

Welche Art des Ankerganges und des Ankers eignet sich am besten für Präzisionsuhren?

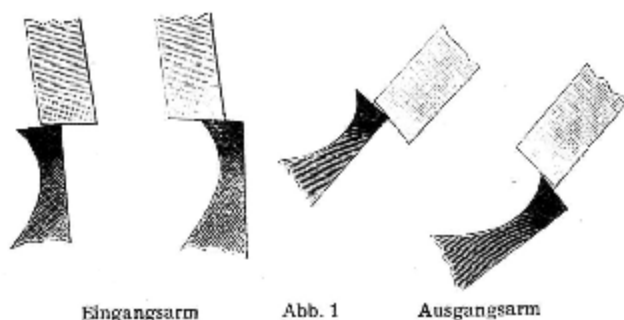
Von Richard Lange

Bekanntlich unterscheidet man in Bezug auf die Hebung von Rad und Anker drei Arten von Rad- und Ankerbewegung: 1. die Hebeflächen sind an den Radzähnen und der Anker hat zwei dünne Stifte (Stiftengang), 2. die Hebeflächen sind am Anker und die Radzähne haben spitze Zähne (der englische Ankergang) und 3. die Hebeflächen sind auf Rad und Anker verteilt.

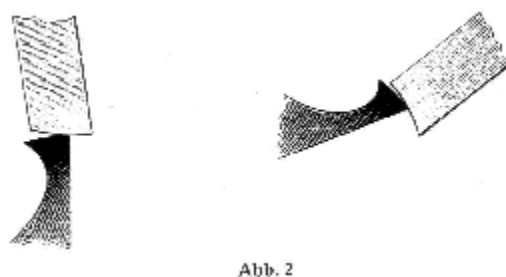
Für Präzisionsuhren kommt der Stiftengang nicht in Betracht, auch den Gang mit Spitzzähnen will ich hier nur kurz streifen, weil er meines Wissens in deutschen und schweizerischen Fabriken kaum ausgeführt wird. Ein Mangel dieses Ganges besteht darin, daß der spitze Zahn größeren Fall erfordert, also Kraftverlust verursacht; andererseits hat er aber den Vorzug, daß er mit geringster Reibung arbeitet, weil die Zahnschnecke auf einer glatt polierten Steinfläche hingleitet, wodurch auch, bei dicker werdendem Öle, die Adhäsion zwischen Zahn und Hebefläche nur gering ist. Das ist ein Vorzug gegenüber den auf die Radzähne und den Anker verteilten Hebeflächen, denn bei den nur wenig voneinander abweichenden Hebeflächen von Radzahn und Anker tritt bei dicker werdendem Öle eine Adhäsion (Anhaften) beider Flächen ein und beeinträchtigt den Gang. Diese Veränderung der Lage der Hebeflächen ist nicht gleich, die Hebefläche des Eingangsarmes wird während des Hingleitens des Zahnes immer steiler, während die des Ausgangsarmes bei Beginn der Hebung ihre stärkste Steigung hat, und sich bei fortschreitender Hebung stetig vermindert.

Um diesen Fehler zu beseitigen, hat mein Vater in einer Zeichnung, die in Großmanns Abhandlung über den freien Ankergang wiedergegeben ist, die Form entwickelt, welche den Hebeflächen zu geben ist, wenn die Bewegung des Ankers' eine gleichmäßig fortschreitende sein soll und nur die Zahnecke, nicht aber die Zahnfläche auf der Hebefläche des Ankers gleitet. Entsprechend dieser Konstruktion sind die Anker der Langeschen Uhren mit gekrümmten Hebeflächen, und zwar die Eingangsklaue mit konvexer, die Ausgangsklaue mit konkaver Wölbung versehen. Der Unterschied zwischen der Fortbewegung des Ankers mit geraden Hebeflächen und der Fortbewegung des

Ankers mit gewölbten Hebeflächen und die Lage zu den Radzähnen kann mit einem starken Glase an einer möglichst großen Uhr beobachtet werden, besonders gut bei freistehenden Ankerklauen. Hält man z. B. die Ankergabel durch untergelegtes Fliedermark und führt den Anker ohne Öl stufenweise von Anfang bis Ende der Hebung, so wird man zu Anfang der Hebung sehen, daß die Ecke des Zahnes auf der Hebefläche des Ankers steht, dann nähern sich die Flächen, bis gegen Ende der Hebung die volle Zahnfläche zur Auflage auf die Hebefläche kommt, also beide eine Fläche bilden (Abbildung 1).



Beim Ausgangsarm werden sich Zahn und Ankerhebefläche in der Mitte der Bewegung ziemlich decken, am Ende der Hebung gleitet das hintere Zahnradende an der Ausgangsklaue ab. Ungleich vorteilhafter ist das Fortschreiten des Zahnes an den gewölbten Hebeflächen; bei diesen gleitet stets nur die vordere Zahnecke, sowohl bei der Eingangs- als auch der Ausgangsklaue (Abbildung 2) an den gewölbten Hebeflächen, und verhindert bei dickwerdendem Öle die Adhäsion, ähnlich wie bei den Rädern mit Spitzzähnen.



Es würde eine dankbare Aufgabe für Uhrmacherschulen sein, große Gangmodelle herzustellen, bei welchen Anker mit geraden und gekrümmten Hebeflächen abwechselnd eingesetzt werden; durch Anbringen von Exzentrern (exzentrischen Schrauben) auf beiden Seiten der Ankergabel könnte man den Anker von Anfang bis Ende der Hebung in alle Stellungen bringen, und aus den verschiedenen Hebungstellungen ersehen, wie der Gangradzahn mit seiner Ecke oder Fläche an der Hebefläche des Ankers zur Anlage kommt. Man wird finden, daß bei den geraden Hebeflächen des Eingangs- und Ausgangsarmes abwechselnd Zahnkante und Zahnfläche die Ankerhebeflächen berühren, während bei den genau hergestellten gekrümmten Ankerhebeflächen (und gekrümmten Zähnen) stets nur die vordere Zahnecke mehr oder weniger zur Anlage kommt. Aus weiteren, mit gleicharmigen und ungleicharmigen Ankern hergestellten Gangmodellen könnte man ersehen, wie groß der Auslösungswiderstand bei beiden ist, beziehungsweise auch wie groß der Auslösungswiderstand zwischen Eingangs- und Ausgangsarm bei dem gleicharmigen und wie groß der Unterschied bei dem ungleicharmigen Anker ist. Meßbar wäre es entweder durch die Spiralspannung oder durch Anhängen kleiner Gewichte an die Unruhachse. In den amerikanischen und schweizerischen Uhren gewöhnlicher Art werden der leichteren Herstellung wegen größtenteils gleicharmige Anker und Gangräder mit Kolbenzähnen angewendet. Bei dem gleicharmigen Anker liegen beide Arme des Ankers in gleicher Entfernung vom Ankermittelpunkt, und infolgedessen ist die Hebellänge, auf welche das Rad wirkt, auf beiden Seiten gleich; dagegen ist die Reibung auf den Ruheflächen und der Widerstand bei der Auslösung sehr ungleich und beträgt beim Eingangsarm viel mehr, weil die beiden Ruheflächen in ungleicher Entfernung vom Mittelpunkt des Ankers liegen. Der präzise Gang der Uhr wird durch diese Ungleichheit nachteilig beeinflußt.

Um einen Ausgleich zu schaffen, den Auslösungswiderstand etwas zu mildern und den Anker leichter ins Gleichgewicht zu bringen, hat Chr. Playtner aus Kanada vor etwa 30 Jahren halbungleicharmige Anker konstruiert und angewendet, die auch jetzt noch in Amerika und der Schweiz in geringem Maße Verwendung finden. Wenn auch der fehlerhafte Widerstand bei der Auslösung

dadurch etwas gemildert ist, so ist er doch nicht beseitigt. Bei dem ungleicharmigen Anker liegen die beiden Ruheflächen in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt des Ankers, so daß also auch die Auslösung auf beiden Seiten mit gleichgroßem Widerstand erfolgt, die Ruhe ist auch dann nur richtig und sicher, wenn sie in der Tangente stattfindet, also in dem Punkte, in welchem die aus der Ankermitte gezogenen Geraden den Ruhekreis berühren. In dem Maße, als man von dem ungleicharmigen auf den halb- ungleicharmigen oder gleicharmigen Anker übergeht, weicht man von der Tangente ab, und erhöht damit allmählich den Auslösungswiderstand. Dieser ungleiche Auslösungswiderstand kann aber nicht ohne schädigenden Einfluß auf den Gang der Uhr sein. Es ist zwar auch bei dem ungleicharmigen Anker der Auslösungswiderstand nicht ganz gleich, weil bei der Eingangsklaue die Reibung vor der Mittelpunktlinie zwischen Rad und Anker stattfindet, sie ist größer als die nach der Mittelpunktlinie stattfindende Reibung am Ausgangsarm. Dieser Reibungsunterschied ist unerheblich, wächst aber beträchtlich in dem Maße, als man den Eingangsarm von der Mittelpunktlinie entfernt, also vom ungleicharmigen auf den halbungleicharmigen oder gleicharmigen Anker übergeht. Der vorher geschilderte Auslösungswiderstand wird damit vermehrt.

Der Umstand, daß bei dem gleicharmigen und in minderem Maße bei dem halbungleicharmigen Anker die Hebung gleichmäßig erfolgt, kommt bei einer gut schwingenden Unruh, die auch in den Lagen kaum unter einen Umgang schwingt, nicht in Betracht, denn nur beim Übergang von Ruhe zur Hebefläche erteilt die Gabel dem Hebelstein der Unruh einen kurzen Impuls, der übrige Teil der Hebung kommt nicht zur Wirkung, weil die Unruh schneller schwingt als der Anker folgen kann, so daß nach erteiltem Impuls der Anker durch die Unruh geführt wird. Nur beim Angehen der Uhr und den kleinen Schwingungen in nahezu abgelaufenem Zustand (auch bei verdickendem Öl) würden die Hebeflächen des Ankers zur vollen Wirkung kommen. Ich halte deshalb für Präzisionsuhren, an welche die höchsten Ganganforderungen gestellt werden, den ungleicharmigen Anker mit gewölbten Hebeflächen für den besten, vollkommensten, und die feinsten Uhren werden wohl alle mit zart gestalteten ungleicharmigen Ankern ausgeführt.

Sehr wichtig für eine feine Uhr ist auch, daß die Berührung und Führung der Gabel mit dem Hebelstein so kurz wie möglich ist, damit die freie Schwingung der Unruh sich soweit als möglich ungehindert vollziehen kann. Man muß also den Durchgangswinkel bei Präzisionsuhren so klein gestalten, wie es das Eingreifen des Hebelsteines in die Gabel erlaubt. Theoretisch ist ein Winkel von 30° als der günstigste festgestellt; man würde deshalb die Ankerbewegung zum Durchgangswinkel der Unruh etwa 1:3 wählen, so daß bei einer Ankerbewegung von 10° die Unruh 30° bewegt würde. Würde man 30° Unruhbewegung überschreiten, so würde die freie Schwingung der Unruh erheblich beeinträchtigt. Beträge die totale Schwingung der Unruh z. B. $1\frac{1}{2}$ Umgang (= 540°), so würde die freie Schwingung 510° betragen. Kämen die Schwingungen am Ende der Federkraft auf $\frac{1}{2}$ Umgang (= 180°), so würden bei 30° Unruhhebung 150° oder $\frac{5}{6}$ freie Unruhschwingungen verbleiben; hätte man aber eine Unruhhebung von 36° , so würden nur 144° oder $\frac{4}{5}$ freie Unruhschwingung stattfinden. Für minder feine Uhren wählt man das Verhältnis von Ankerhebung zu Unruhhebung wie 1:3,5 oder 1:4, ja selbst 1:5. Kommt in letzterem Falle die Unruh auf $\frac{1}{2}$ Umgang, so würde die freie Unruhschwingung nur $180 - 50 = 130^\circ$ betragen. Man ersieht daraus, wie wichtig es ist, den Durchgangswinkel der Unruh zu dem ganzen Schwingungsbogen so klein wie möglich zu halten. Nun komme ich zu einer Frage, die mir zu erörtern unendlich schwer fällt, weil ich gegen die an sich vorzügliche Anordnung des Ankerganges meines Vaters Einwendungen machen muß. Wie den Kollegen bekannt sein wird, hat mein Vater bei den Glashütter Lange-Uhren Gangrad und Anker aus hart gehämmertem Gold herstellen lassen. Dies bietet den großen Vorteil, daß Gangrad und Anker vor Rost und Magnetismus geschützt sind, daß die Gabel, entgegen der starren Stahlgabel, genügend elastisch und federnd ist, so daß bei etwaigem Prellen der Hebelstein nicht abbrechen wird. Die Gabel ist auch genügend biegsam, so daß etwaige ungleiche Luft in den Hörnern leicht berichtigt werden kann, auch bedarf der Hebelstein kein Öl. Diese Vorteile sind sehr groß, und man wird mir nachfühlen, daß es mir unendlich schwer wird, sie aufzugeben, und den Goldanker durch einen Stahlanker zu ersetzen, der diese Vorteile nicht besitzt. Und dennoch erfordert es die

Präzisionsreglage, die zu jener Zeit, als mein Vater den Goldgang einführte, nicht in dem Maße vorhanden war wie jetzt, wo durch die Anwendung der theoretischen Endkurven, der Nickelstahlunruh usw. höchste Gangleistungen erreicht und gefordert werden können. Um sie zu erreichen, müssen die beweglichen Teile der Hemmung, besonders Gangrad und Anker, so leicht wie möglich sein, damit man eine lange und dünne Uhrfeder anwenden kann, um von der höchst erzielbaren Entwicklungszahl der Uhrfeder die mittlere Kraft zur Erreichung möglichst gleich großer Unruhschwingungen anwenden zu können. (Hätte z. B. die Feder fünf Entwicklungsumgänge, so verteilte sich ihre Kraft auf diese vier Federhausdrehungen; sie ist am Anfang groß, am Ende gering. Hat sie aber zehn Entwicklungsumgänge, so verteilt sich die Kraft ebenfalls auf vier Federhausdrehungen, die Kraftabnahme ist also ungleich geringer, die mittlere Federkraft viel gleichbleibender.)

Um mit dieser geringeren mittleren Federkraft möglichst gleichbleibende Unruhschwingungen zu erzielen, müssen besonders die letzten Hemmungsteile geringstes Trägheitsmoment besitzen, also Gangrad und Anker so leicht wie möglich sein. Aber so leicht und zart ausgeführte Gangräder und Anker lassen sich aus Gold nicht herstellen, einmal weil das spezifische Gewicht größer als das des Stahles ist, vor allem aber, weil besonders der Anker bei weitem nicht so dünn und zart ausgeführt werden kann wie ein Stahlanker. Aus diesem Grunde muß man die großen Vorteile des Goldgangrades und Ankers opfern, um die Präzisionsreglage so vollkommen wie möglich zu gestalten. Für Uhren, an welche man so große Gangleistungen nicht stellt, würde ich den Goldanker mit seinen großen Vorzügen beibehalten. Für alle Anker soll man für die Begrenzung einen harten, besonders in der Nähe der Ankermitte bedenklichen Anschlag vermeiden. Ich würde daher, um die Begrenzung elastisch zu gestalten, den bisher in dem Goldanker angebrachten dünnen Prellstift am Ankerarm beibehalten, der sich aber nicht in einem Loche führt, sondern zur Erzielung geringster Anlagefläche gegen exzentrische dünne Scheiben stützt, die zur Richtigestellung des Ganges entsprechend gedreht und dann befestigt (vernietet) werden können.