

## Die Ankergabel mit getrennter Auslösung nach A. Lange

Charles Gros führt in seinem bekannten Buch über die Hemmungen eine Gabel mit getrennter Auslösung an, welche auch mit einer Skizze angedeutet ist, und er führt weiterhin aus, daß diese von A. Lange in Glashütte erfunden wurde. Um so erstaunlicher ist es, daß Moritz Grossmann diese Gabel in seinem Buch „Der freie Ankergang“ nicht erwähnte. Ich habe sehr viele Glashütter Uhren feingestellt, aber leider nie eine solche Gabel gesehen.

Ich möchte Charles Gros' Feststellung, daß es sich um eine Lange'sche Erfindung handelt, als verbürgt nehmen und Altmeister Lange für diese geniale Idee danken, indem ich die kinematischen Funktionen der Gabel analysierte und konstruktiv festlegte. Die vorliegende Form kann natürlich entsprechend der Funktion jeder Ankerhemmung abgewandelt werden.

Grundsätzlich ist ja bei jedem Gabeleingriff der Unruhführungs- winkel von ausschlaggebender Bedeutung. Je kleiner der Unruhführungs- winkel wird, um so kleiner wird auch der Isochronismus störende Einfluß der Hemmung auf den Gangkreis. Ebenso wird hierbei auch das Hebelverhältnis der Kraftübertragung vom Anker zur Unruh günstiger. Jedoch der Einfluß der Auslösung ist dann sehr ungünstig, denn infolge des Hebelverhältnisses wird der störende Einfluß der Auslösung auch größer, weil die Unruh nun mehr Kraft zum Auslösen aufwenden muß.

Es kann sogar sehr leicht so weit kommen, daß die abgelaufene Uhr beim Aufziehen auf der Auslösung stehen bleibt und erst mit einem Schwung von außen her zu laufen anfängt. Um dies zu verhindern, muß der Unruhführungs- winkel wesentlich vergrößert werden. Vornehmlich in Armbanduhren mittlerer Güte beträgt aus diesem Grunde der Unruhführungs- mittel rund 55°. Damit wird natürlich das Hebelverhältnis für die Kraftübertragung vom Anker zur Unruh ungünstig, aber das Auslösungsvermögen bleibt gesichert. Weil aber der Unruhführungs- winkel größer geworden ist, ist durch die nun verringerte Größe der freien Unruherschwingung (der „freien“ Ankerhemmung) ein stärkeres Nachgehen in den kleinen Schwingungsweiten die unausbleibliche Folge. Das Problem dieser folgenschweren Hebelverhältnisse wird durch die Lange'sche Ankergabel in verblüffender Weise gelöst.

Um diese Ankergabel richtig zu verstehen, ist es ratsam, eine Zeichnung anzufertigen und dann von dieser Zeichnung sowohl die Gabel als auch die Doppelrolle auf je einen Bogen durchsichtigen Zeichenpapiers zu übertragen. Auf einer Lichtpause der Originalzeichnung kann man dann mit Hilfe von Kartennadeln die Gabel und die Doppelrolle in ihrer kinematischen Funktion untersuchen, indem man die in der Lichtpause gegebenen Achsenabstände benutzt.

Wie schon in der Veröffentlichung über die Ankergabel mit langen Hörnern erläutert wurde, müssen erst einmal für die Auslösung der Gabel und der Doppelrolle die Konstruktionswerte festgelegt werden. Angenommen, die zur Gabel gehörende Ankerhemmung ist folgendermaßen ausgelegt: 8° 30' Hebung, 1° 30' Ruhe und 1° verlorener Weg. (Die Ankergabel mit langen Hörnern hatte nur 30° verlorenen Weg!) Der Unruhführungs- winkel beträgt 30°, Achsenabstand = 5,00 mm, Hebelsteindurchmesser = 0,50 mm und der Auslösesteindurchmesser ist anderthalb mal so groß = 0,75 mm.

Rechnerisch ergibt sich der Halbmesser BB der Bewegungsbahn des Hebelsteines mit 1,4583956 mm, der Halbmesser der Bewe-

gungsbahn des Auslösesteines ist gleich  $2/3 \cdot 1,4583956 = 0,9722637$  mm. Also mit anderen Worten: Die Steindurchmesser verhalten sich umgekehrt wie ihre Bewegungsbahndurchmesser. — Der Sicherheitsrollendurchmesser =  $0,5 \cdot BB = 0,7291978$  mm, Seitenspiel in der Gabel = 0,03 mm, Sicherheitsmesserfreiheit nach der Seite = 0,20 mm, Sicherheitsmesserfreiheit in der Rolle = 0,20 mm, Sicherheitsmesserspiel = 1° und Spiel der Hörner 1° 20'.

Die Zeichnung wird im Format A 2 ausgeführt im Maßstab 100 : 1. Man zeichnet die horizontale Mittellinie und trägt 10 mm rechts von der linken Zeichenfeldbegrenzung auf der Horizontalen den Ankerdrehpunkt Oa ein und im Abstand von 500 mm von Oa zeichnet man den Unruhwellenmittelpunkt Ob.

Beide Zentren werden durch Lotrechte gekennzeichnet. Man zeichnet zuerst den halben Unruhführungs- winkel Oa Ob A mit 15°. Aus Oa wird an die Horizontale nach unten der halbe Winkel der totalen Ankerbewegung = 6° angetragen (die totale Ankerbewegung besteht aus 1° verlorenen Weg + 1° 30' Ruhe + 8° 30' Hebung + 1° verlorenen Weg = 12°). An die Seite Oa wird aus Oa nach oben eine Winkelseite des totalen Auslösewinkels von 2° 30' angetragen (1° + 1° 30'), dann aus Oa und aus Ob je ein Kreisbogen durch den Punkt A gezogen. Der Kreisbogen aus Ob ist B und stellt die Bewegungsbahn des konstruktiven Mittelpunktes des Hebelsteines dar, während der Kreisbogen A' aus Oa die Bewegungsbahn der Gabeleinschnitte darstellt.

Um den Hebelstein zu zeichnen, muß natürlich seine Konstruktion auf der diesbezüglichen Bewegungsbahn BB ausgeführt werden und zwar in dem Punkt, wo die Gabel ihre Funktion als Impulsübermittler übernimmt; das ist im Schnittpunkt des totalen Auslösewinkels mit dem Bogen BB. In Punkt B wird auf die Auslösewinkelseite eine Lotrechte gefällt und um Punkt B ein Kreisbogen von 0,50 · 100 = 50 mm Durchmesser gezogen. Der Schnittpunkt dieses Bogens mit der Lotrechten in B ist B'. Aus B' wird eine Lotrechte auf die verlängerte Linie Ob B gefällt; die Lotrechte und ihre Verlängerung zeigen die Frontfläche des Hebelsteines an.

Dann wird durch den Punkt B eine Parallele zur Frontfläche des Hebelsteines gezogen, der Abstand der beiden Linien ist der Halbmesser der verrundeten drei Ecken des Hebelsteines. Die Verrundungen sind ineilig tangierende Kreise an den 50 mm Kreis aus Punkt B. Die beiden hinteren Seiten des Hebelsteines sind geradlinige Tangenten an den Verrundungen.

### Die Auslösegabel

Der Halbmesser der Bewegungsbahn des Auslösehebelsteines beträgt, wie schon erwähnt, 0,9722637 mm. Mit einem Halbmesser von 97,2 mm wird aus Ob ein Kreisbogen WW gezogen. Der Schnittpunkt dieses Kreises mit der Linie B Ob ist W, er ist der Mittelpunkt des Auslösehebelsteines. Aus dem Punkt W zieht man einen Kreis mit 75 mm Durchmesser und im Punkt W errichtet man auf die Linie Oa W eine Senkrechte, deren Schnittpunkt mit dem Kreise der Punkt W' ist. Im Punkt W errichtet man auf der Linie W Ob eine Senkrechte und durch den Punkt W' zieht man zu dieser Senkrechten eine Parallele. Im Punkt W beginnt man den Auslösehebelstein zu zeichnen, analog zur Beschreibung des Impulshebelsteines.

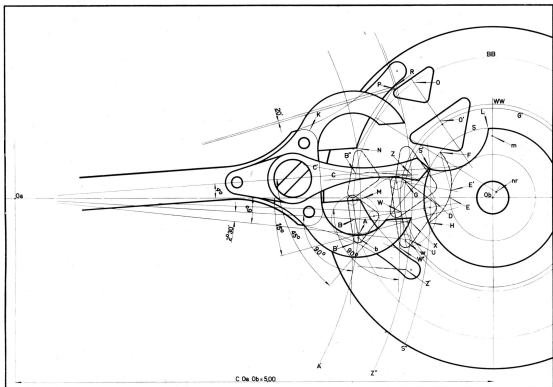
Die Verlängerung der Linie Oa A schneidet im Punkt U die Bewegungsbahn W des Auslösehebelsteines. Aus Oa zieht man durch diesen Punkt U einen Kreisbogen Z", der die Bewegungsbahn der Spitzen der Auslösegabel darstellt. Im Punkt U muß die Auslösearbeit des Auslösehebelsteines beginnen, d. h. wenn der Mittelpunkt W des Steines den Punkt U erreicht hat. Die Verlängerung der Linie Oa B schneidet den Bogen Z" im Punkt X. Die Linie Oa X zeigt die Winkelstellung der Gabel an, in welcher sie theoretisch beginnt, den Impuls an den Impulsebelstein zu übermitteln. Mit anderen Worten, auf dieser Linie muß die Auslösearbeit beendet sein. Nun zieht man aus Oa oberhalb der Linie Oa Ob eine Tangente an den Auslösehebelstein, welche im Punkt Z den Bogen Z" schneidet. Von X aus überträgt man den Abstand X.Z auf den Bogen Z" nach unten und man erhält somit den Punkt Z'. Durch die Punkte Z und Z' zieht man je eine Parallele zur Linie Oa B X, diese Parallelen ergeben die Innenseiten der Auslösegabel.

Die effektive Ankerbewegung ohne den verlorenen Weg beträgt  $10^\circ$ , hiervon trägt man die Hälfte abzüglich des Sicherheitsmesserspieles, also  $5^\circ - 1^\circ = 4^\circ$  von Oa auf die andere Seite der Mittellinie Oa Ob an; der Schnittpunkt dieser  $4^\circ$ -Winkelseite C mit dem Bogen BB ist der Punkt B". Der Durchmesser der Sicherheitsrolle S war mit  $\frac{1}{2}$  BB  $\phi$  bestimmt, also 0,7291978 mm, das sind in der Zeichnung 72,9 mm  $\phi$ . Der Schnittpunkt S' der Linie C mit dem Kreisbogen S gibt die Länge des Sicherheitsmessers an. Ein Bogen aus Oa durch den Punkt S gibt die Bewegungsbahn S" der Sicherheitsmesserspitze. Die Spitze des Sicherheitsmessers erhält einen Winkel von  $90^\circ$ , d. h.  $45^\circ$  nach jeder Seite. Die Spitze ist nicht messerscharf, sie erhält in der Praxis eine Verrundung von 0,01 bis 0,02 mm Halbmesser. Die vordere Breite des Sicherheitsmessers sei in der Zeichnung 25 mm.

In der Stellung von S' muß noch die Sicherheit durch die Rolle gewährleistet sein, jedoch muß in dieser Stellung von B" aus der Rolleneinschnitt konstruiert werden. Zuerst überträgt man den Impulsebelstein zu dem Mittelpunkt B", indem man die um Punkt B erhaltene Form nun um B" andeutet. Ebenso überträgt man andeutungsweise den Auslösehebelstein, dessen Mittelpunkt nun der Schnittpunkt der Linie B" Ob mit dem Kreisbogen WW ist. Auf der Linie Oa Ob im Schnittpunkt D des Bogens S" trägt man die Einschnittstiefe E von 0,20 mm (20 mm) ein, diese ergibt aus Ob den Kreisbogen durch Punkt E. Die Verbindungslinie B" Ob ist die Linie C', sie bestimmt im Schnittpunkt des Bogens E den Punkt E' und damit die Einschnittstiefe der Sicherheitsrolle, von B" aus gesehen.

Die vorbestimmte Sicherheitsmesserfreiheit nach der Seite von 0,20 mm (20 mm) trägt man als Sehne vom Punkt S' auf den Bogen S ab und erhält somit den Punkt F; das ist der nächste bekannte Ort des Rolleneinschnittes. Auf die Verbindungslinie F E' wird eine Mittellotechte gefällt, deren Schnittpunkt mit der Linie C' der Mittelpunkt G des Rolleneinschnittbogens F E' H ist. Aus Ob wird durch den Punkt G der Kreisbogen G' gezogen. Die Linie C zeigt mit der Messerspitze S' den Stand der Sicherheitsrolle an, wo die Sicherheit des Messers den Grenzbereich erreicht.

Der Rolleneinschnitt F E' H wird nun nach S'L verlagert, indem man die Sehne des Einschnittbogens F H von S' aus auf den Bogen S überträgt und somit den Punkt L bestimmt. Aus Ob wird eine Mittellotechte durch die Sehne S'L gezogen, deren Schnittpunkt mit dem Bogen G' den Zirkelansatzpunkt für den definitiven Rolleneinschnitt S'L ergibt. Der Schnittpunkt dieser Mittellotechten mit dem Bogen BB ist der Punkt O, welcher die definitive Lage des Impulsesteines bestimmt, und schließlich der Schnittpunkt der Mittellotechten mit dem Bogen WW ist der Punkt O', der die



Konstruktionszeichnung der Ankergabel mit getrennter Auslösung nach A. Lange

endgültige Lage des Auslösehebelsteines fixiert. Da die beiden Hebelsteine und die Sicherheitsrolle durch nichts verdeckt werden, können alle drei Teile zeichnerisch vollendet werden.

#### Die Bestimmung der Gabelformen und der Hörnerform

Auf Grund der bereits festgestellten Lage und Form der Sicherheitsrolle und der Hebelsteine kann man die Gabeleinschnitte und die Hörnerform bestimmen und ebenso auch die Form des Sicherheitsmessers. Das Sicherheitsmesser ist üblicherweise in sehr feinen Uhren mit einem Stellschiffchen und einer Schraube an der Gabel gehalten. Im vorliegenden Fall ist die Auslösegabel mit zwei Stellschiffchen auf der Impuls-gabel orientiert, ferner hat die Auslösegabel ein gewindeloses Loch, durch welches die Schraube für das Sicherheitsmesser hindurchgeht. Beim Zusammensetzen der Gabel wird also erst die Auslösegabel auf der Impuls-gabel mit Hilfe der beiden Stellschiffchen orientiert, danach wird mit Hilfe des einen Stellschiffchens das Sicherheitsmesser auf der Auslösegabel orientiert und dann verschraubt eine Schraube das Ganze mit der Impuls-gabel. (Dies ist eine Konstruktionsauslegung, vielleicht war das Ganze zusammengeklippt, um gewichtsärmer zu sein).

In der Zeichnungsvorlage liegt der Schraubenmittelpunkt 144 mm von der Sicherheitsmesserspitze entfernt und der Schraubenkopf hat 40 mm Durchmesser. Da das Sicherheitsmesser mit der Sicherheitsrolle in einer Ebene liegt und dem Zeichner zugewandt ist, kann das Messer zeichnerisch zuerst fertiggestellt werden. Die Tiefe der Gabeleinschnitte beträgt von der Sicherheitsmesserspitze gemessen 115 mm. Die beiden Stellschiffchen der Auslösegabel haben 72 mm Abstand voneinander. Die Weite der Auslösegabel war schon anfangs mit den Punkten Z und Z' festgelegt, die Gabelbacken liegen nur parallel zur Linie C, die effektive Länge der Gabelbacken beträgt 27,5 mm in der Zeichnungsvorlage. Die Zirkel-einsatzpunkte für die Bogenform der Auslösegabel haben einen Abstand von 53 mm voneinander. Mit diesen Angaben kann man eine der Zeichnung entsprechende Form der Auslösegabel erzielen, eine genaue Wiedergabe der nicht funktionsgebundenen Teile ist nicht erforderlich.

Der Impuls-gabeleinschnitt ist durch zwei Parallelen an die Linie C gegeben, die Einschnittsweite ist gleich dem Steindurchmesser 0,50 mm plus Spiel des Impulshebelsteines im Gabeleinschnitt 0,03 mm, also 0,53 mm, oder 26,5 mm Abstand in der Zeichnung nach jeder Seite von der Linie C. Die Gabelbacken M und N werden durch den Bogen A' der Bewegungsbahn bestimmt. Von Oa aus wird eine Linie zu dem Punkt des Impulshebelsteines gezogen, an welchem dessen Verrundung in die tangierende Frontfläche des Steines übergeht, dieser Punkt ist P. Anders ausgedrückt, Punkt P ist der von OP weitestentfernte Punkt des Impulshebelsteines, der am ehesten mit den Hörnern in Berührung kommen könnte, wie auch ebenso der symmetrische Punkt analog zu P.

An die Linie Oa P wird deshalb aus Oa eine Winkelseite von 20° nach außen angetragen und aus Oa wird ein Bogen durch den Punkt P gezogen, der Schnittpunkt der 20°-Winkelseite mit dem Bogen ist der Punkt R. Der Winkel von 20° basiert auf einem totalen Hörnerspiel von 1° 20', der totale Auslösungswinkel wäre 1° 30' Ruhe plus 1° verlorenem Weg, demnach bleibt der Anker bei zufälliger Benutzung des totalen Hörnerspiels noch mit 1° 10' Sicherheit in „Ruhe“. Um einen Hörnerbogen zu finden, der selbst unter dem Einfluß vernünftiger Fertigungstoleranzen noch die größte Funktionssicherheit gewährleistet, verfährt man folgendermaßen:

Auf der Verbindungslinie N R errichtet man eine Mittellotrechte in Richtung Ob und durch Ob zieht man eine Parallele zu N R, deren Schnittpunkt mit der Mittellotrechten der Punkt nr ist. Aus dem Punkt nr werden die Punkte N R und darüber hinaus durch einen Bogen verbunden. Von zwei beliebigen Punkten auf der Linie C wird durch zwei, sich im Punkte nr schneidende Bögen der Punkt nr symmetrisch auf die andere Seite der Linie C übertragen; der Schnittpunkt der Bögen ist der Punkt m. Aus Punkt m wird durch

den Punkt M ein zu N R symmetrischer Gabelhornbogen gezogen. Der Hornbogen N R ist aus Gründen von Fertigungstoleranzen um etwas über den Punkt R hinaus verlängert worden. Die außenseitige Form der Gabelhörner bestimmt den Amplitudenwinkel, bei welchem die Unruh zu prellen anfängt.

Es wäre unangebracht, sich auf eine bestimmte äußere Gabelform festzulegen. Zu beachten ist lediglich, daß man das Trägheitsmoment der Gabel möglichst klein hält.

Durch die Arbeitsunterteilung von Auslösung und Impuls mit Hilfe von zwei funktionsmäßig verschiedenen Gabeln und Hebelsteinen und durch routinemäßige Auslegung der Gabel sind zwar die Funktionen als äußerst günstig zu bezeichnen, jedoch wird man bei einem kinematischen Versuch mit transparentem Zeichenpapier, wie anfangs geschildert, feststellen, daß sich die Aufteilung der Funktionen während des Unruhführungswinkels verschoben hat und zwar unter Berücksichtigung der verschiedenen Hebelwirkungen und der winkelmäßigen Funktionen zur günstigen Seite. Außerdem wird man bei diesem Versuch feststellen, daß hier nur diese „drei-eckigen“ Hebelsteinformen angebracht sind. Wenn auch die Anwendung dieses Gabeleingriffes in Armbanduhrn wegen der größeren Werkhöhe nicht in Frage kommt, so dürfte dieser Gabeleingriff doch für Sechronometer mit Ankerhemmung interessant sein.