

Der Einfluß der Hemmung auf die Feinregulierung

Von G. Gerstenberger

Gelegentlich einer weiter zurückliegenden Abhandlung über den Isochronismus der Unruhsschwingungen durch die Spiralfeder (Nrn. 18, 20 und 22, Jahrgang 1926 d. Z.) war zum Schluß auch kurz auf die in der Hemmung liegenden Einflüsse hingewiesen. Welche Bedeutung diesen Einflüssen zukommt, soll die folgende Untersuchung zeigen.

Das Isochronismus-Gesetz

Für den Anfänger auf dem Gebiet der Feinregulierung ist es zunächst notwendig, sich mit dem wichtigsten Grundgesetz des Isochronismus und damit der gesamten Feinregulierung, sowohl der Temperatur- als auch der Lagen-Regulierung, vertraut zu machen.

Die theoretische Untersuchung über den Einfluß der Zapfenreibung, also eines Widerstandes an der freischwingenden Unruh, ergibt, daß durch diesen Einfluß die absteigende Schwingungsperiode verzögert und die aufsteigende Schwingungsperiode beschleunigt wird. Als „absteigend“ wird der Teil der Schwingung bezeichnet, während dessen die Spannung der Spirale abnimmt und sich demnach die Unruh ihrer Mittellage nähert und ihre Geschwindigkeit zunimmt; unter der „aufsteigenden“ Schwingungsperiode ist der Teil der Schwingung zu verstehen, während dessen die Spannung der Spirale zunimmt und sich mithin die Unruh von ihrer Mittellage entfernt und ihre Geschwindigkeit abnimmt.

Auf Grund dieser Feststellung über den Einfluß der Zapfenreibung auf den Isochronismus der Unruhsschwingungen ergibt sich durch Folgerung ganz allgemein: Ein auf die Unruh vor der Mittellage, also in der absteigenden Schwingungsperiode, einwirkender Widerstand verzögert die Schwingung, während ein Antrieb in dieser Periode die Schwingung beschleunigt; umgekehrt wirkt ein der Unruh hinter der Mittellage, also in der aufsteigenden Schwingungsperiode erteilter Antrieb, da er im gleichen Sinne wie die Spirale wirkt, d. h. die Spannung der Spirale erhöht, verzögernd auf die Unruhsschwingung ein; es muß somit ein Widerstand in der aufsteigenden Schwingungsperiode, da er der Spirale entgegengesetzt wirkt, also die Spannung derselben vermindert, einen beschleunigenden Einfluß auf diesen Teil der Unruhsschwingung ausüben.

Diese Einflüsse, die in der Mittellage der Unruh gleich Null sind, nehmen bedeutend zu, je weiter von der Mittellage entfernt sie einwirken, und je kleiner der Schwingungsbogen der Unruh ist.

Allgemeine Einflüsse der Ankerhemmung

Auf Grund dieses Isochronismus-Gesetzes sollen die Einflüsse der Ankerhemmung auf die Unruhsschwingungen eingehender untersucht werden. Die Ankerbewegung von Zahnabfall zu Zahnabfall beträgt der Konstruktion nach 10° ; von diesen entfällt auf die Ruhe $1\frac{1}{2}^\circ$, die als Auslöschungswiderstand stets in die absteigende Halbschwingung fällt und somit einen verzögernden Einfluß ausübt, der sich mit abnehmender Schwingungsweite der Unruh stärker auswirkt, also zu einem Nachgehen in den kleineren Schwingungsweiten und einer Störung des Isochronismus führt. Von den verbleibenden $8\frac{1}{2}^\circ$ Hebung fallen nur $3\frac{1}{2}^\circ$ in die absteigende Halbschwingung, wo sie als Antrieb beschleunigend wirken, während der größte Teil des Antriebs und zwar die weiteren 5° Hebung in die aufsteigende Halbschwingung fallen, so daß die Hebung für sich einen überwiegend verzögernden Einfluß ausübt. Weiter ist der zur Sicherheit nötige Nachfall zu berücksichtigen, der mit $\frac{1}{2}^\circ$ an jeder Seite als normal zu betrachten ist. Der Nachfall wirkt nun ausschließlich verzögernd auf die Unruhsschwingung ein, da er in der Auslösung als Widerstand die absteigende Halbschwingung verzögert und den Antrieb in der anschließend aufsteigenden Halb-

schwingung verlängert, also beiderseitig einen verzögernden Einfluß ausübt¹⁾.

Eine stark ausgleichende Wirkung der Unruh erwärten, für den Isochronismus nachteiligen Einflüsse besteht jedoch sowohl durch die Trägheitsmomente von Hemmungsrad und Anker als auch durch die Zugwinkel des Ankers. Obwohl der Zug ebenfalls als Widerstand anzusprechen ist und, da er stets in die absteigende Halbschwingung fällt, verzögernd wirken müßte, tritt in diesem Fall durch die Trägheitsmomente von Hemmungsrad und Anker eine entgegengesetzte Wirkung ein. Der Antrieb auf die Unruh erfolgt während der Schwingung nicht in dem gleichen Augenblick, in dem bei einem langsamen Führen der Unruh der Radzahl von der Ruhe auf die Hebefläche des Ankers gleitet, also zum Antrieb übergeht, sondern das Hemmungsrad wird während der Unruhsschwingung durch die Zugwinkel des Ankers zurückgedrängt und nimmt infolge seines Trägheitsmomentes den Antrieb verspätet auf. Dies ist um so mehr der Fall, je größer der Schwingungsbogen und damit die Geschwindigkeit der Unruh in der Nähe der Mittellage ist. Demzufolge wird mit zunehmender Schwingungsweite der Antrieb in der absteigenden Halbschwingung verkürzt und energischer in die aufsteigende Halbschwingung verlegt, also das Verhältnis zwischen dem in der ab- und aufsteigenden Schwingungsperiode stattfindenden Antrieb zugunsten der letzteren verschoben, was nach dem Isochronismus-Gesetz ein Nachgehen in den großen Schwingungen verursacht. In gleicher Weise übt das Trägheitsmoment des Ankers einen beschleunigenden Einfluß bei kleineren Schwingungsweiten aus, das zudem unmittelbar auf die Unruh einwirkt. Diese Beeinflussung erklärt sich gleichfalls aus dem Beharrungsvermögen des Ankers, welches veranlaßt, daß der Anker in der Auslösung von der Unruh um einen größeren Winkel geführt werden muß, als es der Ruhe- und Nachfallwinkel bedingen. Es geht somit ein Teil von dem in der absteigenden Halbschwingung erfolgenden Antrieb verloren und zwar ein größerer, wenn die Unruh den Ankerbewegungswinkel mit erhöhter Geschwindigkeit durchläuft, was bei zunehmender Schwingungsweite der Fall ist. Daraus folgt, daß ein Nachgehen bei größerer Schwingungsweite stattfinden muß. Das ausgleichend wirkende Vorgehen bei kleinen Schwingungen wird begünstigt durch größere Trägheitsmomente der Hemmungsteile Rad und Anker und durch Unruhen von verhältnismäßig geringem Trägheitsmoment, also durch leichte oder kleine Unruhen, und gewinnt einen überwiegenden Einfluß durch Anker, die infolge schwerer Ausführung oder großer Flächenausdehnung (bei langer Ankergabel) ein besonders großes Trägheitsmoment besitzen. Ferner folgt aus der Erklärung über die Zugwirkung des Ankers, daß stärkere Zugwinkel das Vorgehen in den kleinen Schwingungsweiten ebenfalls besonders begünstigen.

Der durch das Werkkaliber und die Ausführung der Hemmung bedingte Einfluß

Im Gegensatz zur Chronometerhemmung, die infolge ihrer konstruktiv einfachen und günstigen Verhältnisse und der einseitigen Auslöse- und Antrieb-Wirkung größere Ab-

¹⁾ Obwohl der Verfasser auf Grund seiner praktischen Beobachtungen den durch zu großes Nachfallen bedingten Fehler auf 3 bis 5 Sekunden beziffert, erscheint uns der Einfluß des Nachfalles nicht so erheblich, denn in der Auslösung ist seine Wirkung nicht mehr vorhanden, sondern nur noch die des Zugwinkels. Während der aufsteigenden Halbschwingung, also beim Auflass des Ankerzahnabfalls auf die Ruhe, dürfte die Unruh aber bereits außerhalb des Bereiches der Ankergabel sein, zumal die Unruh hier noch die größte Geschwindigkeit besitzt. Eine rechnerische Aufklärung dieser gegensätzlichen Behauptungen würde sicher von großem Interesse sein. Die Schrifteleitung.

weichungs- und damit auch größere Berichtigungsmöglichkeiten für die Feinregulierung zuläßt, gestattet die Ankerhemmung ihrer Konstruktion nach nur verhältnismäßig geringe Berichtigungen, da die Isochronismus-Verhältnisse und die Regulierfähigkeit bereits durch die Ausführung der Hemmung bedingt sind. Wie aus den bisherigen Feststellungen hervorgeht, ist das Verhältnis der Größe und Schwere der Hemmungsteile von sehr wesentlichem und je nach dem Kaliber von entsprechend verschiedenem Einfluß. Aus der Wirkung der Trägheitsmomente erklärt sich zunächst die Tatsache, daß Ankeruhren von teilweise nur mittelmäßiger Ausführung vielfach verhältnismäßig gute Gangresultate liefern, da sie zur Vereinfachung und Erleichterung in der Fabrikation größtenteils massiv gearbeitete Hemmungsteile besitzen, welche die Mängel der sonst weniger günstigen Stein- und Zapfen-Verhältnisse und auch einer weniger fein eingestellten Hemmung gut ausgleichen. Bietet nun die Anwendung schwererer Hemmungsteile für die Durchschnittsuhren in dieser Beziehung gewisse Vorteile, so ist diese Ausführung durchaus nicht als ideal anzusprechen. Die schwere und teilweise auch lange Ankergabel bedingt zunächst ausreichend große Zugwinkel, da es sonst in den vertikalen Lagen der Uhr leicht zu Störungen kommt, wenn bei ungünstigen Seitenlagen oder stärkeren Bewegungen der Uhr die Zugwirkung des Ankers durch das Gewicht der Gabel aufgehoben wird und dadurch Streifungen des Sicherheitsmessers an der Rolle eintreten, die Unregelmäßigkeiten im Gang zur Folge haben. Man beobachte auf diesen Fehler hin derartige Werke, indem man das Werk in die beiden vertikalen Lagen mit waagrecht gestellter Ankergabel bringt, und wird des öfteren feststellen, daß die Zugwirkung vollständig aufgehoben ist, also der Anker auf der Ruhe in jeder Lage verbleibt. In diesen Fällen ist ein Verstärken des oder der Zugwinkel durch Nachschleifen an den Ruhflächen (bei Glashütter Uhren) der Ankerklauen nötig, eine Arbeit, die vom geübten Gangmacher ausgeführt werden muß, da der Reparatur nur in selteneren Fällen auf Steinarbeiten eingerichtet ist. Mangelhafte Zugwirkung kann ihre Ursache in leichteren Fällen in rauhen oder oxydierten Ruhflächen der Ankerzähne haben und ist dann durch Nacharbeiten (Polieren) derselben zu verbessern**).

Für die feinste Präzisionsuhr ist nun unbedingt die Anwendung leichtester Hemmungsteile das Gegebene, da diese für eine hohe Regelmäßigkeit des Ganges unerläßlich sind. Die zarten Hemmungsteile gestatten eine bedeutende Verminderung der Antriebskraft und damit die Anwendung einer schwächeren Zugfeder, welche befähigt ist, ihre Spannung gleichmäßiger und länger zu halten und damit die Gleichmäßigkeit des Ganges und die Haltbarkeit der Regulierung zu gewährleisten. Ebenso ist zu erwähnen, daß der der Unruh erteilte Antrieb möglichst unbeeinflusst von Nebenwirkungen erfolgen soll, wie sie eben durch bedeutende Trägheitsmomente von Hemmungsrad und Anker entstehen.

Der Einfluß der Hemmung nimmt mit der Kleinheit des Kalibers zu. Diese Ursache erklärt sich ohne weiteres aus den stark veränderten Verhältnissen der Hemmung. Da zur Erleichterung in der Fabrikation bei den kleineren und kleinsten Kalibern von den normalen Verhältnissen insofern bedeutend abgewichen ist, als die Hemmungsteile Rad und Anker im Verhältnis zur Unruh zu groß und schwer sind und demzufolge ein überwiegendes Trägheitsmoment besitzen, das bereits in dem leichten Haltenlassen der Unruh auf der Ruhe zum Ausdruck kommt, so ist aus diesen Verhältnissen nach den vorangegangenen Erklärungen auf ein

stärkeres Vorgehen in den kleinen Schwingungen und als Folge davon auch auf ein stärkeres Vorgehen im Hängen zu schließen. Dieses Vorgehen ist besonders bei gut gearbeiteten kleineren Ankeruhren vielfach zu beobachten. Andererseits ist jedoch bei den kleineren Armbanduhren ebenfalls mit einem vermehrten Reibungseinfluß zu rechnen, da die Gang- und Unruhzapfen mit Rücksicht auf eine größere Widerstandsfähigkeit im Verhältnis zu den anderen Abmessungen zu stark sind. Dieser vermehrte Reibungseinfluß in Verbindung mit dem größeren Auslösewiderstand auf der Ruhe und dem Einfluß des Öles kann nun den vorerwähnten bedeutenden Einfluß der Trägheitsmomente nicht nur aufheben, sondern noch überwiegen, so daß man speziell bei Armbanduhren mit größeren Abweichungen vom Isochronismus nach beiden Seiten hin rechnen muß. Unter Berücksichtigung dieser besonderen Verhältnisse ergibt sich nun leicht die Beantwortung der unlängst an dieser Stelle behandelten Frage: „Für oder wider die Anwendung der Breguetspirale bei Armbanduhren.“ Da die Regulierfähigkeit durch die allgemeinen Verhältnisse in den wirkenden Teilen der Uhr ungünstig beeinflusst wird und aus diesem Grund größere Störungsursachen für die Feinregulierung bestehen, so erübrigt sich auch die Anwendung einer Breguetspirale, da deren Zweck, den Isochronismus der Unruherschwingungen herbeizuführen, durch andere Ursachen illusorisch gemacht wird, ganz abgesehen von der Raumfrage und den größeren Schwierigkeiten in der Reparatur.

Zur Untersuchung der einzelnen Hemmungs-Einwirkungen auf den Isochronismus war zunächst die konstruktiv genau ausgeführte Hemmung als Grundlage angenommen. In der Praxis ist jedoch mit teilweise größeren Abweichungen von den normalen Maßen zu rechnen. Die Ruhewinkel sind vielfach im Verhältnis zur Hebung zu groß oder die Hebung infolge schmaler Ankerklauen zu klein oder ungleich; die ungünstige Verteilung der Hebung bzw. der längere Auslösewiderstand auf der Ruhe bewirken damit nach dem Isochronismus-Gesetz ein stärkeres Nachgehen in den kleinen Schwingungen. Des weiteren bestehen wesentliche Verschiedenheiten in den wirksamen Hebellängen der Ankerklauen, je nachdem der Anker gleichmäßig, halbungleichmäßig oder ungleichmäßig ist; in bezug auf die Haltbarkeit der Regulierung bewährt sich der letztere, wie er in der Glashütter Uhr in einer vollkommenen Form angewendet wird, besonders gut, da der stärkere Antrieb auf dem längeren Hebelarm der Ausgangsklaue mit ausgehender Reibung erfolgt und daher gegen den nachteiligen Einfluß der Ölveränderung weniger empfindlich ist.

Die Anordnung der Hemmungsteile ist gleichfalls von wesentlichem Einfluß auf die Lagenregulierung. So lehrt die Erfahrung, daß offene Uhren im allgemeinen zu einem Vorgehen im Hängen bei der Hauptlage Bügel oben neigen, da bei der normalen Anordnung der Hemmung der Antrieb in dieser Lage auf sämtliche Hemmungsteile reibungsvermindernd einwirkt.

Zur Ermittlung zahlenmäßiger Fehlerwerte im Gangresultat, die auf bestehende Mängel oder Fehler in der Hemmung zurückzuführen sind, sollen im weiteren einige einfache, der täglichen Praxis des Reparaturs entnommene Beispiele dienen; aus diesen werden sich dann noch wertvolle allgemeine Schlüsse über die Einwirkung bestimmter Hemmungsfehler auf die Feinregulierung ableiten lassen.

** Wir veröffentlichen diesen Vorschlag des Autors mit dem Bemerkung, daß uns die Wirksamkeit des Polierens der Ruhflächen in dieser Beziehung nicht so groß erscheint, weil die Ruhfläche eigentlich nie in reibende Berührung mit dem Hebestein kommt, sondern jeweils nur die Kante des Ankerzahnabes an der Ruhfläche des Hebesteines fällt. Die Schriftleitung.

Die Untersuchung dieses in der Praxis häufig vorkommenden Fehlers dürfte insofern von besonderem Interesse sein, als die fehlerhafte Ankergabel immer wieder Gegenstand näherer Erörterungen in der Fachzeitung ist. Die nachstehenden Beispiele bilden zu den früher abgegebenen Äußerungen insofern gleichzeitig eine wesentliche Ergänzung, als sie unter dem besonderen Gesichtspunkt der Einwirkung dieses Fehlers auf die Feinregulierung erfolgen. In dem zunächst gewählten Beispiel ist die Luft der Ankergabel infolge eines zu schmalen Hebelsteins als auch der Abnutzung der Gabel so beträchtlich, daß der in der Auslösung verursachte Fall des Ankers je nach den Abmessungen der wirkenden Teile: Hebellängen, Breite des Gabeleinschnittes und Stärke des Hebelsteines etwa $\frac{1}{2}$ Bogengrad beträgt; ein Fehler, wie er bei kürzeren Ankergabeln des öfteren wahrzunehmen ist. Es gehen in diesem Falle von den vorhandenen $8\frac{1}{2}^\circ$ Hebung beim Antrieb nahezu $\frac{3}{4}^\circ$ oder annähernd $\frac{3}{10}$ der Antriebskraft verloren, was zunächst eine stark verminderte Schwingungsweite der Unruh zur Folge hat. Die Schwingungsweite beträgt hier bei vollem Aufzug im Liegen nur etwa $1\frac{1}{2}$ Umgang oder 495° , während sie bei voller Ausnutzung der Antriebskraft die normale Ausdehnung von etwa $1\frac{1}{2}$ Umgang oder 540° erreichen müßte. Der bestehende Fehler wirkt sich nun in verschiedener Hinsicht sehr nachteilig auf das Gangresultat aus. Es ist zunächst ein bedeutender Störungseinfluß auf den Isochronismus der Unruh-schwingungen und damit auf die Lagenregulierung vorhanden. Man vergegenwärtige sich, daß der Kraftverlust stets in der absteigenden Schwingungsperiode erfolgt, also der ohnehin kürzere Antrieb in dieser Periode weiter bedeutend verkürzt und damit das Nachgehen in den kleineren Schwingungsweiten begünstigt wird; der unter normalen Verhältnissen erfolgende Ankerantrieb beträgt für die absteigende Periode etwa $3\frac{1}{2}^\circ$, während er im vorliegenden Fall auf etwa $2\frac{3}{4}^\circ$, d. i. um nahezu $\frac{1}{2}$, verkürzt wird.

Die bestehenden graphischen Darstellungen der Isochronismus-Kurven und Gangresultate sollen die weiteren Ausführungen wesentlich vereinfachen und übersichtlicher gestalten. Die Abbildung 1 zeigt die wichtigsten Isochronismus-Kurven, die als Grundlage für die weiteren Ausführungen benötigt werden. Die Waagerechte OO bezeichnet den vollkommenen Isochronismus für sämtliche Schwingungsweiten, welcher jedoch, da er von sehr verschiedenen Ursachen abhängig ist, in der Praxis selten besteht und auch nicht unbedingt erwünscht ist. Mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Regulierung sucht man vielmehr nach Möglichkeit ein geringes Vorgehen in den kleinen Schwingungen zu erzielen, um damit einen teilweisen Ausgleich zu schaffen gegen das infolge der Ölveränderung mit der Zeit eintretende Nachlassen der Schwingungsweite und das dadurch bedingte Nachgehen besonders in hängender Lage. Dieser praktisch zweckmäßige Isochronismus ist durch die Kurve K_1 , die also streng genommen als Fehlerkurve zu bezeichnen wäre, veranschaulicht. Entgegengesetzte Eigenschaften zeigt die Gang-Kurve K_2 , die beispielsweise den Verlauf des Isochronismusganges der behandelten Uhr vor Berichtigung der fehlerhaften Ankergabel für die verschiedenen Schwingungsweiten vom vollen Aufzug bis zum vollen Ablauf in der Flachlage anzeigt; es ist also mit abnehmender Schwingungsweite ein stark, bei

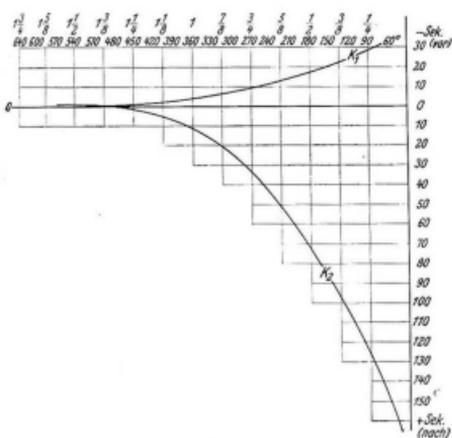


Abb. 1

den kleinsten Schwingungsweiten sogar schnell anwachsendes Nachgehen vorhanden, das in der graphischen Darstellung durch das starke Abfallen der Kurve anschaulich und auffallend zur Geltung kommt. Während die Uhr bei einer Schwingungsweite von $1\frac{1}{2}$ Umgang keine Differenz zeigt, ist bei einer Schwingungsweite von einem Umgang ein Nachgehen von 12 Sekunden in 24 Stunden vorhanden, das bei einer Schwingungsweite von $\frac{1}{2}$ Umgang bereits 73 Sekunden beträgt und sich auf nahezu 3 Minuten erhöht, wenn man

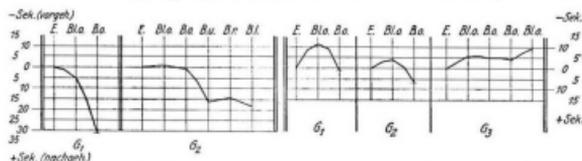


Abb. 2

Abb. 3

die Uhr während 24 Stunden in der kleinsten Schwingungsweite halten würde. Als eine natürliche Folge dieser ungünstigen Isochronismusverhältnisse muß sich ein Nachgehen in hängender Lage ergeben, das zum mindesten dem der Kurve K_2 bei verminderter Schwingungsweite entspricht und stark von der allgemeinen Schwingungsweite abhängig ist. Da hier die mittlere Schwingungsweite während 24 Stunden im Liegen $1\frac{1}{16}$, im Hängen $1\frac{1}{16}$ Umgang beträgt, so wäre nach K_2 ein Lagenfehler von 12 Sekunden vorhanden. In Wirklichkeit ist dieser Fehler noch erheblich größer, denn es kommt hinzu, daß infolge der stark verminderten Schwingungsweite der Reibungseinfluß im Hängen besonders wirksam wird und gleichfalls stark verzögernd einwirkt; der tatsächliche Lagenfehler beträgt 22 Sekunden, wie die Gangaufzeichnung G_1 in der Abbildung 2 zeigt, die den Gang vor Berichtigung des Hemmungsfehlers angibt. Der größte Nachteil ist jedoch der, daß sich unter den vorliegenden Verhältnissen der Gang überhaupt nicht halten würde, sondern mit einem geringen Nachlassen der Schwingungsweite bereits ein stärkeres Nachgehen eintreten muß, wie aus der Fehlerkurve K_2 ohne weiteres erkennbar ist. G_2 (Abb. 2) zeigt das Gangergebnis nach Berichtigung der Ankergabel und des Gabeleingriffes; es bezeichnen in diesen graphisch dargestellten Ergebnissen E die Einstellung; Bl. o. die Lage „Zifferblatt oben“; B. o.

¹⁾ Mit absteigender Schwingungsperiode bezeichnet der Verfasser die rückläufige Schwingung der Unruh bis zur Erreichung der Mittellage und mit aufsteigender Schwingungsperiode die Schwingung von der Mittellage zum Umkehrpunkt.

die Lage „Bügel oben“; B. r., B. l., B. u. die entsprechenden Seitenlagen, soweit diese Gänge aufgezeichnet sind. Die Unterbrechung in der täglichen Ganglinie einer Lage zeigt den beobachteten Stand in der zur Feststellung von Isochronismus- oder Gleichgewichts-Fehlern wichtigen Zwischenbeobachtung — Halbtagsperiode — an. Das vorhandene gewesene starke Nachgehen bei abnehmender Schwingungsweite ist nahezu ausgeglichen und der Lagenfehler um 18 Sekunden verbessert; die Schwingungsweite ist um annähernd $\frac{1}{4}$ Umgang erhöht, da neben der jetzt vollen Ausnutzung der Antriebskraft außerdem der Reibungsverlust der sorgfältig vollendeten Ankergabel bedeutend verringert ist.

Das weitere Beispiel betrifft einen Fall, in dem außer einem fehlerhaften Gabeleingriff zu große Ruhewinkel bestanden; bei der normalen an der Unruh gemessenen Hebung von 34° betragen die Ruhewinkel, wieder an der Unruh gemessen, $12-14^\circ$, also das Doppelte des normalen Maßes, während die Ankerhebung dementsprechend zu klein ist. Die Uhr zeigt mit diesen Mängeln den Gang G_1 (Abb. 3), nach Berichtigung des Gabeleingriffes das Ergebnis G_2 , mit einer Verbesserung des Isochronismus- und Lagenganges von 2 bzw. 10 Sekunden und nach Berichtigung der Anker-Ruhe und Hebungswinkel das Resultat G_3 mit einer weiteren Verbesserung von 1,5 bzw. 7 Sekunden. Die Berichtigung der Ankerwinkel erfolgte hier nicht durch ein Verschieben der Ankersteine, sondern zweckentsprechend durch Nachschleifen der Hebeflächen, also Berichtigen der zu kleinen Ankerhebung; es ist durch diese Maßnahme zugleich ein vorhanden gewesener Fehler beseitigt, der zum Stehenbleiben der Unruh auf der Ruhe führte und infolge der ungünstigen Ankerwinkel entstanden war.

Der Einfluß veränderter Trägheitsmomente

Wenn in der Ermittlung über den Einfluß der Trägheitsmomente (Seite 183 D. U. Z. Nr. 15) festgestellt wurde, daß größere Trägheitsmomente von Ankerrad und Anker im allgemeinen beschleunigend auf die kleinen Schwingungen einwirken, so ist als besonders ausschlaggebend hierbei die Verteilung der Trägheitsmomente zu berücksichtigen, wie

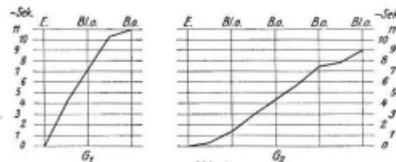


Abb. 4

das folgende Beispiel beweisen soll. Es betrifft eine Uhr feinen Fabrikates mit Messing-Ankerrad und Stahlanker. Die Uhr zeigt den Gang G_1 (Abb. 4). Der Lagenfehler von 3 Sekunden, mit einem Nachgehen im Hängen, wäre unbedeutend; ungünstiger ist jedoch das Nachgehen in der zweiten Halbtagsperiode von 1 Sekunde im Liegen und 2,5 Sekunden im Hängen, weshalb die Uhr nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit ein größeres allgemeines Nachgehen zeigte. Fehler in der Hemmung oder Spiralanlage bestehen nicht, die Ursache des wenig günstigen Resultates liegt vermutlich in dem Verteilungsverhältnis der Trägheitsmomente der Hemmungsteile. Nach dem Ausdrehen des Ankerrades um ein Drittel seiner Stärke, also einer Verringerung seines Trägheitsmomentes, verändert sich das Gangergebnis in günstiger Weise nach G_2 (Abb. 4). Es besteht jetzt sowohl ein geringes und vorteilhaftes Vorgehen im Hängen, als auch ein für die Haltbarkeit des Ganges zweckmäßiges Vorgehen in den kleinen Schwingungen. An diesem Beispiel ist die Feststellung besonders wertvoll, daß die Verteilung der Trägheitsmomente den entscheidenden Einfluß ausübt und der beschleunigende Einfluß bei einem ausgesprochen großen Trägheitsmoment des Ankers ein überwiegender werden muß, wie bereits in der Ermitt-

lung über den allgemeinen Einfluß der Trägheitsmomente hervorgehoben wurde (Seite 183 D. U. Z. Nr. 15), und wie es die Praxis bestätigt.

Die Anzahl der praktischen Beispiele ließe sich beliebig erweitern, doch sind durch die gegebenen Beispiele die besonderen und nachteiligsten Einflüsse genügend gekennzeichnet, so daß sich aus diesen Ausführungen allgemeine Folgerungen mit hinreichender Sicherheit ziehen lassen.

Schlußfolgerung

Die Ankerhemmung übt ihrer Konstruktion nach im allgemeinen einen verzögernden Einfluß auf die Feinregulierung aus; da nachträgliche Verbesserungen zur Regulierung schwieriger ausführbar sind, so ist die Regulierfähigkeit bereits durch die Konstruktion und technische Ausführung bedingt, was in der feinen und besseren Fabrikation bei der Neuanlage der Uhr entsprechend berücksichtigt wird. Der in der Fabrikation tätige Regleur muß nun trotzdem, wie die tägliche Erfahrung zeigt, selbst bei Uhren gleichen Kalibers und gleicher Ausführung in den verschiedenen Anfertigungsreihen mit größeren Abweichungen im Gangresultat und mit Lagenfehlern rechnen, die eine Größe von 10 und mehr Sekunden erreichen können. Diese sind auf kleine Verschiedenheiten im Verhältnis der Trägheitsmomente, der Ankerwinkel (Ruhe, Hebung, Nachfall und Zug) sowie in der Einstellung der Hemmung zurückzuführen und erreichen, je nachdem sie sich in ihren gegenteiligen Wirkungen entweder ausgleichen oder summieren, bei sonst einwandfreier Ausführung die oben erwähnten Werte. Zu diesen reinen Hemmungseinflüssen kommen noch Unterschiedlichkeiten in den Stein- und Zapfen-Vollendungen und der Schwingungsweite.

Für den Reparateur sind die vorstehenden, durch einfache Beispiele aus der täglichen Praxis ergänzten Ausführungen ein Beweis, wie wertvoll die Aneignung der wichtigsten Kenntnisse auf dem Gebiet der Feinregulierung für jeden Reparateur-Regleur ist, die dem Konstrukteur und Spezial-Regleur für ein erfolgreiches Arbeiten unerlässlich sind. Es ergibt sich als wichtigste Folgerung, daß eine sehr sorgfältige Einstellung der Hemmung nötig ist, sofern größten Ansprüche an die Lagenregulierung und die Haltbarkeit der Regulierung gestellt werden. Außer sorgfältiger Einstellung des Gabeleingriffes sind besonders die Ruhe- und Nachfall-Winkel in den durch die Konstruktion bedingten Grenzen zu halten, da diese als Widerstände am weitesten von der Mittellinie entfernt einwirken und sowohl durch ihren unmittelbaren Einfluß als auch durch die Verminderung der Schwingungsweite stark verzögernd wirken. Kleinere Fehler der erwähnten Art werden im einzelnen Gangstörungen von 3 bis 5 Sekunden verursachen, können sich jedoch bei Verbindung mehrerer gleichwirkender oder größerer Fehler bis auf etwa 30 Sekunden erhöhen, wobei die eingeschlagene und weite Ankergabel den nachteiligsten Einfluß ausübt. Eine Verbesserung des Isochronismus- und Lagenganges ist in besondere Fällen durch Berichtigung (Vergrößerung) der Ankerwinkel und je nach dem Material der Hemmungsteile durch eine Veränderung der Trägheitsmomente zu erzielen (Beispiel 3).

Mit der vorliegenden Abhandlung kann das Gebiet der Hemmungseinflüsse nicht erschöpfend behandelt sein; sie wird jedoch dem idealer eingestellten und überlegend arbeitenden Fachmann eine Grundlage zu wertvollen Feststellungen bilden und zu eigener Beobachtung hinsichtlich der Regulierfähigkeit verschiedener Uhrengattungen anregen, wozu sich in der Reparatur durch das äußerst vielseitige und verschiedenartige Material besonders günstige Gelegenheiten bieten.