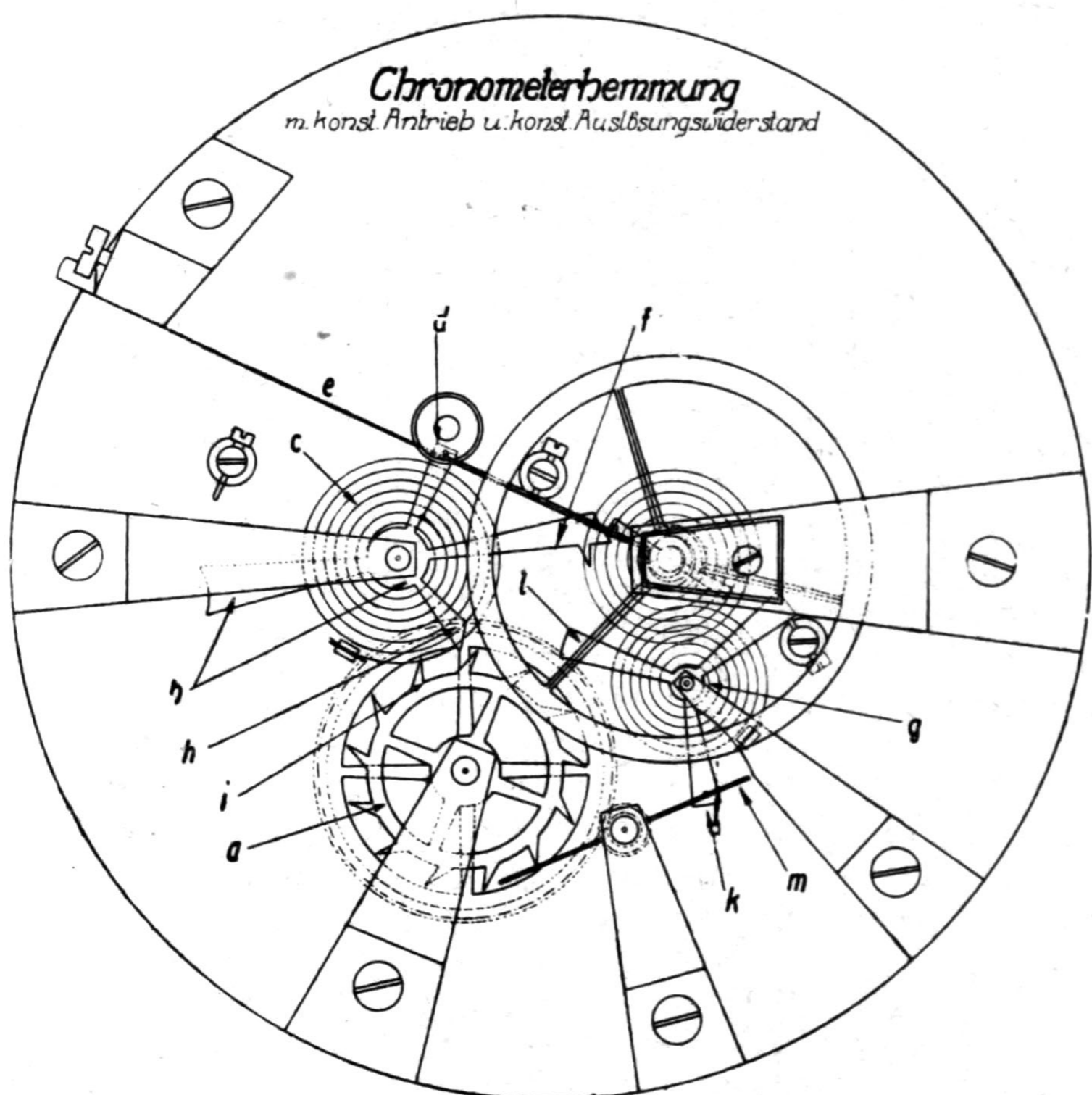


Abb. 29

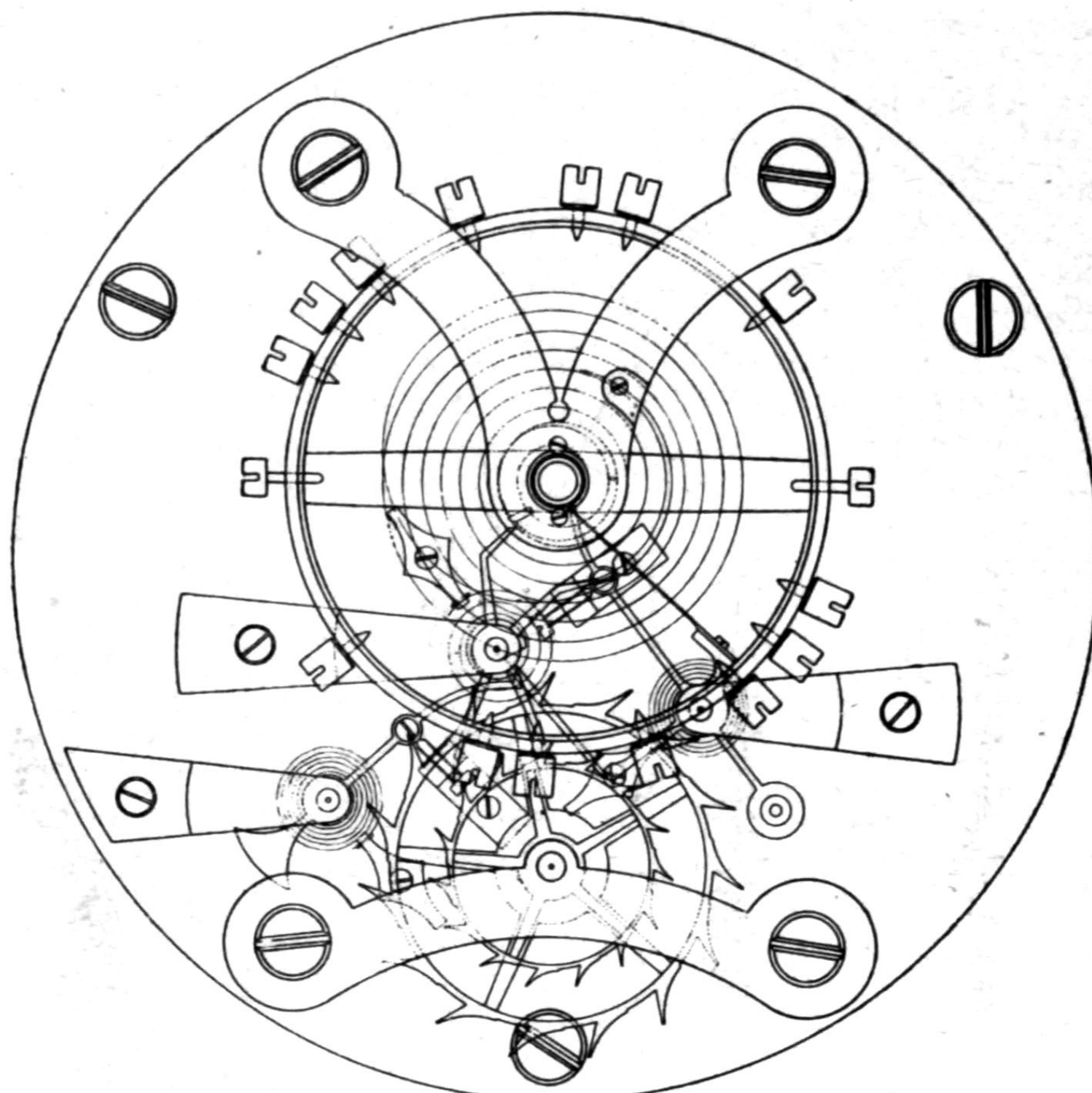


Abb. 30

Windfangflügel rechtzeitig wieder auf, ganz wie bei einem Schlagwerk, wenn es einen einzelnen Schlag ausgeführt hat. Der Windfang wird von einem auf der Gangradwelle sitzenden Zahnrad im Verhältnis $1 : 6\frac{1}{2}$ angetrieben. Die Unruh erhält also ihren Antrieb nur von der in der Spirale c aufgespeicherten Energie. Am Ende der Hebung also sorgt der von der Spirale c angetriebene Hebel f, aber nicht die Unruh, gleich wieder für neue Auslösung des Gangrades und für sofortiges Neuspannen der Speicherspiralfeder c. Allerdings ist hierbei Voraussetzung, daß die Unruh einen ziemlich großen Ergänzungsbogen schwingt, damit sie nach Empfang ihres Antriebes dem Mechanismus genügend Zeit läßt, in seine Ruhelage, also in seine Bereitschaftsstellung zurückzukehren.

Sofern aber die Unruh einmal keinen genügend großen Ergänzungsbogen schwingt, befindet sie sich mit ihrem Hebelarm zu zeitig wieder im Bereich des Antriebsarmes f, womöglich sogar auf seiner falschen Seite und die Unordnung in Gestalt von Stehenbleiben oder gebremster Schwingung ist schon eingetreten. Demnach eignet sich eine derartige Hemmung nicht für Taschenuhren mit naturgemäß wechselndem Schwingungsbogen der Unruh, und in Seechronometern erfordert sie eine besonders peinliche Behandlung des Instrumentes. Abb. 30 zeigt eine weitere Bauart einer Hemmung mit konstanter Kraft, gekennzeichnet durch das Fehlen des Windfanges und durch Anwendung eines Doppelgangrades.

An der Notwendigkeit, daß die aufgespeicherte Energie zuerst fast gänzlich an die Unruh abgegeben

schwingen, zurückkehren und findet eine völlig vorbereitete Hemmung vor.

Es folgt daraus, daß an dem üblichen Chronometergang wenigstens im Interesse des sicheren Funktionierens gar nichts geändert werden sollte und will man durchaus „konstante Kraft“ in der Hemmung haben, so muß man am einfachsten die bewegende Kraft mit Hilfe der Schnecke gleichförmig zu machen suchen und für ein fehlerfrei arbeitendes Laufwerk sorgen. Wenn jedoch ein Maschinenelement eingeschaltet werden soll, welches die der Unruh zuzuführende Energie erst in der Hemmung selbst gleichförmig machen soll (anstatt durch die Schnecke gleich hinter der Zugfeder), so gehört dieses Element niemals wie in den Abb. 29 und 30 in Gestalt der Speicherspirale zwischen Gangrad und Unruh, sondern gewissermaßen zwischen Gangtrieb und Gangrad (Abb. 31.) Eben damit der Unruh der Impuls nur von einem rotierenden Teil zugeführt wird, welcher seinem Wesen nach stets in Bereitschaft stehen kann, wie wir sahen. In Abb. 31 stellt x den zukünftigen Wirkungskreis der Erfinder der Hemmungen mit konstanter Kraft dar. Nur dort gibt es etwas Neues zu konstruieren, die eigentliche Chronometerhemmung in ihrer einfachen und bewährten Gestalt bleibt aber unangetastet.

Eine derartige Lösung ist von Professor Bock in der Fachpresse schon einmal für Chronometer vor-

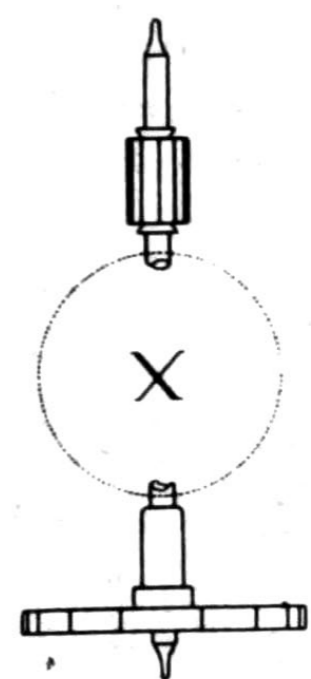


Abb. 31

geschlagen worden, und zwar in Gestalt des Loßschen Bremsreglers. Leider ist es seinerzeit bei nur einem Vorschlag geblieben. An der Anwendung hinderte zunächst die aus dem Apparatebau entnommene Ausführungsform und die Tatsache, daß der Weg des Nachspanns nicht so scharf abgegrenzt werden kann, wie das bei Gangrädern mit Zahnteilung möglich und aus mancherlei Gründen gerade für Uhren erforderlich ist. Zu dem Zeitpunkt des ersten Vorschlages, 1923/24, bestand kein Interesse an Hemmungen mit konstanter Kraft, da gerade gar keine Nachfrage nach Seechronometern vorlag und weil man erst recht nicht annahm, daß dieses Geschäft sich jemals wieder so beleben könne, wie es heute der Fall ist. Sonderbarerweise aber fängt man jetzt an den verschiedensten Stellen zugleich an, sich mehr als jemals um den bisher als ganz ausgefallen bezeichneten Gedanken an Hemmungen mit konstanter Kraft zu bekümmern. Sogar als Meisterprüfungsgegenstand ist er schon aufgetaucht, so daß man sich ernstlich über ihn zu unterrichten hat.

Im Apparatebau ist inzwischen durch den Loßschen Bremsregler sehr gutes erreicht worden in bezug auf gleichmäßigen Ablauf von Windfanglaufwerken. Man hat Erfahrungen gesammelt und in Nr. 28, Seite 532 bis 534 des Jahrganges 1928 der UHRMACHERKUNST hat jemand eine gegen die ersten Vorschläge etwas veränderte Ausführungsform angegeben. Vom Standpunkt der Uhrentechnik bedenklich bleibt auch hier die fliegende Anordnung des Nachspannwerkes. Das gibt dicke Zapfen, welche dem Oleinfluß zu sehr ausgesetzt sind; und einer dieser beiden Zapfen ist der „konstanten Kraft“ schon wieder entrückt. Der Bremsregler wird auf die Welle des Sekundenrades gesetzt werden müssen, und nur der praktische Versuch kann die großen Bedenken zerstreuen, die man jetzt in bezug auf das dauernd genaue Einspringen des Sekundenzeigers auf den Teilstrich hegt. Es taucht auch jedesmal mit Recht die Frage auf, was schwieriger ist, konstante Kraft in der Hemmung herzustellen mit feinen teuren Teilen, oder konstanten Antrieb des ganzen Werkes durch die Schnecke, einem groben billigeren Teil.

Der Loßsche Bremsregler ist nunmehr genügend erörtert worden. Der nächste Schritt muß sein, ihn zu bauen, und zwar gleich in einer für Chronometer geeigneten Ausführung.

Die beiden hier gezeigten Unruhhemmungen mit konstanter Kraft (Abb. 29 und 30) weisen eine übermäßig große Anzahl von hebelartigen Gebilden auf und man ersieht an ihrer Gestalt, daß sie alle ungefähr ins (statische) Gleichgewicht gebracht worden sind. Daher ihr spinnenartiges Aussehen, wonach sie auch manchmal „Spinnengänge“ genannt werden. Ohne diese „Gleichgewichte“ funktionieren diese Hemmungen überhaupt nicht, wiederum aber müssen die Teile infolge des Abwiegens zu viel Masse erhalten, und darum wird die Trägheit bei der Auslösung und die Beschleunigung bei der Bewegung störend groß. Bei der geringfügigsten Erschütterung machen deshalb alle diese Hemmungen grobe Fehler. Der beste unmittelbare Übermittler der Antriebskraft auf die Unruh wird also immer das Chronometergangrad bleiben, es hat die verhältnismäßig geringste Masse dadurch, daß es wegen seines naturgemäß symmetrischen Aufbaues gewissermaßen nur aus wirkenden Teilen, aus Zähnen besteht, nicht aber wie die Spinnen der Hemmungen (Abb. 29 u. 30) aus nur einem oder zwei Zähnen, die durch zwei bis drei sonst nutzlose Gegengewichte ausgeglichen werden müssen.

Es folgt auch daraus wieder, daß bei einer etwa noch zu konstruierenden Hemmung mit konstanter Kraft

immer ein Gangrad derjenige letzte Teil sein sollte, welcher der Unruh die Energie unmittelbar zuführt, aber nie ein Hebel, und daß erst dem Gangrad, an seiner Welle, die konstant gemachte Kraft zugeführt werden soll, entweder durch eine noch zu erfindende Einrichtung (Abb. 31), oder durch ein tadelloses Laufwerk, eine Schnecke und eine ideale Zugfeder. Eventuell und noch besser durch eine Schraubenfeder nach G. Bley (Abb. 27 und 28).

Der die Unruh antreibende Teil b f in Abb. 29 erinnert an eine Ankergabel, und wenn er nach Erledigung des Antriebes warten dürfte, bis die Unruh von ihren Ergänzungsbogen zurückkehrt, und wenn er auch bei dem Rückgang einen Impuls ermitteln könnte, dann hätten wir wieder die Charakteristik eines Ankerganges, also einen vollkommen zwangsläufigen Mechanismus. Es ist dieser Antriebshebel b f nur deshalb ein für Hemmungen unvollkommenes Maschinenelement, weil er einen toten Rückweg macht, im Gegensatz zur Ankergabel.

Bei der Betrachtung der freien Pendeluhrehemmungen kommen wir zu guter Letzt wieder beim Grahamgang an und ähnliches begegnet uns bei der Erörterung dieser Taschenuhrgänge, wir sind wieder beim Ankergang!

Man hat auch ihn als Hemmung im Seechronometer herangezogen. Allerdings ist das selten vorgekommen, schon sehr lange her und darum vergessen. Es geschah schon in einer Zeit, in welcher die heute so sicher festliegenden Konstruktionsregeln des Ankerganges noch ganz unbekannt, sogar ungeahnt waren. Die Ergebnisse waren deshalb nicht ermutigend. Heute käme wahrscheinlich mit bemerkenswertem Erfolge ein von Richard Lange vor vielen Jahren vorgeschlagener Ankergang bzw. Gabeleingriff in Frage. Abb. 32 zeigt ihn. Es geht daraus hervor, daß der übliche auf der Unruhwelle sitzende Hebelstein a nur den Antrieb vermittelt, daß die Auslösung dagegen von einem zweiten Stein b ausgeführt wird, welcher auf ganz kurzem Hebel, also sehr nahe der Achse sitzt. Es erinnert das an die kleine Auslöserolle des Chronometerganges. Über die Vorteile einer solchen Auslösung in mechanischer Hinsicht sei hier nichts erörtert, sie sind selbstverständlich und genau so vorhanden und bekannt wie am Chronometergang. Der Regleur schätzt diese Art Auslösung, weil wegen der sehr geringen Umlaufgeschwindigkeit des Auslösesteines b die Unruh nicht einen allzu harten Schlag erhält, wenn die Auslösung beginnt, im Gegensatz zu der Auslösung des Ankerganges in seiner normalen Ausführung.



Abb. 32

An einem großen Modell wurde diese Hemmung vor einigen Wochen wieder einmal ausgeführt und es ist glattweg zum Staunen, wie riesig der Schwingungsbogen zunimmt, wenn man von der kleinen Rolle auslösen läßt, gegenüber der normalen Auslösung durch den Hebestein. Um das vorführen zu können, sind Hebe- und Auslösearm von der Unruhwelle leicht abnehmbar und gegen einen einfachen Arm der üblichen Art auswechselbar, wodurch man wieder den einfachen Ankergang hat. Einen Nachteil jedoch hat der Gang: die Gabellücke muß für den Hebestein a hier viel zu weit gemacht werden; denn die jeweils antreibende Seite der Lücke muß dem Hebestein genau so naheilen können, wie es der Gangradzahn des Chronometerganges zum Impulsstein tut. Dieser Ankergang mit getrennter Auslösung ist daher nicht gut für Taschenuhren geeignet, wohl aber für alle Arten einfacher Beobachtungsuhrer, welche nur nach Art der Seechronometer ortsveränderbar sind, schließlich auch für richtige Seechronometer; denn er stellt ja eigentlich einen Chronometergang mit zwei-

seitigem Antrieb vor. In bezug auf die Reglage könnte er sehr lehrreich sein, wahrscheinlich auch sehr erfolgreich, da er nicht in dem Sinne wie der einseitig antreibende Chronometergang einen willkürlichen Totpunkt zuläßt, mit allen seinen unsicheren Folgen in bezug auf Dauerhaftigkeit der Reglage. Vor allem sind die Feststellungen an dieser Hemmung ein überzeugender Beweis für unsere Behauptung, daß die übliche Auslösung am gewöhnlichen Ankergang einen großen Teil der kinetischen Energie des Gangreglers beansprucht. Erfinder neuer Gänge sollen darum ihre größte Aufmerksamkeit dem Problem der Auslösung zuwenden, die Frage des Antriebes ist leichter zu lösen.

Dieser Ankergang nach Richard Lange ist natürlich keine Hemmung mit „konstanter Kraft“, und wenn man sich streng an die Überschrift halten wollte, so hätte diese Abhandlung eigentlich nur aus einer Überschrift bestehen dürfen; denn es gibt weder Hemmungen noch Antriebe mit konstanter Kraft im strengen Sinne des Wortes. Selbst die Hemmungen nach Abb. 29 und 30 sind es nicht; denn auch die sogenannte Speicherspirale ist, wie jede Feder, andauernden Veränderungen unterworfen. Es ist aber hier sicher so leidlich gelungen, eine Art Anwesenheitsliste über diejenigen Mechanismen aufzustellen, welche im Sinne ihrer Erfinder den Namen der „Hemmungen mit konstanter Kraft“, mit mehr oder weniger Recht, für sich beanspruchen. Da wir Ursachen und Wirkungen ihres Entstehens untersuchten, kamen wir

allerdings in weit abliegende Gebiete hinein, doch könnte gerade daraus und in diesen manchmal eigenartigen Zusammenhängen für manchen und für manches einiger praktischer Nutzen entstehen.

Die in der Überschrift enthaltene Frage ist nicht endgültig zu lösen versucht worden, sondern es sollte hauptsächlich dargelegt werden, daß es zur Zeit tatsächlich noch ein Problem bedeutet, ob man die Chronometer am Antrieb oder an der Hemmung verbessern soll. Vielleicht müßte die Antwort lauten: Man verbessere beides. Den Anfang allerdings sollte man beim Antrieb machen; denn von der Lösung der hier noch schwebenden Fragen würden alle Uhren Nutzen ziehen, von der Schaffung einer tadellosen Hemmung mit konstanter Kraft dagegen nur die Chronometer, und diese genügen in ihrer heutigen Konstruktion und Ausführung, wenigstens in ihren besten Stücken allen Anforderungen, und diese sind sehr hoch.

Es war bei der Wahl der losen Form dieser Niederschrift der Wunsch richtunggebend, den von der Überschrift angezeigten Stoff nicht nur einer Anzahl von Fachgelehrten zur etwaigen Erörterung zu unterbreiten; es sollte auch nach Möglichkeit der Uhrmacherschaft, soweit sie fachlich interessiert ist, eine bescheidene berufliche Feierstunde bereitet und nicht zuletzt für den Nachwuchs „Denksport“ geschaffen werden, ausnahmsweise in einem der Werktagsarbeit entrückten Gebiete, in der UHRMACHERKUNST.



Quelle: Die Uhrmacherskunst 1929 Nr. 01 v.01.01. S.5-7; Nr. 02 v. 11.01. S.30-32; Nr. 03 v. 18.01. S. 50-52; Nr. 04 v. 25.01. S.76-78; Nr. 06 v. 08.02. S.109-113