

Die Spiralfeder-Endkurven, ihre praktische Anwendung und ihre Bedeutung für die Regulierung

Von G. Gerstenberger

Die Anwendung von Endkurven selbst bei Uhren mittlerer Qualität ist so allgemein, daß jeder Fachmann mit den wichtigsten Grundlagen auf diesem Gebiet vertraut sein müßte. Zahlreiche Feststellungen an berichtigten oder neu aufgesetzten Breguetspiralen beweisen jedoch, daß die Kurvenarbeiten in der Hauptsache nach Gutdünken ausgeführt werden, und daß einem großen Teile der Praktiker die sicheren Grundlagen fehlen. Da die sachgemäße Ausführung der Spiralarbeiten für eine gute Regulierung von größter Bedeutung ist, so sind auch gewisse Kenntnisse über die wichtige Anwendung der Endkurven unbedingt nötig. Von zeitraubenden theoretischen Betrachtungen, an denen sich ja ein großer Teil der Praktiker gern stößt, wollen wir hier absehen, doch verdient das von dem genialen Ingenieur Phillips geschaffene Gesetz der theoretischen Endkurven wegen seiner großen Bedeutung für die Praxis unbedingt Erwähnung. Nach diesem vielfach bekannten Gesetz muß eine theoretisch richtige Endkurve folgenden beiden Bedingungen entsprechen: 1. Der Schwerpunkt der Kurve muß auf einer zu ihrem Anfangsradius errichteten Senkrechten liegen, die durch den Mittelpunkt des Systems geht, oder, was dasselbe ist, das statische Moment des auf der rechten Seite dieser Senkrechten liegenden Kurventeiles muß gleich sein dem statischen Moment des auf der linken Seite der Senkrechten liegenden Kurventeiles. 2. Dieser Schwerpunkt muß in einer Entfernung vom Spiralfeder-Mittelpunkt liegen, der sich aus der Division: Quadrat des Spiralfederhalbmessers durch die Kurvenlänge ergibt.

Praktisch stellen wir die Richtigkeit einer Kurve durch die nach allen Seiten hin vollkommen gleichmäßige und freie Entwicklung der Spiralfeder fest. Durch die Anwendung einer theoretischen Endkurve wird der von dem äußeren auf den

inneren Teil der Spiralfeder wirkende ungleiche Spannungszustand, die ungleiche Winkelgeschwindigkeit und der auf die Unruhzapfen ausgeübte, je nach der Schwingungsweite und der Lage der beiden Ansteckungspunkte zueinander beschleunigend oder verzögernd wirkende Druck ausgeglichen. Es ist

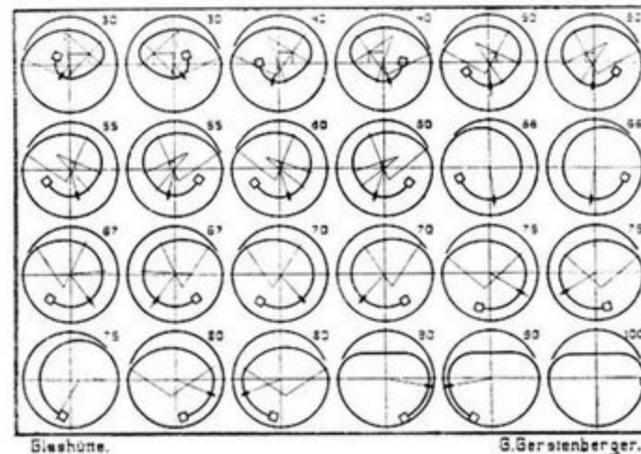


Abb. 1. Kurventafel

damit der Isochronismus durch die Spiralfeder erreicht, d. h. die mit einer solchen Spiralfeder versehene Unruh besitzt die Fähigkeit, die großen und kleinen Schwingungen in gleicher Zeitdauer zu vollenden. Die beistehend abgebildete Kurventafel (Abb. 1) enthält die theoretischen Endkurven, wie sie dem Phillipsschen Gesetz entsprechen, in den verschiedensten Verhältnissen. Eine der bekanntesten älteren und sehr gebräuchlichen Kurven ist hier die sogenannte 66er*) oder $\frac{2}{3}$ -Halb-

*) Eine Erklärung dieser Nummernbezeichnung folgt sogleich.

messer-Kurve. Eine ganz bedeutende Verbesserung der Endkurve schuf der verstorbene Professor Strasser durch seine neue Konstruktion, deren wesentlichster Vorteil darin besteht, daß ein größerer oder überhaupt der größte Teil der Kurve den gleichen Halbmesser hat wie die Spiralfeder selbst und daher (im Gegensatz zu der oben erwähnten 66er, sowie den

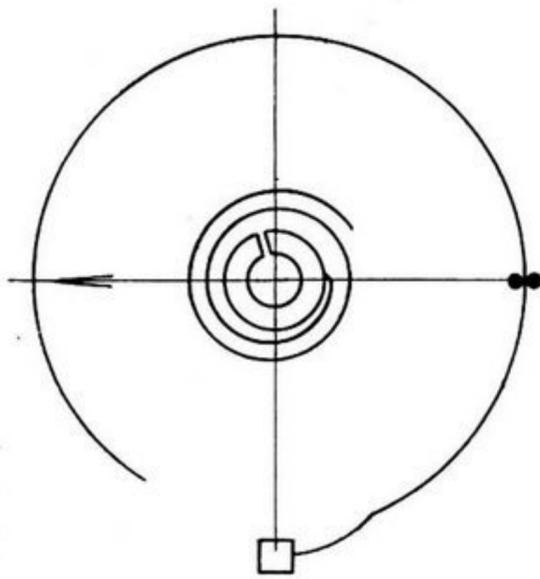


Abb. 2

bis 50er und weiter die 75er und 80er Kurven die kleinsten und kürzesten Übergangsbogen haben, und daß der größte Teil der Kurve aus der unveränderten Spiralfederklinge gebildet ist. Die Anwendung dieser Kurven ist demnach besonders zu empfehlen, da die Spiralfeder hierbei am meisten geschont wird. Während die 50er bis 100er Kurven je nach dem vorliegenden Verhältnis als äußere Endkurven allgemein Verwendung finden, bleibt die Anwendung der 30er bis 40er Kurven wegen der zu kleinen Entfernung der Rückerstifte bzw. des Ansteckungspunktes vom Unruhmittelpunkt in der Hauptsache auf zylindrische Spiralfedern beschränkt. Für das Neuaufsetzen und Berichtigen von inneren Kurven sind diese kleineren Verhältnisse hier besonders wichtig.

Die verschiedenen Kurven-Nummern geben das Verhältnis des Abstandes der Rückerstifte — bzw. des Ansteckungspunktes bei einer Uhr ohne Rücker oder bei innerer Kurve — von der Unruhachse zum Spiralhalbmesser an. Diese Entfernung beträgt bei einer 50er, 60er, 70er Kurve $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$ des Spiralhalbmessers. Wir haben dann beispielsweise bei einer Spiralfeder von 9 mm Durchmesser, also 4,5 mm Halbmesser, die eine 80er Kurve erhalten soll, die Spiralstifte in einer Entfernung von $4,5 \times 0,8 = 3,6$ mm von der Unruhachse. Nehmen wir als weiteres Beispiel eine Spiralfeder mit einem Durchmesser wie in beistehender Tafel, also von 10 mm, an. Wir haben die Entfernung der Rückerstifte von der Unruhachse als gleich 3,0 mm festgestellt und suchen nun die entsprechende Kurve. Diese läßt sich entweder durch eine ganz einfache Rechnung oder durch direkte Messung ermitteln. Wählen wir das letztere Verfahren, so finden wir, daß unter den vorliegenden Kurven bei der 60er Kurve die Rückerstiftentfernung 3,0 mm beträgt. Wir müssen demnach diese Kurve anwenden. Betrüge dagegen der Spiraldurchmesser bei dem gleichen Abstände der Spiralstifte von der Unruhachse 8,5 mm, so müßten wir für diesen Fall eine 70er Kurve anwenden und eine dieser Spiralgröße entsprechende Vorlage verwenden. Für ein praktisches Arbeiten müssen diese Tafeln als direkte Unterlagen zu verwenden sein, und sie sind zu diesem Zwecke für Spiralgrößen von etwa 6—12 mm Durchmesser hergestellt. Die vorliegende Tafel entspricht etwa den Spiralgrößen für zwanziglinige Uhren.

Von gleicher Wichtigkeit wie die richtige Form einer Kurve ist auch ihre genaue wirksame Länge. Als solche kommt nur der vom Anfangspunkt der Kurve bis zu den Spiralstiften reichende Teil in Betracht; der von den Stiften

bis zum Befestigungspunkt reichende Teil, der gewöhnlich einen Winkel von etwa 90° einschließt, ist ein totes Stück und wird erst bei weiten Rückerstiften wirksam. Da also die Rückerstifte den wirksamen Teil der Kurve begrenzen, so ist streng darauf zu achten, daß sie die Spiralklinge ohne Luft, aber ebenso ohne Klemmung einschließen.

Die von der Spiralfeder und besonders von einer ungünstigen oder falschen Endkurve herrührenden Einflüsse auf das Gangresultat sollen im weiteren behandelt werden. Hier sei nochmals kurz auf die allgemeine Nützlichkeit und Zweckmäßigkeit einer guten Kurvenvorlage hingewiesen. Aus den obigen Ausführungen und aus der beistehenden Tafel ersieht man, wie verschieden sich die Kurvenverhältnisse gestalten, und daß es ausgeschlossen ist, eine Kurve nach dem bloßen Augenmaß einigermaßen richtig legen zu können. An Hand einer guten Vorlage dagegen ist das Anbiegen oder Berichtigen einer Kurve bei Beachtung der gegebenen Regeln leicht, sicher und mit dem geringsten Zeitaufwande auszuführen.

Durch die Anwendung einer theoretischen Endkurve kann also der Isochronismus der Unruherschwingungen erzielt werden. Es dürfte nun von Interesse sein, in Kürze die hauptsächlichsten Einflüsse, die von der Spiralfeder herrühren, zu behandeln und besonders auch zu ermitteln, in wiefern eine unrichtige Endkurve eine günstige oder ungünstige Beeinflussung des Gangergebnisses zu verursachen vermag. Wir müssen zunächst die verschiedenen Wirkungen der Spiralfeder kennen und unterscheiden. Es sind dies: 1. die Beziehungen des inneren und äußeren Teiles der Spiralfeder zueinander, die sich aus der gegenseitigen Lage der Ansteckungspunkte ergeben und den Isochronismus beeinflussen; 2. der Einfluß des inneren Ansteckungspunktes auf den Gangunterschied in der horizontalen und der vertikalen Lage im allgemeinen, sowie auf den Gang in den verschiedenen vertikalen Lagen im besonderen; 3. der Einfluß des äußeren Teiles der Spiralfeder auf den Gang in den vertikalen Lagen.

Hinsichtlich des ersten Punktes ist bereits festgestellt, daß bei Anwendung einer theoretischen Endkurve, praktisch genommen, Isochronismus besteht. Da wir jedoch auch die Abweichungen, die sich aus einer unrichtigen Kurve ergeben, zu ermitteln haben, so müssen wir zunächst von der einfachen flachen Spiralfeder ausgehen. Bei dieser ist der Isochronismusfehler am größten, wenn beide Ansteckungspunkte sich an gleicher Seite oder einander gegenüberliegend befinden, d. h. wenn der Winkel der beiden Ansteckungspunkte zueinander entweder 0° bei einer vollen Windungszahl oder 180° bei

voller Windungszahl plus einem halben Umgange beträgt. Es sei hier nochmals betont, daß bei einer Uhr mit Rücker die Stelle der Spiralstifte als äußerer Ansteckungspunkt anzusehen ist. Wir haben alsdann bei einer Lage der Ansteckungspunkte an gleicher Seite (vergl. die Abbildung 2) das größte Vorgehen bei den kleinen Schwingungen und bei Ansteckungspunkten, die in einem Winkel von 180° zueinander liegen (Abbildung 3), das größte Nachgehen bei den kleinen Schwingungen, ein Nachgehen, das bei einer Schwingungsweite von einem Umgange am stärksten ist gegenüber einer großen Schwingungsweite von anderthalb Umgängen. Der Isochronismusfehler beträgt bei diesen Lagen der Ansteckungspunkte, auf eine Gangdauer von 24 Stunden be-

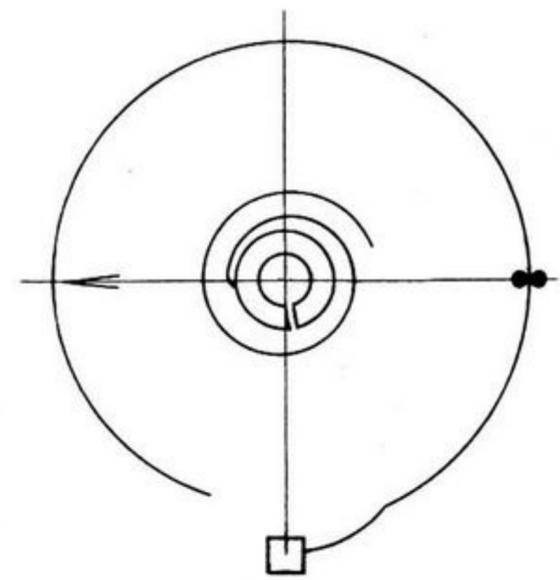


Abb. 3

zogen, bei der flachen Spiralfeder 10 bis 20 Sekunden; er erhöht sich bei der zylindrischen Spiralfeder ohne Endkurven, da bei dieser infolge der gleich großen Spiralkreise die Wirkung eine bedeutend größere ist, auf den doppelten bis dreifachen Betrag gegenüber dem Fehler bei der flachen Spiralfeder.

Die genaue Feststellung des Isochronismusfehlers geschieht in der Weise, daß die Uhr 3 bis 4 Stunden lang bei einer Schwingungsweite von etwa einem Umfange, also bei recht weit abgelaufener Zugfeder, und ebenso lange bei vol-

ler Federkraft und einer Schwingungsweite von $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Umgängen beobachtet wird.

Die Ergebnisse werden dann auf den vollen Tag, also auf 24 Stunden, umgerechnet. Im allgemeinen begnügt man sich mit einer einfachen Isochronismusprüfung, indem man durch Beobachtungen von 12 zu 12 Stunden, also während der Periode der größeren und der kleineren Schwingungen, den Gang feststellt. Da das Nachlassen der Schwingungsweite dann allmählich eintritt, so erscheint der Fehler bedeutend kleiner als nach der ersten, genaueren Methode. (Forts. f.)



Die Spiralfeder-Endkurven, ihre praktische Anwendung und ihre Bedeutung für die Regulierung

Von G. Gerstenberger

(Fortsetzung zu Seite 354)

Von geringerem Einfluß auf den Isochronismus sind die Lagen der Ansteckungspunkte bei 90° und 270° Winkelabstand, während bei den Winkelstellungen von etwa 100° sowie 250° der annähernde Isochronismus bei gewöhnlicher flacher oder zylindrischer Spiralfeder erreicht wird. Für unsere weiteren Untersuchungen sind die Winkelstellungen der Ansteckungspunkte von 0° und 180° besonders wichtig; es ergibt sich dabei das größte Vorgehen bei den kleinen Schwingungen, wenn die Entwicklung der Spiralfeder nach der dem inneren Ansteckungspunkt gegenüber liegenden Seite stattfindet, und das größte Nachgehen bei den kleineren Schwingungen, wenn die Entwicklung der Spiralfeder nach der Seite des inneren Ansteckungspunktes erfolgt. Dieser Einfluß wird nun durch die Anwendung einer theoretischen Endkurve vollkommen aufgehoben, so daß also damit die Lage des inneren Ansteckungspunktes in bezug auf den Isochronismus gleichgültig wird; anders dagegen verhält es sich damit in bezug auf den Gangunterschied in horizontaler und vertikaler Lage sowie in den verschiedenen vertikalen Lagen. Da der dem inneren Ansteckungspunkt unterliegende innere Teil der Spiralfeder seinen Einfluß besonders in den vertikalen Lagen geltend macht, so müßte zur Erreichung eines möglichst vollkommenen Gangresultates noch eine zweite, innere Kurve angewendet werden, die den ungleichen Spannungszustand im inneren Teil der Spiralfeder ebenfalls beseitigte. Die Anwendung der inneren Kurve bleibt jedoch

auf wenige Ausnahmefälle bei feinsten Präzisions-Uhren beschränkt, da ihre Herstellung eine gewisse Sicherheit in dieser feinsten Spiralarbeit erfordert, und da außerdem auch der nach Vorschrift gelagerte Ansteckungspunkt einen Ausgleich in den beiden Hauptlagen „Liegen“ und „Hängen“ leicht ermöglicht.

Der durch den inneren Ansteckungspunkt in den verschiedenen Seitenlagen verursachte Gangunterschied beträgt 10 bis 15 Sekunden in 24 Stunden; liegt der Punkt an günstiger Stelle, nämlich bei einer mit „Krone oben“ von der Werkseite betrachteten Uhr an der linken Seite der Unruhwellen bei rechtsgewundener Spiralfeder (Abbildung 4) und auf der rechten Seite des Unruhmittelpunktes bei linksgewundener Spiralfeder (Abbildung 5), so erzielt man das größte Vorgehen bzw. das geringste Nachgehen in hängender Lage bei „Krone oben“ gegenüber der flachen Lage, wie auch gegenüber den seitlichen Lagen „Krone rechts“, „Krone links“ und „Krone unten“. Nehmen wir den Gang bei „Krone oben“ mit 0 an, so verteilt sich die Differenz auf die anderen drei vertikalen Lagen derart, daß das größte Nachgehen mit 10 bis 15 Sekunden in der praktisch kaum in Betracht kommenden Lage „Krone unten“ und die halbe Differenz mit 5—7,5 Sekunden bei „Krone rechts“ und „Krone links“ liegt. Es dürfte ohne weiteres verständlich sein, daß nun bei einem Ausgleich dieser Differenzen durch Anwendung der inneren Kurve wohl die bei der oben angegebenen Lage des inneren

Ansteckungspunktes noch vorhandenen Gangunterschiede in den verschiedenen Seitenlagen ausgeglichen werden, daß aber zugleich der verschwindende Fehler von 12 bis 15 Sekunden zwischen „Krone oben“ und „Krone unten“ ein Nachgehen oder verringertes Vorgehen um 5 bis 7,5 Sekunden bei „Krone oben“ gegenüber der Flachlage zur Folge hat, während sich umgekehrt die Differenz zwischen „Krone unten“ und flacher Lage im gleichen Verhältnis besserte. Wird also zur Verbesserung des Gangresultates eine Spiralfeder, deren innerer Ansteckungspunkt an günstigster Stelle lag, mit einer inneren Kurve versehen, so hat diese Änderung ein verringertes Vorgehen oder verstärktes Nachgehen von 5 bis 7 Sekunden in der Hauptlage „Krone oben“ gegen die Flachlage zur Folge, die, wenn die Uhr nicht gerade im allgemeinen zu einem Vorgehen im Hängen neigt, durch Verfeinerung der Hemmung, der Unruhzapfen und Steine behoben werden muß. Es ist selbstverständlich, daß sämtliche von der Spiralfeder herührenden Einflüsse nur bei ganz einwandfrei abgeglichenen Unruhen festzustellen sind, und daß man auch nicht versuchen darf, sie durch einen Unruhschwerpunkt zu beseitigen. Die durch den inneren Ansteckungspunkt verursachten Gangunterschiede in den verschiedenen vertikalen Lagen sind in

Der Einfachheit halber ist als größte Differenz in sämtlichen vertikalen Lagen sowohl in den Abbildungen 4 und 5 wie auch in den folgenden Ausführungen ein Betrag von 12 Sekunden angenommen.

Soll hier eine Gangverbesserung erzielt werden, so wäre diese zweckmäßig durch ein Kürzen am inneren Ende der Spiralfeder um einen Dreiviertelumfang zu erreichen. Da die wirksame Spirallänge hierbei nur verhältnismäßig wenig geändert wird, so ist das entstehende allgemeine Vorgehen leicht durch ein Beschweren der Unruh mit Platinscheibchen auszugleichen. Nehmen wir ein weiteres Beispiel mit linksgewundener Spiralfeder an. Wir legen das Werk wieder so auf die Abbildung 5, daß sich der Unruhmittelpunkt mit dem Mittelpunkt der Zeichnung und ebenso die Ansteckungspunkte decken. Die Stellung der Krone sei jetzt zwischen 0° und 270° . Legen wir nun das Werk mit der Vorlage so, daß die Krone nach oben zeigt, so lesen wir bei dieser Lage die Differenz -3 Sekunden ab, und indem wir die Zeichnung dann weiter um je $\frac{1}{4}$ Umgang nach rechts drehen, lesen wir für „Krone links“ $+3$, für „Krone unten“ $+3$ und für „Krone rechts“ -3 Sekunden. Da die Lage des inneren Ansteckungspunktes um $\frac{1}{8}$ Umgang von den beiden

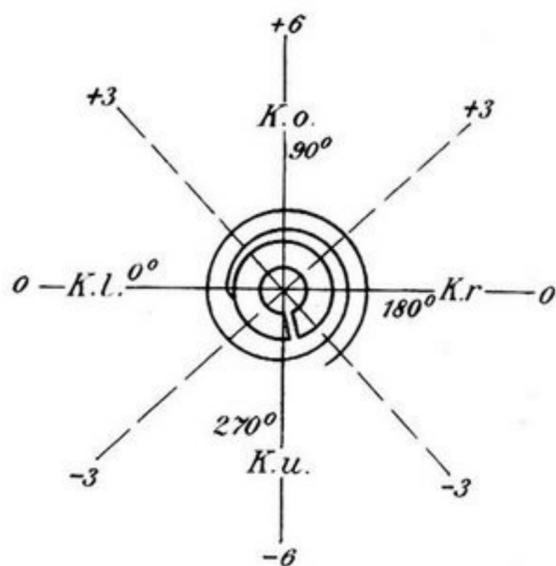


Abb. 4

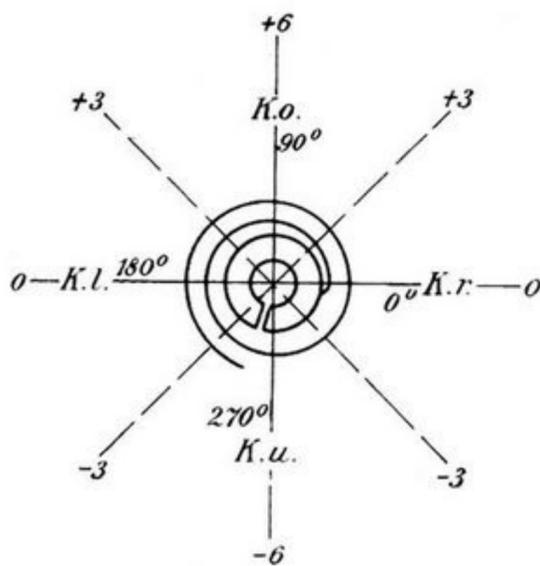


Abb. 5

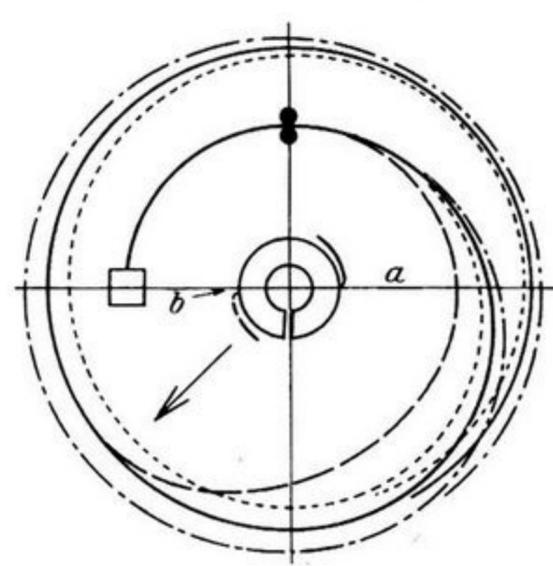


Abb. 6

den Abbildungen 4 und 5 ausführlich veranschaulicht. Der Einfachheit halber sind bei normal liegendem Ansteckungspunkt die Gänge bei „Krone rechts“ und „Krone links“ zu Null angenommen, so daß dementsprechend bei „Krone oben“ ein Vorgehen (+), bei „Krone unten“ ein Nachgehen (—) vorhanden sein muß.

Wir können nun an Hand dieser Abbildungen 4 und 5 für jede beliebige Lage des inneren Ansteckungspunktes leicht feststellen, welche ungefähren Gangergebnisse eine Uhr in den verschiedenen vertikalen Lagen zeigen muß. Wir verfahren dabei in folgender Weise: Wir legen das betreffende Werk mit der Zifferblattseite nach unten und in Ruhe befindlicher Unruh und Spiralfeder, jedoch ohne Unruhkloben, so auf die Zeichnung 4 oder 5 (je nach der Windung der Spiralfeder), daß die inneren Ansteckungspunkte genau übereinander liegen. Angenommen, wir hätten eine Uhr mit rechtsgewundener Spirale, so daß die Abbildung 4 zu verwenden wäre. Der Ansteckungspunkt liegt nicht normal; die Krone zeigt, wenn die Ansteckungspunkte übereinander liegen, nicht nach oben, sondern nach links, und die Mittellinie Krone — Minutentriebachse liegt parallel zur Wagerechten. Von der Zifferblattseite aus gesehen, ist dies die Lage „Krone rechts“, bei der wir also das größte Vor- bzw. das geringste Nachgehen in der vertikalen Lage haben. Drehen wir nun weiter die Zeichnung mit dem darauf befindlichen Werke nacheinander um je einen Viertelumfang nach links, so sind die abzulesenden Gänge für die anderen Lagen: „Krone unten“ = 0; „Krone links“ = -6 Sek.; „Krone oben“ = 0.

Senkrechten abweicht, so liegt auch die größte Differenz zwischen den Hauptlagen bei „Krone halbrechts oben“ mit dem größten Nach- von 6 Sekunden und bei „Krone halblinks unten“ mit dem günstigsten Vorgehen von 6 Sekunden. Auch hier müßte bei einem unbefriedigenden Gangergebnis ein Kürzen der Spiralfeder an der inneren Ansteckung um $\frac{1}{8}$ Umgang vorgenommen werden, wodurch ein Nachgehen im Hängen von 8 bis 9 Sekunden beseitigt und der Gang bei „Krone rechts“ und „Krone links“ gleichmäßig wird. Veränderungen am inneren Ansteckungspunkt wird man natürlich nur in solchen Fällen vornehmen, bei denen besonders gute Gangleistungen von einer Uhr verlangt werden; teilweise lassen sich Gangverbesserungen auch durch einfachere Abhilfen erreichen, wie wir noch sehen werden. Der schon erwähnte Einfluß des äußeren Teiles der Spiralfeder auf den Gang in den verschiedenen Lagen ist von geringerer Bedeutung; er wird durch eine äußere Endkurve ausgeglichen.

Nach den über die einfache Spiralfeder gemachten Feststellungen muß auch an der mit einer unrichtigen Endkurve versehenen Spiralfeder ein Isochronismusfehler vorhanden sein, der je nach dem Grade der einseitigen Entwicklung und der Größe und Schwere der Spiralfeder, sowie nach der Lage des inneren Ansteckungspunktes einen gewissen Teil des von der einfachen Spiralfeder verursachten Isochronismusfehlers ausmachen wird. Die Abbildungen 6 bis 10 zeigen verschiedene Beispiele dieser Art. In der Abbildung 6 ist der vielfach vorkommende Fall dargestellt, daß die Endkurve mitsamt dem zwischen den Rükkerstiften und dem äußeren

Befestigungspunkte gelegenen Spiralstück die ungefähr richtige Länge und Form hat; die Kurve ist demnach in ihrem wirkenden Teile zu kurz, und die Entwicklung geht nicht konzentrisch zum Unruhmittelpunkte vor sich, sondern nach der durch den Pfeil bezeichneten Richtung. Des besseren Verständnisses halber sind bei diesen von der theoretischen Form abweichenden Kurven auch die für den Spannungszustand in Betracht kommenden Spirallagen eingezeichnet, die somit die Formveränderung der Spiralfeder angeben. Der mittlere konzentrische Kreis ist der Durchmesser der Spiralfeder im spannungslosen, also dem Ruhezustand, während der äußere strichpunktierte Kreis die Lage der Spiralfeder bei der Ausdehnung, der innere punktierte Kreis die Lage bei der Zusammenziehung andeutet. Bei einer mit theoretischer Endkurve versehenen Spiralfeder sind auch diese Entwicklungskreise genau konzentrisch zum Mittelpunkte, während wir aus den vorliegenden Fällen den Grad der einseitigen Entwicklung, je nach der Abweichung der Kurve von der theoretischen Form und Länge, feststellen können.

Gemäß dem an der einfachen Spiralfeder vorhandenen Isochronismusfehler muß dieser auch hier am größten sein, wenn der innere Ansteckungspunkt in der Entwicklungs-, also der Pfeil-Richtung liegt. Befindet sich z. B. in der Ab-

bildung 6 der innere Ansteckungspunkt an der für die Lagenregulierung günstigsten Stelle, bei dieser linksgewundenen Spiralfeder demnach auf der durch den Unruhmittelpunkt gehenden Wagerechten bei a oder etwas oberhalb von a , so wird diese Spiralfeder, da die Entwicklung nach der dem inneren Ansteckungspunkt entgegengesetzten Seite erfolgt (vergl. Abb. 2), ein Vorgehen in den kleinen Schwingungen ergeben, und die betreffende Uhr wird daher auch zu einem Vorgehen im Hängen neigen. Da wir bei Uhren mittlerer Qualität im allgemeinen mit einem Nachgehen im Hängen zu rechnen haben, so ist dieses Verhältnis vielfach günstig. Erst in dem Falle eines Vorgehens im Hängen müßte eine Änderung und Berichtigung der Kurve unter Zuhilfenahme der Kurvenvorlage erfolgen. Die Kurve würde dann die gestrichelt eingezeichnete theoretische Form erhalten; da sich die Spiralfeder nunmehr genau konzentrisch entwickelt, so ist das Vorgehen in den kleineren Schwingungen und damit auch im Hängen beseitigt bzw. vermindert. Außerdem ist eine Verschiebung des inneren Ansteckungspunktes um etwa $\frac{1}{8}$ Umgang nach unten eingetreten, die ebenfalls ein kleines Nachgehen in der hängenden Lage bei „Krone oben“ bewirkt. Die Lagenberichtigung im vorstehenden Fall beträgt etwa 6 bis 10 Sekunden. (Schluß folgt)

Die Spiralfeder-Endkurven, ihre praktische Anwendung und ihre Bedeutung für die Regulierung

Von G. Gerstenberger

(Schluß zu Seite 400)

Vollkommen anders läge der Fall, wenn der innere Ansteckungspunkt nicht berücksichtigt wäre, und wenn er sich beispielsweise auf der wagerechten Linie bei *b* (Abb. 6) oder etwas unterhalb davon befände. Erstens würde durch die ungünstige Lage des inneren Ansteckungspunktes, wie wir unter entsprechender Anwendung aus der Abbildung 5 ersehen, ein Nachgehen im Hängen bewirkt, das außerdem verstärkt wird, da die nach der Seite des inneren Ansteckungspunktes sich entwickelnde Spirale ein Nachgehen in den kleinen Schwingungen verursacht, das durch die verminderte Schwingungsweite im Hängen stärker zum Ausdruck kommt. Eine Lagenverbesserung kann hier, entsprechend dem vorhandenen Fehler, auf verschiedene Art erreicht werden. Durch Vornahme einer Kurvenänderung in die richtige Form ist ein Nachgehen im Hängen von 8 bis 10 Sekunden zu beseitigen. Würden wir jedoch, ohne eine Kurvenberichtigung vorzuneh-

men, eine Verlegung des inneren Ansteckungspunktes um einen halben Umgang, also an die günstigste Stelle, vorziehen, so würde damit nicht nur das durch den falschen Ansteckungspunkt verursachte Nachgehen von 10 bis 15 Sekunden im Hängen aufgehoben, sondern das ursprünglich vorhanden gewesene Nachgehen in den kleinen Schwingungen zu einem fast gleichen Vorgehen bei kleinerer Schwingungsweite und im Hängen werden. Der hier zwischen der ungünstigsten und der günstigsten Ansteckungspunkt- und Kurvenlage mögliche Lagenausgleich beträgt mindestens 20 bis 30 Sekunden.

Schema der 67er Kurve ausgeführten Form. Infolge des für dieses Verhältnis unrichtigen Spannungsmomentes entsteht die ersichtlich einseitige Entwicklung und in Verbindung mit dem inneren Ansteckungspunkt je nach der Lage desselben eine ungünstige oder günstige Beeinflussung des Isochronismus. Eine Änderung in die punktiert gezeichnete, theoretisch richtige Kurvenform gleicht einen Isochronismusfehler aus und gibt der Spiralfeder die gewünschte konzentrische Entwicklung. Bei den in den Abbildungen 8 und 9 angegebenen Kurvenlagen wären die Isochronismusfehler natürlich am größten, wenn sich der innere Ansteckungspunkt auf der Senkrechten oder nahe derselben befände. Bei einem rechtwinklig zur Entwicklung liegenden Ansteckungspunkt ist der Isochronismusfehler geringer, doch würde man immerhin bei einem ungünstigen Gangergebnis die Kurvenänderung in die richtige Form vorzunehmen haben. — Denken wir uns

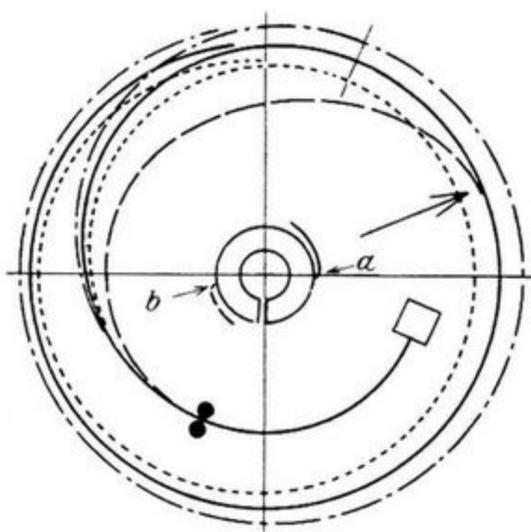


Abb. 7

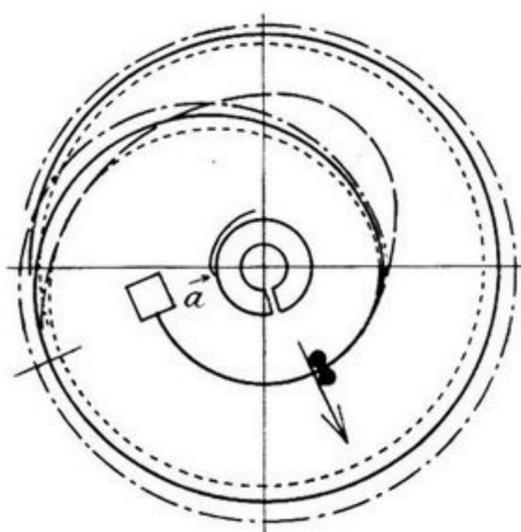


Abb. 8

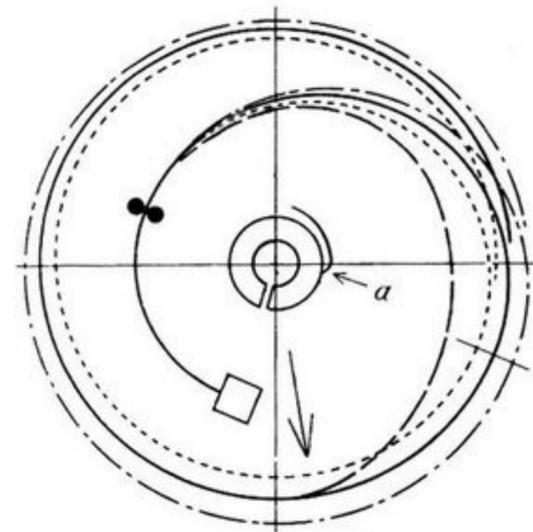


Abb. 9

men, eine Verlegung des inneren Ansteckungspunktes um einen halben Umgang, also an die günstigste Stelle, vorziehen, so würde damit nicht nur das durch den falschen Ansteckungspunkt verursachte Nachgehen von 10 bis 15 Sekunden im Hängen aufgehoben, sondern das ursprünglich vorhanden gewesene Nachgehen in den kleinen Schwingungen zu einem fast gleichen Vorgehen bei kleinerer Schwingungsweite und im Hängen werden. Der hier zwischen der ungünstigsten und der günstigsten Ansteckungspunkt- und Kurvenlage mögliche Lagenausgleich beträgt mindestens 20 bis 30 Sekunden.

Die Abbildung 7 zeigt ein Beispiel ähnlicher Art. Infolge einer anderen Rücker- und Kurvenlage ist jedoch auch die Isochronismus-Wirkung eine entsprechend andere. Ein an der günstigsten Stelle *a* liegender innerer Ansteckungspunkt liegt auch zugleich in der Richtung des größeren Pfeiles, also in der Entwicklungsrichtung und zwar auf der Entwicklungsseite. Da diese Stellung ein Nachgehen bei kleiner Schwingungsweite verursacht, so werden wir bei einem Nachgehen im Hängen die äußere Kurve in die punktiert eingezeichnete, theoretisch richtige Form und Länge bringen und damit einen Lagenfehler von etwa 5 bis 8 Sekunden beseitigen. Der Fehler eines an entgegengesetzter Seite bei *b* — an ungünstiger Stelle — gelegenen Ansteckungspunktes würde durch das gleichzeitige Vorgehen in den kleinen Schwingungen etwas ausgeglichen; nötigenfalls wäre der innere Ansteckungspunkt zu verlegen.

Die in der Abbildung 8 dargestellte 50er Kurve findet man in der Praxis häufig in dieser unrichtigen, nach dem

z. B. die unter Abb. 8 angegebene falsche 50er Kurve auf die Rücker- und Befestigungslage der Abbildung 9 angewendet, so wird der Einfluß auf den Isochronismus bei einem normal liegenden inneren Ansteckungspunkt wieder ein größerer sein, und zwar im günstigen Sinne, indem er ein Vorgehen in den kleinen Schwingungen bewirkt.

In den vorstehenden Beispielen sind wir von der Annahme ausgegangen, daß die verursachte Isochronismus- und Lagenabweichung von einer unrichtigen Kurve herrührte, und daß dieser Fehler durch Nachbiegen in die theoretische Form behoben bzw. vermindert wird. Um jedoch jeden Zweifel auszuschließen, sei bemerkt, daß der an sich durch die theoretische Kurve bewirkte vollständige Isochronismus nur für eine geschlossene und freischwingende Unruh, die also ohne jede Verbindung mit den Hemmungsteilen ist, gilt. Der Einfluß des Ganges und der Kompensations-Unruh führt Änderungen im Isochronismus herbei, die sich bei einer gut konstruierten und in tadelloser Ordnung befindenden Uhr unter Umständen nahezu ausgleichen; doch ist es bei verschiedenen Kalibern immerhin notwendig, schon beim Setzen der Spiralfeder durch eine geringe Abweichung von der theoretischen Kurvenform oder von der normalen Lage des inneren Ansteckungspunktes diesen Umständen Rechnung zu tragen. Beispielsweise ist es bei einem gut konstruierten und genau eingestellten Chronometergange, der auf die kleinen Schwingungen beschleunigend wirkt, fast allgemein notwendig, dieser Wirkung durch untheoretische Endkurven entgegen zu arbeiten.

Als sehr vorteilhaft sei noch die von einigen Schweizer Fabriken angewandte verstellbare Spiralfestigung er-

wähnt. Bei dieser Anordnung ist außer dem Rücker auch die äußere Spiralansteckung samt Rücker um die Deckplatte drehbar; eine besonders geeignete Form des Unruhklöbens gestattet nun eine Verschiebung der ganzen Spiralfeder um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Umgang. Dadurch wird eine Verlegung des inneren Ansteckungspunktes für den günstigsten Lagenausgleich ermöglicht, ohne daß man an der Spiralfeder selbst eine Änderung vornehmen müßte.

Sind wir gezwungen, an einer mit theoretischer Endkurve versehenen Spiralfeder eine Änderung vorzunehmen, um ein unbefriedigendes Gangresultat zu verbessern, so muß dies, entsprechend den bisher gegebenen Beispielen und den Wirkungen, die für die untheoretischen Kurven gelten, durch die entsprechenden entgegengesetzten Abhilfen ausgeführt werden. Die Abbildung 10 zeigt einen Fall, in dem zur Verbesserung des Ganges in den Lagen die ursprünglich annähernd theoretische, punktiert gezeichnete Kurve verlängert wurde. Da der innere Ansteckungspunkt hier, anstatt bei *a*,

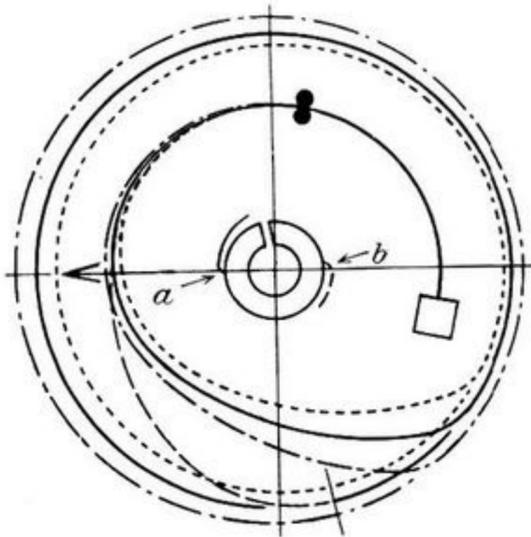


Abb. 10

an der ungünstigen Stelle, nämlich unterhalb *b*, lag, so zeigte die Uhr ein Nachgehen von 15 Sekunden im Hängen gegenüber der Flachlage. Wegen der mittelmäßigen Ausführung des Werkes wurde von einer Verlegung des Ansteckungspunktes abgesehen und eine Kurvenänderung vorgenommen. Die

Entwicklungskreise zeigen, daß die Einseitigkeit der Entwicklung infolge der

Umformung und Verlängerung der Kurve etwa $\frac{3}{4}$ der bei der einfachen Spiralfeder stattfindenden vollständigen Einseitigkeit beträgt, und daß die Entwicklungslinie dem inneren Ansteckungspunkt gegenüberliegt. Die genaue Prüfung auf Isochronismus zwischen den Schwingungsweiten von etwa 1 Umgang und $1\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Umgängen zeigt demzufolge auch das entsprechende Vorgehen von 8 bis 10 Sekunden bei kleiner Schwingungsweite. Dieser Betrag kommt bei der verminderten Schwingungsweite im Hängen, die hier 1 bis $1\frac{1}{4}$ Umgang beträgt, in annähernd gleicher Höhe zum Ausdruck, so daß sich dann das starke Nachgehen im Hängen bis auf wenige Sekunden verloren hat. Der durch diese Änderung verursachte Isochronismusfehler ist nicht bedenklich. Bei täglicher Beobachtung mit nur einer Zwischenbeobachtung nach zwölf Stunden wird dieser Fehler nur 1 bis 2 Sekunden betragen und damit nur

wenig über dem normalen Verhältnis von $\frac{1}{2}$ bis 1 Sekunde Vorgehen in dem zweiten halbtägigen Gang gegenüber der ersten Aufzugsperiode liegen. Dieser kleine Isochronismusfehler ist insofern günstig, als er das hauptsächlich durch die Ölveränderung mit der Zeit einsetzende allgemeine Nachgehen nach Möglichkeit auszugleichen vermag. In dem oben gegebenen Beispiel dürfte nun mit der Zeit eher ein geringes Vorgehen eintreten, das jedenfalls weniger unangenehm ist als ein Nachgehen.

Bei der großen Verschiedenheit der Kaliber und den dadurch bedingten verschiedenen Spiralanlagen ist es unmöglich, hier auf sämtliche Einzelheiten einzugehen. Außerdem sind auch die Kurvenabweichungen von verschiedenster Art, so daß diese und die daraus folgende Wirkung am günstigsten nur an Hand einer mit den verschiedenen untheoretischen Kurven und ihren Entwicklungslinien versehenen Kurventafel zu erklären wären. Es ist daher an dieser Stelle nur möglich, an einigen Fällen, wie sie in der Praxis am häufigsten vorkommen, den interessierten Leser mit den Grundlagen bekannt zu machen. Besonders den vorwärtsstrebenden Jüngern unseres Faches soll dieser Aufsatz Gelegenheit und Anregung geben, dem sowohl praktisch wie wissenschaftlich äußerst wichtigen und interessanten Gebiete der Spiralfeder die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die angegebenen Grundlagen und Beispiele dürften in den meisten Fällen ausreichend sein, um die Feststellung zu ermöglichen, ob und in welchem Grade ein ungünstiges Gangresultat den Spiralverhältnissen zuzuschreiben ist, und nötigenfalls eine Gangverbesserung in den Lagen herbeizuführen.

Wenn wir nun auch in der Kurvenänderung ein Mittel besitzen, um eine Gangverbesserung durch den Ausgleich anderer, den Isochronismus störender Einflüsse zu erzielen, so ist von einer voreiligen Anwendung dieses Mittels doch abzuraten, sofern es sich nicht um eine Abänderung in eine theoretischrichtige Form handelt, die unbedenklich ausgeführt werden kann. Im anderen Falle muß man erst die vollständige Gewißheit haben, daß die festgestellte Gangabweichung nicht andere Gründe hat; solche Ursachen sind zum großen Teil in der Gangpartie zu suchen. Die Ansichten über gut geordnete Gang- und Zapfen-Verhältnisse sind ja sehr auseinandergehend, und es wäre ein Gebiet für sich, diese Partie vom Gesichtspunkte der praktischen Reglage aus besonders und ausführlich zu behandeln. Jedenfalls ist es unbedingt zu vermeiden, etwa bestehende mechanische Fehler, wie beispielsweise unsichere oder zu bedeutende Ruhe, großen Nachfall, unsichere Zugwinkel, zu weite oder eingeschlagene Ankerlücke, schlechte Zapfenvollendung u. a. m., die ein ungünstiges Gangresultat verursachen, durch eine Deformierung der theoretischen Endkurve ausgleichen zu wollen. In erster Linie soll und wird man mit der theoretischrichtigen Endkurve, die doch das Ideal darstellt, eine in jeder Hinsicht gute Regulierung der Uhr zu erreichen suchen.

