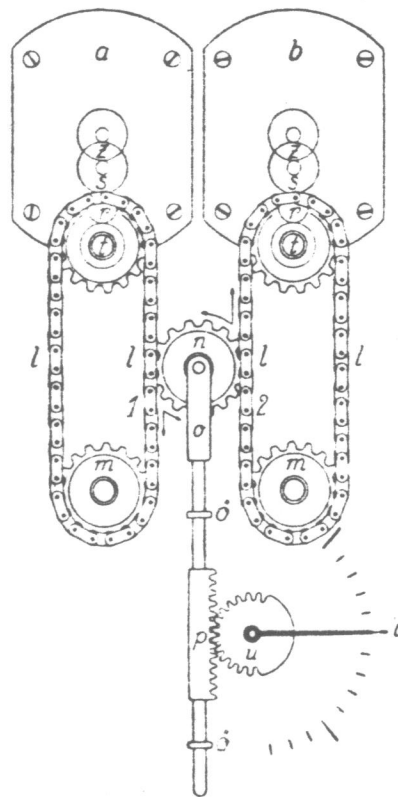


Differentialwerke

Von

Alfred Helwig

Oberlehrer an der Deutschen Uhrmacherschule
zu Glashütte i. Sa.



Verlag der Uhrmacher-Woche
Wilhelm Diebener G. m. b. H., Leipzig

Differentialwerke

Von

Alfred Helwig

**Oberlehrer an der Deutschen Uhrmacherschule
zu Glashütte i. Sa.**

Mit 20 Abbildungen



Verlag der Uhrmacher-Woche
Wilhelm Diebener G. m. b. H., Leipzig

Vorwort

Diese Abhandlung über Differentialwerke war zuerst nur für den Hausgebrauch in der deutschen Uhrmacherschule gedacht. Sie wendet sich deshalb in Ausdrucksform und -mitteln an die Jüngsten unseres Faches. Es gilt, den recht spröden Stoff in der kurzen Zeit klarzumachen, welche sich in der heutigen Uhrmacherlehre allenfalls noch erübrigen läßt. Es sollen auch einige bemerkenswerte Schülerarbeiten dieses Gebietes der Gefahr des Vergessenwerdens entzogen sein. Wenn ein größerer Kreis von Fachgenossen sich beim Anlernen des Nachwuchses gelegentlich dieses Heftes bedienen sollte, so wird der Entschluß des Verlages gerechtfertigt erscheinen, die Abhandlung in ihrer ursprünglichen Form herauszubringen, welche aus der Arbeit für die Arbeit entstanden ist.

Der Verfasser.

Glashütte (Sa.), im November 1929.

Diese sehr alten Mechanismen stellen in der Uhrmacherei, besonders in der sogenannten „höheren Uhrmacherkunst“, ein umfangreiches Gebiet vor, dessen Wichtigkeit neuerdings größer wird. Zum Zwecke der Belehrung braucht heutzutage über Differentialwerke nicht mehr so weit ausholend berichtet zu werden als noch vor etwa einem Vierteljahrhundert; denn der Ausdruck „differential“ fällt heutzutage recht häufig, besonders in Verbindung mit dem Kraftwagen, mit welchem ja jedermann irgendwie einige Fühlung hat, sei es auch nur aus technischem Interesse. In der alten Kraftfahrersprache wurde die ganze Hinterachse als „Differential“ bezeichnet. Das war natürlich ohne Sinn, jedoch aus der Entwicklung des Kraftwagens heraus betrachtet, erscheint das dem alten Fahrer nur zu sehr verständlich; denn das Differentialwerk, das in der Hinterachse enthalten ist, war in den Kindheitstagen des Kraftwagens ein Störenfried erster Ordnung und wenn in der Achse, leider nur zu häufig, ein schändlicher Radau losging, dann bildete der Bruch dieses verwünschten Differentials immer die Ursache dazu. In der Vorstellung der ersten Kraftfahrer galt die Achse selber nur als Gehäuse des so überaus wichtigen, weil empfindlichen Differentials. Dieses stellte als größte Sorge die Hauptsache vor und gab darum der ganzen Hinterachse den Namen, welcher den heutigen jungen Kraftfahrern mit Recht unverständlich erscheint. Dank dem heute angewendeten Chromnickelstahl halten die Differentialwerksteile neuerdings nicht nur eine um ein Vielfaches gesteigerte Motorkraft anstandslos aus, sondern auch alle Mißhandlungen gefühlloser Fahrer. Dem Konstrukteur von heute bereitet das Differentialwerk keine Schwierigkeiten mehr, wohl aber, ganz im Gegensatz zu früher, die Achse selber, was zu der Anordnung der immer bekannter werdenden „Schwingachsen“ führt.

Es gibt sowohl für den Kraftwagen- und Maschinenbau, als auch für die Uhrmacherei eine überaus große Anzahl von Möglichkeiten zur Konstruktion von Differentialwerken. Wer gezwungen ist, sich mit diesen Einrichtungen zu beschäftigen, der kann nichts Klügeres tun, als sich in den verwandten Berufszweigen daraufhin umzusehen, was man dort an Differentialwerken kennt. Besonders in der Uhrmacherei wurde bisher nur eine sehr kleine Anzahl dieser Werke in Betracht gezogen, und es ist Zweck dieser Abhandlung, den Gesichtskreis auf diesem Gebiet zu erweitern und zu zeigen, welche für uns neuartigen Differentialwerke in den letzten Jahren, als Einzelarbeiten und besonders als Konstruktionsaufgaben mit Erfolg ausgeführt wurden. Mögen Industrie und Gewerbe Nutzen daraus ziehen, soweit sie glauben, das nötig zu haben.

Für den Anfänger und gar für den Laien ist das Studium auf diesem Gebiet nicht gerade als leicht zu bezeichnen, und doch soll der Versuch gemacht werden, auf die Denkweise des Uhrmachers dabei eingehend, den Sinn der Differentialwerke allgemeinverständlich klarzumachen. Zahlreiche Abbildungen, welche wirklich nur Bilder sein wollen, nicht aber technische Zeichnungen, müssen dort weiterhelfen, wo die Beschreibung allein unzulänglich wird.

Ein gut deutscher Ausdruck für „Differentialwerk“ ist noch nicht festgelegt worden. Wohl wird manchmal „Umlaufräderwerk“ gesagt. Jedoch werden wir im Laufe der Abhandlung erkennen, daß dieser gute deutsche Ausdruck leider nur für einen kleinen Teil der in Frage stehenden Vorrichtungen Berechtigung hat. Bleiben wir für diesmal bei der alten, gut bekannten Bezeichnung.

Bild 1 zeigt ein von uns zu Unterrichtszwecken vorgeschlagenes Differentialwerk, an dem es ohne Zweifel möglich ist, hinter den Sinn der Sache zu kommen. Es stellen *a* und *b* zwei einander völlig gleiche, sehr kräftige Uhrwerke vor, nehmen wir an, mit Grahamgang. Da sie für unsere Erklärung unwesentlich sind, wurden in der Zeichnung die Laufwerke und Hemmungen fortgelassen, doch wird man dafür um so deutlicher die Zeigerwerke *Z,Z* erkennen. Die Stundenräder *S,S* greifen in Schalträder *r,r*, welche die Räder *t,t* antreiben. Auf den Achsen dieser Räder *t,t*, die also gleich den Stundenrädern in 12 Stunden einen Umlauf ausführen, sitzen Kettenräder, genau von der Art, wie sie jedermann von den Fahrrädern her kennt. Zwei regelrechte Fahrradketten werden durch *l,l* bezeichnet, sie laufen endlos über die auf Achsen sitzenden unteren Kettenräder *m,m*. Zwischen den Ketten sehen wir ein Kettenrad *n*. Dasselbe ist nicht auf einer feststehenden Achse gelagert, sondern in einem Kloben *o*, genau wie bei dem

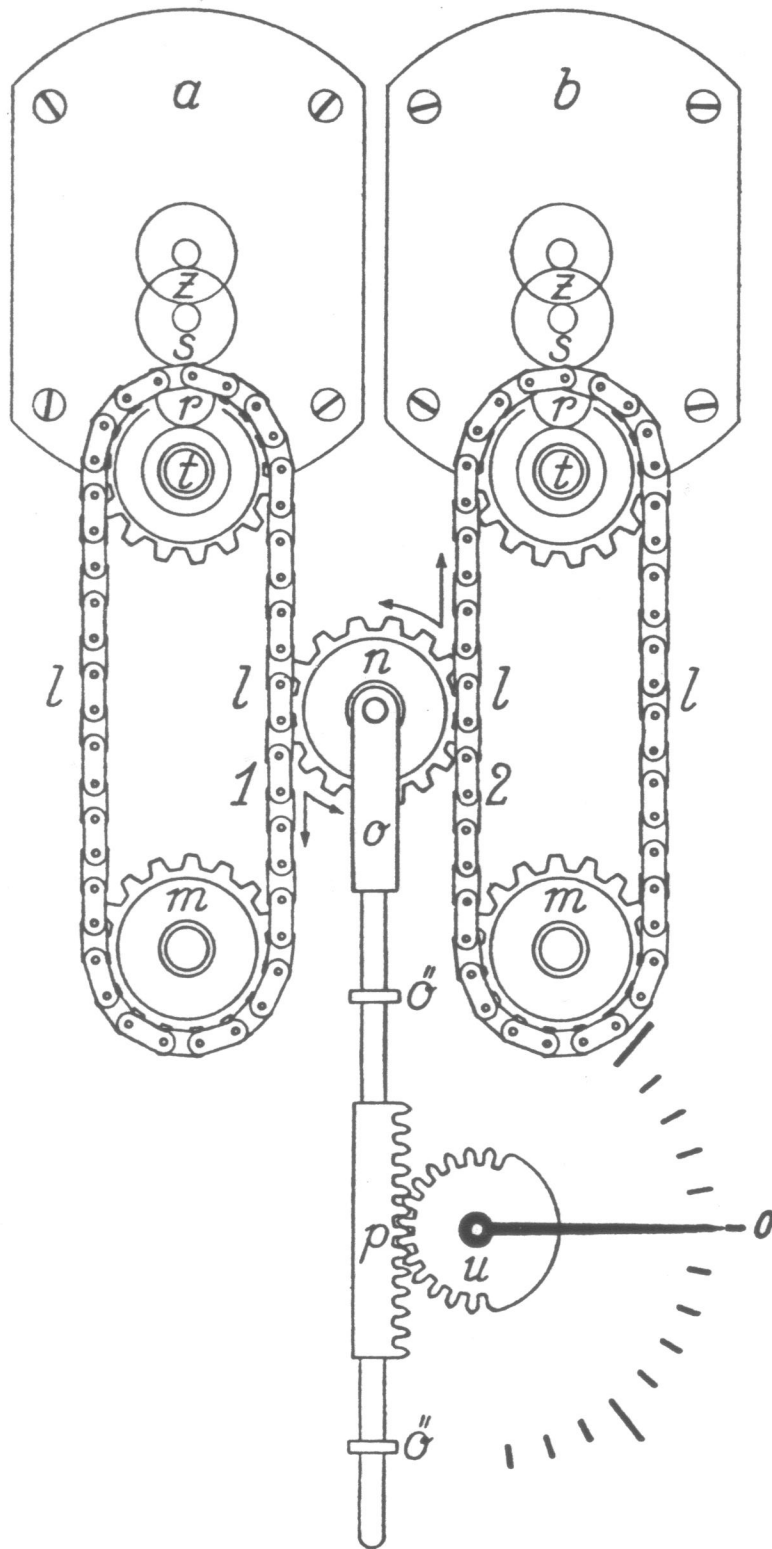


Bild 1

Flaschenzug, an dem in jedem Gewichtregulator das Gewicht hängt. Hier aber hängt an Stelle des Gewichtes die Zahnstange p , und man kann sich ganz gut denken, daß das ganze System von zwei feststehenden Ösen \bar{o}, \bar{o} in seiner senkrechten Lage gesichert wird. Es kann, geradgeführt, auf- und niedersteigen. Die Zahnstange p greift in ein Rad u ein und ein Zeiger gestattet die deutliche Ablesung irgendeiner Bewegung, welche die Zahnstange infolge Auf- und Niedersteigens des Flaschenzuges (oder Klobenrades) n ausführt.

Dem Laien macht man Differentialwerke klar, indem man zwischen zwei Lineale eine Rolle legt. Bewegt man das eine Lineal, so wird der Umfang der Rolle mitgenommen und ihre Wanderung auf dem andern Lineal zeigt das an, was man feststellen will. Diese sehr einleuchtende Vorrichtung dient unserm Lehrwerk Nr. 1 als Grundlage. Man wird sie leicht wiedererkennen.

Wenn die beiden Uhrwerke a und b gleich schnell ablaufen, so vollführen die Ketten beider Werke in gleichen Zeiten gleiche Umläufe. Der Trim 1 sinkt nieder, Trim 2 steigt auf. Das Kettenrad n wird linksherum gedreht und da die linke Kette das Rad genau um soviel zu senken sucht, als die rechte Kette es heben will, so muß sich n wohl drehen, doch wird seine Achse immer an derselben Stelle verbleiben, sich weder heben noch senken.

Nehmen wir aber an, daß wir Uhrwerk b durch Verkürzung seines Pendels schneller gehen lassen, so wird seine Kette das Rad n mehr anheben, als die andere Kette es zu senken vermag und das ganze System: Kettenrad, Kloben, Zahnstange wird gehoben, der Zeiger verläßt den Nullstrich. Er würde in diesem Falle nach unten ausschlagen und um so stärker, je größer die „Differenz“ der beiden Kettengeschwindigkeiten ist. In dem Augenblick, in welchem die Kettengeschwindigkeiten wieder gleich werden, hört die Bewegung des Zeigers auf, jedoch bleibt er auf dem erreichten Teilstrich stehen. Soll er auf Null zurückgehen, so muß zu diesem Zwecke Werk a , also die linke Kette eine erhöhte Umlaufgeschwindigkeit erhalten, oder Werk b müßte verlangsamt oder entsprechende Zeit angehalten werden.

Nehmen wir als weiteren Versuch an, daß Werk a angehalten wird, so wird die Kette des Werkes b das Rad n an der linken stillstehenden Kette hinaufrollen. Das Ansteigen des ganzen geradgeführten Systems wird mit der halben Geschwindigkeit der Kette 2 erfolgen. Daß dieses so ist, und warum es so ist, brauchte seiner Selbstverständlichkeit wegen eigentlich nicht erklärt zu werden, jedoch

müssen wir uns die Tatsache für das Verständnis der weiteren Abhandlung merken.

Jedenfalls ist es möglich, an der Zeigerbewegung festzustellen, was das eine Uhrwerk im Verhältnis zum andern macht und das ganz Besondere an der Sache ist, daß keines der beiden Werke das andere irgendwie zu beeinflussen vermag, denn der auf das zwischengebaute Rad n beiderseitig ausgeübte Einfluß tritt nur als Steigen oder Fallen des ganzen geradgeführten Systems auf, also als Zeigerausschlag; jedes Werk kann unter allen Umständen machen was es will, langsamer oder schneller gehen als das andere, stehenbleiben oder gar rückwärtsgehen.

Es wurde vorhin bemerkt, daß es unnötig erscheint, zu beweisen, daß das Klobenrad n mit der halben Geschwindigkeit der Kette 2 steigt, wenn Kette 1 stillsteht. Bild 2 vermag das auch dem Ungläubigen klarzumachen. Das Klobenrad n ist oben und unten abgebrochen, so daß man den Eindruck eines (einarmigen) Hebels erhält, dessen Drehpunkt von dem Zahn a gebildet wird, welcher gerade auf der feststehend angenommenen Kette 1 gelagert ist. Bei b greift die aufsteigende Kette 2 als Kraft an, so daß bei c der Angriffspunkt der Last liegt. Da sich die Länge ac zur Länge ab verhält wie 1:2, so muß Punkt c mit der halben Geschwindigkeit der Kette 2 ansteigen, vorausgesetzt, daß Kette 1 stillsteht.

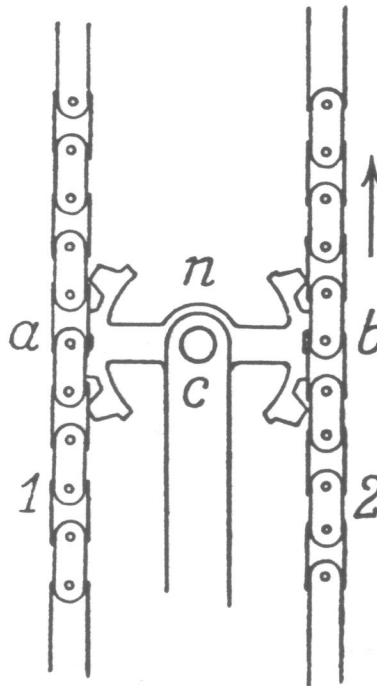


Bild 2

Eine Nutzanwendung eines Differentialwerkes der soeben beschriebenen Art stellt der Aron-Elektrizitätszähler vor. Nehmen wir für den Anfang wieder an, daß die Pendel der beiden Werke a und b (Bild 1) praktisch gleiche Schwingungszahlen haben. An dem einen Pendel (Werk b , Bild 1) sei unten ein Stück Weicheisen befestigt, welches dicht über dem einen Ende einer Spule isolierten Drahtes hinweschwingt, einem Solenoid. Solange durch diese Spule kein elektrischer Strom kreist, werden beide Pendel gleich schwingen (d. h. praktisch gleich!). Geht aber irgendein Strom durch die Spule, so wird die elektromagnetische Kraft derselben den Anker am Pendel beeinflussen und

natürlich die Schwingungszahl des Pendels ändern. Das Uhrwerk b zeigt eine Differenz zum Gang von a , und diese braucht man sich nicht mühsam aus dem Stand der Zeiger beider Uhrzifferblätter herauszurechnen, sondern der Differentialzeiger zeigt sie sofort unmittelbar an. Hört der Stromdurchgang auf, so rollen die beiden Ketten wieder mit gleicher Geschwindigkeit ab, und der Zeiger muß auf dem vorhin erreichten Punkt stehen bleiben, so daß er bei richtiger Eichung der Spule und passender Teilung des Zifferblattes auf das allergenaueste den erfolgten Stromdurchgang anzeigt. Es wird nicht nur die Zeit des Stromdurchganges angezeigt, sondern auch die Menge; denn ein schwacher Strom in der Spule beeinflußt das Pendel natürlich weniger als ein stärkerer. Der auf dem hier erklärten Prinzip beruhende Aron-Zähler ist der älteste und, wenn auch der teuerste, so doch heute noch sicherlich der genaueste Elektrizitätszähler; denn er stellt eine unbeirrbar Addiermaschine dar. Es ist nur Sache des Elektrikers, die Spule richtig zu dimensionieren und danach die Teilung des Zifferblattes einzurichten. Derjenige Teil des Zählers, den der Uhrentechniker zu entwerfen und auszuführen hat, arbeitet vollkommen zwangsläufig, also ohne irgendeine Möglichkeit einer Fehlanzeige, abgesehen vom Pendel.

Unser Zähler nach Bild 1 wäre allerdings bald am Ende seiner Tätigkeit angelangt, nämlich sobald Rad n aus dem Bereich der Ketten gesenkt wäre. Deshalb erfolgt in der Praxis der Aufbau dieses Differentialwerkes nicht auf Grund geradliniger Bewegungen, sondern alle Teile laufen im Kreise herum, besonders auch das bei unserem Versuchsmodell nach Bild 1 geradegeführte Klobenrad n . Wenn der Leser im weiteren Verlauf dieser Abhandlung den Sinn der Differentialwerke erfaßt haben wird, sollen endlos anzeigende Differentiale gezeigt werden, deren Verstehen viel schwieriger ist als unser Bild 1. Auch die Kraftwagen-differentiale sind „endlos“, anderenfalls müßte man ja den Wagen wieder rückwärts laufen lassen, wenn die Bewegung eines Differentialteiles eine Begrenzung erführe!

In der Uhrmacherei werden Differentialwerke hauptsächlich zu dem Zweck angewendet, um auch an schneckenlosen Uhren durch einen Zeiger auf dem Zifferblatt anzeigen zu können, wieweit die Uhr gerade abgelaufen ist. Wer in Mitteleuropa seßhaft ist und dabei ein regelmäßiges Tagewerk führen kann, dem erscheint ein an das Aufziehen erinnernder Zeiger an seiner Taschenuhr vollkommen überflüssig zu sein. Man zieht eben seine Uhr regelmäßig abends oder morgens auf! Das würde aber sofort ganz anders werden, wenn man sich etwa im Juni, zur Zeit der längsten Tage, eine Nordlandreise leisten würde bis in das

Gebiet der Mitternachtssonne hinein. Bekanntlich ist dort monatelang Tag und monatelang Nacht, der Begriff „morgens“ und „abends“ geht sonderlich bei bedecktem Himmel überraschend schnell verloren und damit ist ohne weiteres die Möglichkeit gegeben, daß man das Aufziehen seiner Uhr vergißt. Für die Taschenuhr eines Touristen wäre das nur eine geringe Unannehmlichkeit, für die Uhren des Schiffes dagegen, für die Seechronometer, ein großes Unglück, da ja nur die ununterbrochen im Gang bleibenden Chronometer ermöglichen, den Schiffsort nach der geographischen Länge zu bestimmen. Da die Sicherheit des Schiffes und seiner Insassen von dem ununterbrochenen Gehen der Chronometer abhängt, also in erster Linie von ihrem vollkommen regelmäßigen Aufziehen, so muß jedes derartige Instrument den Auf- und Abzeiger besitzen, den man am besten „Spannungszeiger“ nennt, da er ja das Maß der jeweiligen Zugfederspannung anzeigt.

Am Seechronometer läßt sich dieser Spannungszeiger sehr leicht betreiben. Man denke daran, daß die Schneckenwelle beim Ablaufen der Uhr genau um soviel Umgänge sich rückwärts dreht, als sie beim Aufziehen vorwärts gedreht wurde. Es wird einfach auf das Ende der Schneckenachse ein Trieb aufgesetzt, welches in ein Rad eingreift, das auf seiner Welle gleich den Zeiger tragen kann. Durch Auswahl des Übersetzungsverhältnisses wird dafür gesorgt, daß der Zeiger während eines Ablaufes keinen vollen Umlauf beschreiben kann (Bild 3); denn fiel auf dem Zifferblatt der Teilstrich des „Auf“ mit demjenigen des „Ab“ zusammen (Bild 4), dann könnte eine zweite mit der



Bild 3

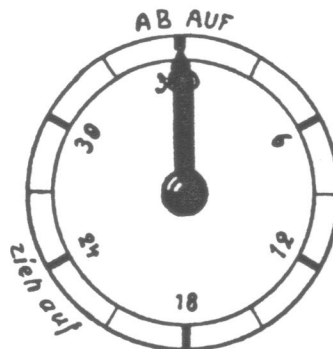


Bild 4

Wartung der Uhr vertraute Person oft im unklaren darüber sein, ob die Uhr soeben aufgezogen wurde oder ob sie gerade im Begriff ist, abzulaufen.

Leider ist bei Uhren ohne Schnecke der Betrieb eines Spannungszweigers sehr umständlich; denn man bedenke,

daß in einer Taschenuhr mit gezahntem Federhaus beim Aufziehen sich der Federkern dreht, daß er jedoch beim Ablauf mitsamt dem Aufzugmechanismus vollkommen still steht. Würde man wie bei der Schneckenuhr ein Trieb auf das Ende des Federkernes setzen, um damit das Auf- und Abrad anzutreiben, so würde sich dieses samt seinem Spannungszeiger nur beim Aufzug drehen. Beim Ablaufen der Uhr hingegen bliebe der Zeiger einfach stehen, anstatt zurückzulaufen. Müßte er doch beim Ablaufen von der Federhaustrommel, mit welcher sein Rad aber nicht im Eingriff steht, irgendwie zurück gedreht werden!

Dieses scheinbar sehr kleine Problem wird vom Anfänger meistens mit Hilfe der „Reibung“ zu lösen versucht. Einen ähnlichen, ja gleichen Fall glaubt man doch schon

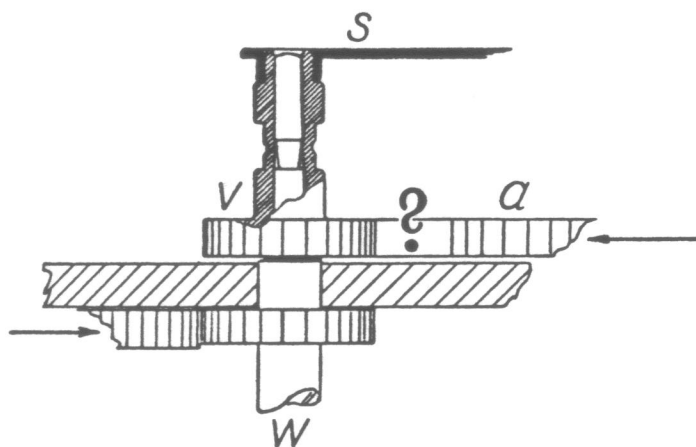


Bild 5

in jeder Uhr mit Bügelaufzug vorliegen zu haben in Gestalt des Minutenzeigers. Dieser kann doch auch von zwei Seiten her bewegt werden, nämlich einmal vom Minutentrieb aus, während die Uhr geht, und zum andermal von der Aufzugkrone aus, indem man die Zeiger stellt. Es sind genug Auf- und Abwerke konstruiert worden, welche nach diesem Grundgedanken arbeiten sollen. Bei ihnen läßt man vom Aufzug den Spannungszeiger in derselben Weise mitnehmen, wie der Minutenzeiger vom Großbodentrieb aus mitgenommen wird, also als Ganzes. Beim Gehen der Uhr aber wird der Spannungszeiger rückwärts gedreht, indem ein viertelrohrartiger Teil, auf dem der Zeiger sitzt, unter Überwindung der Reibung (die ja Viertelrohre auf ihrer Welle haben) von einem Laufwerksteil aus zurückbewegt wird, etwa von der Federhausverzahnung aus unter Zwischenschaltung von verlangsamenden Rädervorgelegen.

Hier scheint eine Art Denkfehler vorzuliegen. Ist es nicht töricht, die Reibung, welche dieses System nun einmal als Charakteristikum hat, während des Gehens der Uhr überwinden zu lassen, die „bewegende Kraft“ also zu schmälern? Sollte man nicht umgekehrt konstruieren und die Reibung vom Aufzug überwinden lassen?

Anfänger segeln auf dieses Ziel los. Eine Warnung bilde Bild 5. Eine durch Vorgelege vom Federhaus angetriebene Welle w rage auf der Zifferblattseite aus dem Werk heraus, an derjenigen Stelle, an welcher man den Spannungszeiger s zu haben wünscht. Die Welle vollführe infolge Zwischenschaltung verlangsamer Vorgelege einen Umlauf von nur $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ Umgang (Bild 3) während der gesamten Gangdauer der Uhr, also während 32 oder 36 Stunden. Auf dieser vorstehenden Welle sitze mit sanfter Reibung ein Viertelrohr v , das erst den Spannungszeiger trägt. Der Antrieb des Zeigers beim Gehen der Uhr würde wie gewünscht reibungslos erfolgen, jedenfalls ohne die Reibung des Viertelrohres auf der Welle. Der junge Konstrukteur, der bis hierher mit seiner Erfindung zufrieden sein könnte, hat nunmehr dafür zu sorgen, daß während des Aufzuges irgendein Aufzugrad, auch unter Zwischenschaltung verlangsamer Vorgelege, in die Verzahnung von v eingreift, damit der Spannungszeiger s zurücklaufe, indem die Reibung des Viertelrohres auf der Welle w überwunden wird. Denn zum Überwinden der charakteristischen Reibung dieser Art Auf- und Abwerke ist doch die Energie des Aufzuges viel geeigneter als diejenige des Ablaufes! Irgendein hier oft angewendeter Schaltmechanismus, welcher bei Beginn des Aufzuges das Rad a in die Verzahnung von v einrückt, kann nicht in Frage kommen, da der unvermeidliche „tote Gang“ einer derartigen Einrück-Vorrichtung sofort Anzeigefehler zur Folge hat. Läßt man aber Rad a dauernd in v eingreifen, dann wird der ganze Aufzugmechanismus vom Laufwerk der Uhr rückwärts gedreht, sofern die Reibung zwischen Viertelrohr v und Welle w groß genug ist. Wenn das der Fall ist, wird die Uhr stehenbleiben. Ist aber die Reibung gering genug, so wird sie vom Laufwerk zwar überwunden, jedoch mit dem unerwünschten Ergebnis, daß der Zeiger s stehenbleibt, da ja sein Viertelrohr vom Aufzug festgehalten wird.

Diese soeben beschriebene Anordnung ohne vermeintlichen Denkfehler darf man also keinesfalls anwenden, und diejenige mit Denkfehler ist gar nicht besser. Es lohnt darum nicht, sie zu beschreiben, es mag an der einen Warnung vor „Auf- und Abwerken mit Reibung“ genug sein. Nur noch etwas Grundsätzliches gegen die „Reibung“, werde sie mit oder ohne Schaltwerk (Einrückwerk) angewendet.

Alle Werke dieser Gattung sind keine Zwangslaufmechanismen, da der Zeiger sich tatsächlich nicht „zwingen“ läßt, dauernd genau anzuzeigen. Das Warum wird einem so gleich klar, wenn man den Minutenzeiger einer beliebigen Taschenuhr mit Bügelauzug auf den Teilstrich genau einstellen will. Jedesmal wenn man

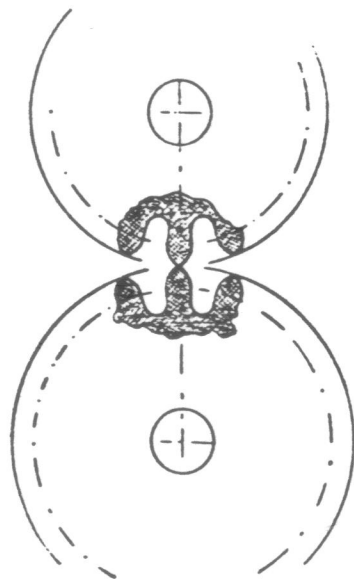


Bild 6

nach vermutlich ganz genauem Einstellen die Krone losläßt, weicht der Minutenzeiger deutlich zurück, sei es infolge der Torsion der Zeigerwelle oder sei es, daß man in der Überwindung der Viertelrohrs-Reibung eine Art Gesperrwirkung erblicken kann. Bedenkt man, daß ein auf dem Grundgedanken der Reibung aufgebautes Auf- und Abwerk diesem zweifellosen Einstellfehler bei jedem Aufzug unterliegen muß, so kann man sich sehr gut denken, wie bald ein solches Auf- und Abwerk einen immer größer werdenden Fehler in seinen Angaben aufweisen muß. Da die täglichen Fehler immer in der gleichen Richtung auftreten, so muß ihre Addition eintreten und ein gelegentlicher Ausgleich ist darum unmöglich. Wenn beim Einschalten der Fall nach Bild 6 eintritt, so entsteht womöglich ein Fehler von einer ganzen Zahnstärke, wenn die Zahnspitzen nach der falschen Seite zu aneinander abgleiten. Zahlreiche Fachgenossen haben sich mit den Reibungs-Auf- und Abwerken beschäftigt, jedoch mit vollständigem Mißerfolg; jedenfalls ohne dauernden Erfolg. Man lasse die Hände weg von diesem Gebiet und beschäftige sich ausschließlich mit den Differential-Auf- und Abwerken, da nur sie die volle Anzeigegenauigkeit für ewige Zeit verbürgen.

Daß die Reibungs-Auf- und Abwerke überhaupt etwas eingehend erwähnt wurden, geschah, um ausdrücklich klarzustellen, daß sie keine Differentialwerke sind.

Gerade den Differentialwerken suchen die Konstrukteure, wenn sie Auf- und Abwerke in schneckenlose Uhren zu bauen haben, meistens sorgfältig aus dem Wege zu gehen, da sie in der Tat nicht gerade einfach sind. Aber noch verwickelter werden die Reibungs-Auf- und Abwerke, wenn sie einigermaßen vollkommen sein sollen, und auch die besten ihrer Art lassen Anzeigefehler zu.

— 14 —

Versuchen wir, uns den Sinn und die Wirkungsweise eines Differential-Auf- und Abwerkes in einer Uhr ohne Schnecke klarzumachen. Das könnte also eine Taschenuhr üblicher Art sein, die ein sogenanntes fliegendes Federhaus, mit Zähnen, hat.

Bild 7 stellt auch ein Differentialwerk vor, welches gerade die Eigenart der in Taschenuhren zu bewältigenden Schwierigkeiten anschaulich machen kann. Es stellt w einen Wasserbehälter vor, der gerade ungefähr zur Hälfte gefüllt ist. Ein Rohr z bildet den Zufluß des Wassers, ein Rohr a ermöglicht den Abfluß. In jedem Rohr befindet sich eine sogenannte Drosselklappe d_1 und d_2 , also Hähne, die die Menge des durchfließenden Wassers zu regeln gestatten. Man beachte, daß die Klappe d_1 in Rohr z senkrecht steht. Der Zufluß des Wassers wird durch sie nicht gedrosselt und es fließt darum in größtmöglicher Menge zu. Die Klappe d_2 hingegen steht ein wenig schräg, drosselt darum den Abfluß und der Behälter w muß sich füllen, und zwar gewissermaßen mit demjenigen Wasser, das die Differenz zwischen Zu- und Abfluß bildet. Der Schwimmer s bewegt mit seiner Zahnstange a das Rad r und Zeiger u ist hier zwar zunächst ein Wasserstands-

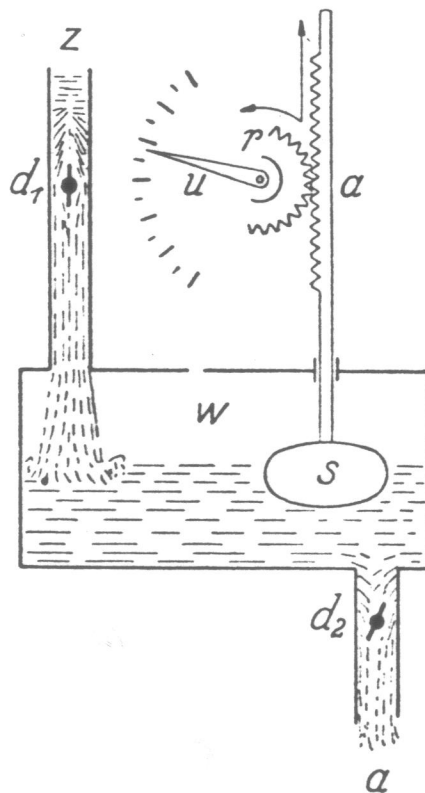


Bild 7

anzeiger, aber auch ein Differentialzeiger, indem er die Differenz zwischen Zu- und Abfluß anzeigt.

Wir können uns vorstellen, daß der austretende Wasserstrahl nach Bild 8 eine Art Turbine T antreibt, allerdings mit der geringen Geschwindigkeit von nur einem einzigen Umgang in acht Stunden. Die Schaufeln der Turbine müßten vollkommen gegen das Gehäuse abgedichtet sein und sich dennoch leicht bewegen lassen. Wenn das auch in der Praxis fast ans Unmögliche grenzt, so kann man es sich zwecks Klarmachens einer Idee jedoch ohne weiteres denken. (Die „Voraussetzung“ beim Beweisen der

Lehrsäge!) Die Welle der Turbine müßte zugleich die Federhauswelle irgendeines Uhrwerkes bilden, das natürlich dank der durch das abfließende Wasser zugeführten Energie in Gang gesetzt würde.

Wir stellen uns vor, unsere gedachte Wasser-Räderuhr sei beinahe abgelaufen, der Wasserbehälter sei fast leer,

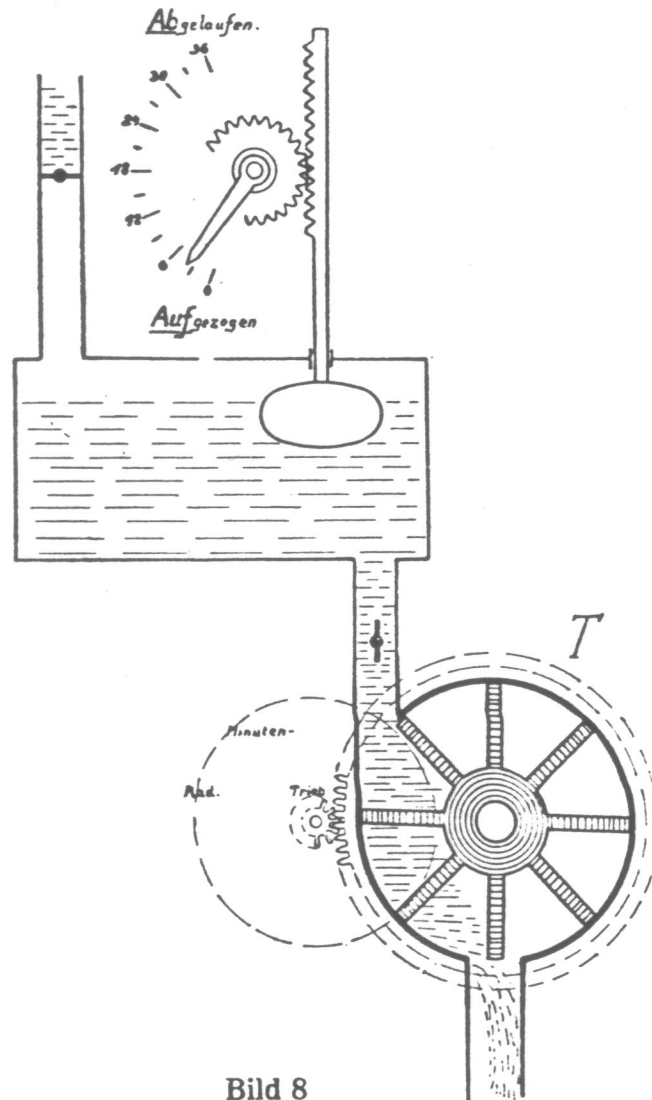


Bild 8

der Schwimmer befinde sich darum weit unten und der Zeiger weise in der Nähe von „Ab“. Wir ziehen auf, indem wir Wasser zufließen lassen. Der Schwimmer *s* wird gehoben und unser Auf- und Abzeiger wandert genau in dem Maße, wie aufgezogen wird, auf seiner Teilung dem „Auf“ zu. Selbst, wenn ich den Aufzug nur um einen einzigen Zahn betätige, wenn ich auch nur einen Schluck

Wasser zuführe, so wird und muß der Spannungszeiger ansprechen, und wenn die Uhr auch nur eine Sekunde geht, muß der Schwimmer sinken. Hier besteht vollkommener Zwangslauf! Hier haben wir ein wahrhaftiges Differentialwerk! Es ist so zwingend einleuchtend, auf welche Weise es funktioniert, daß man jede Scheu vor diesen manchmal sehr geheimnisvollen Konstruktionen nunmehr verlieren sollte.

Daraufhin müssen wir feststellen, daß es viele Differentialwerke gibt, an denen wir achtlos vorbeilaufen. Jede Talsperre, deren Wasserspiegel sich hebt und senkt, ist eins davon; denn die wechselnde Höhe des Wasserstandes ist das Abbild der „Differenz“ zwischen Zu- und Abfluß. Eine Akkumulatorenbatterie kann auch ein Differentialwerk vorstellen, sofern sie als Pufferbatterie gebraucht wird (Dauerladung bei elektrischen Uhrenanlagen!), d. h. also, wenn sie gleichzeitig geladen und entladen wird. Der Auf- und Abzeiger wird vom Aräometer dargestellt, welches die augenblickliche Säuredichte anzeigt. Ihre Schwankungen sind das getreue Abbild der „Differenz“ zwischen Ladung und Entladung. Jeder Gasbehälter in der Gasanstalt zeigt durch „Auf“-steigen oder „Ab“-fallen die „Differenz“ zwischen Zufluß aus den Retorten und Abfluß ins Leitungsnetz an. Schließlich ist die Buchführung des Kaufmannes ein sehr einleuchtendes Beispiel eines Auf- und Abwerkes; denn das Steigen oder Fallen des durch die Buchführung feststellbaren Vermögensstandes zeigt überzeugend deutlich die „Differenz“ an zwischen Zufluß und Abfluß des Geldes! Und die Höhe des Barbestandes in der eigenen Briefftasche! Das „Auf“ am Monatsersten und das „Ab“ gleich hinterher. Auch hier ist der Zugang mit dem Aufziehen zu vergleichen und der Abfluß des Geldes mit dem Ablaufen einer Uhr. Bei dieser Briefftaschenuhr mit Differential-Zeiger müßte man ein Drosselventil haben nach Art von d_2 im Abflußrohr a in Bild 7. Wie wollte man den Ablauf drosseln! Oder noch besser ein Zuflußrohr von vielfacher Leistungsfähigkeit. Der Behälter, die Briefftasche könnte dauernd überlaufen!

Alles das sind aber keine Räder-Differentialwerke. In der Räderuhr, so glaubt man, können nur Räder-Differentialwerke in Frage kommen. Dem ist nicht unbedingt so. Die Aufmerksamkeit der Uhrmacherschaft sei auf eine seltenere Art von Differentialwerken hingelenkt, die aber gerade für Uhren sehr geeignet sind, nämlich auf die Schrauben-Differentiale.

Im allgemeinen sind die Differential-Auf- und Abwerke große Plaßverbraucher, sie machen die Uhr meistens dicker, oder sie zwingen, wichtige Teile des Laufwerkes zu verkleinern, mindestens aber werden wichtige Lager, meistens

diejenigen des Aufzuges und des Minutentriebes, manchmal gefährlich verkürzt. Für werdende Uhrenkonstruktoren sind Auf- und Abwerke sehr geeignet, das Denken anzuregen, da Uhren mit Differentialwerken niemals gestatten, in ausgetretenen Bahnen zu konstruieren.

Die ideale Lösung würde erreicht sein, wenn kein einziger Teil in der Uhr irgendwie in seinem Platzbedarf behindert würde und wenn kein Zapfen und kein Lager verkleinert zu werden brauchte, kurz, wenn das Differentialwerk ganz und gar mit demjenigen Raum sich begnüge, den die andern Teile übriglassen. Wenn man diese Lösung haben wird, dann ließe sich in jede Taschenuhr ein Differential-Auf- und Abwerk einbauen. Heute ist es aber noch nicht so weit.

Man sieht an dem Wasserdifferentialwerk in Bild 8 und an dem Kettenwerk nach Bild 1, daß diese Mechanismen durchaus nicht an die Anwendung von Stirn- oder Kegeln gebunden sind. Wir griffen für unsere im Bau befindlichen wissenschaftlichen Uhren die erwähnte alte Idee auf: die Schraubenspindel und die Mutter als Differentialmechanismus. Bild 9 zeigt das Grundsätzliche. In einem

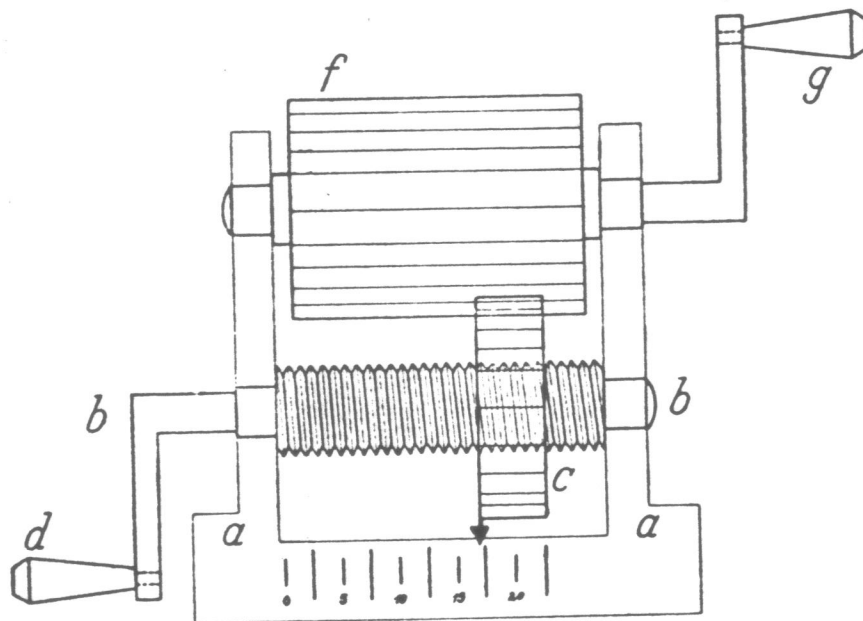


Bild 9

einfachen Gestell *a, a* ist eine Schraubenspindel *b* gelagert, die durch eine Kurbel *d* gedreht werden kann. *c* ist ein Stirnrad, das in seiner Bohrung das Muttergewinde enthält. Mit seiner Verzahnung greift Rad *c*, also die Schrauben-

mutter, in die Zähne des langen Triebes f ein, welches durch seine Kurbel g gedreht werden kann. Die Vorgänge, die sich hier abspielen können, sind überaus einfach: Wir halten die Kurbel g fest und drehen d . Es ist kein Widerstand vorhanden; denn die Schraubenmutter c kann auf der Spindel hin- oder herwandern, je nach der Drehrichtung. Die Zähne des Triebes f bilden die Führung für die Zähne der Mutter c , sie kann sich demnach nicht mit der Spindel b drehen, sondern sich nur auf der Spindel entlang schrauben lassen. Ebenso ist es, wenn ich die Schraubenspindel b mittels ihrer Kurbel d festhalte, und ich drehe mittels der Kurbel g das lange Trieb f . Werden beide Kurbeln genau gleich schnell gedreht, so muß die Mutter c stehen bleiben, dagegen fängt sie langsam zu wandern an, sofern die Umdrehungsgeschwindigkeit der einen Kurbel sich gegen die andere irgendwie ändert. Daß der richtige Drehsinn bei der Betätigung der Kurbeln gewahrt werden muß, ist selbstverständlich. Es gibt hier also die Stellung der gezahnten Schraubenmutter c an, etwa auf der Skala, um wieviel die an den Kurbeln wirkenden Umdrehungsgeschwindigkeiten voneinander abgewichen sind. Auch hier sehen wir auffallend deutlich das für vollwertige Differentialwerke Eigentümliche, indem sowohl die Spindel b , als auch das lange Trieb f jedes für sich machen können, was sie nur wollen.

Dieses so einfache Differentialwerk wäre das richtige für den elektrischen Selbstaufzug von Grammophonlaufwerken. Die hin- und herwandernde Mutter hätte, wenn sie vom Ablauf etwa durch Vermittlung des Triebes am rechten Ende der Gewindespindel ankäme, den Strom für den Elektromotor einzuschalten, um ihn erst wieder auszuschalten durch ein Gestänge, wenn die Mutter infolge beendeten Aufzuges links angekommen ist. Der Antrieb durch Zugfederlaufwerk mit elektrischem Aufzug ist nämlich gleichmäßiger als der direkte durch Elektromotor. Für ähnliche Zwecke müßte dieses Schraubendifferential vielseitige Verwendung finden können.

Wir stellen uns vor, daß an der Gewindespindel b irgendein Rad des Aufzuges einer normalen Taschenuhr dreht und am Trieb f ein Laufwerksteil, etwa der Zahnkranz des Federhauses, so ist nur die jeweilige Stellung des Rades c auf dem Zifferblatt anschaulich zu machen und das einfachste Differential-Auf- und Abwerk ist fertig. Aber es ist gerade das schwierigste, diese auf- und absteigende, oder um im Sinne von Bild 9 zu reden, diese hin- und hergehende Bewegung der gezahnten Mutter c in eine kreisförmige Zeigerbewegung umzuwandeln.

Bild 10 stellt eine Anwendungsform vor, wie sie in schneckenlosen Seechronometern früher bisweilen zu finden war. Sie ist zwar mechanisch überaus einfach, jedoch in der Höhe stark raumverzehrend, weshalb sie in dieser Form für Taschenuhren nicht in Frage kommt; denn von der übertriebenen Dicke des Gehäuses hätte die Zugfeder keinen Zuwachs an Breite zu erwarten. Der Federkern trägt ein Gewinde. Auf ihm sitzt die Schraubenmutter *b*, die hier die Form eines abgestumpften Kegels hat. Sie weist ein Loch *c* auf, in das ein im Federhausboden sitzender Stift *d* hineingelangt. Die Wirkungsweise ist überaus einfach. Dreht man den Federkern beim Aufzug rechts herum, so sucht sich sein Gewindeteil *a* in das Muttergewinde des Kegels *b* hineinzuschrauben; denn *b* wird ja durch den Stift *d* am Mit-

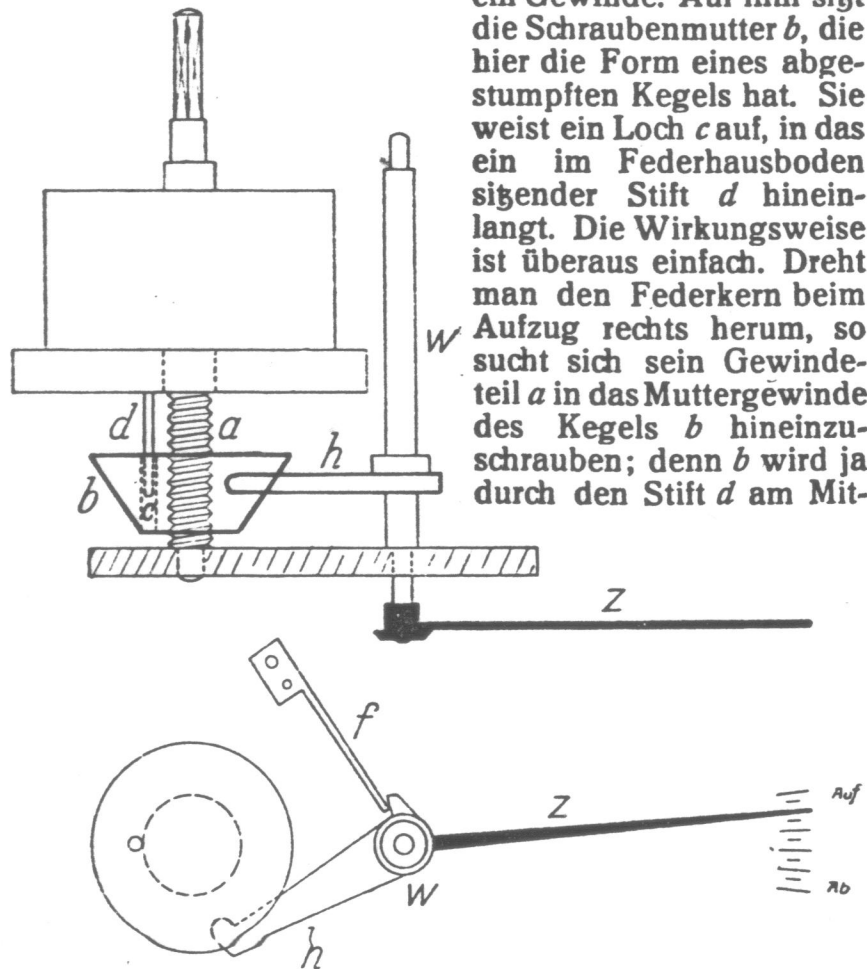


Bild 10

drehen verhindert. Der Kegel *b* muß also durch Rechtsdrehung des Federkernes zu dem Federhaus emporsteigen. Beim Ablauf steht natürlich der Kern fest, aber das Federhaus dreht sich, und gleich einer Mitnehmerrolle des Drehstuhles nimmt es mittels des Stiftes *d* den Kegel *b* mit, ihn auf der Gewindespindel wieder herunter drehend. Die Höhenstellung des Kegels zeigt mithin unzweifelhaft den Grad der Spannung der Zugfeder an, und es gilt nur, diese jeweilige Höhenstellung auf dem

Zifferblatt anschaulich zu machen. Das besorgt ein ganz einfacher Hebel. Auf einer Welle w sitzt ein Fühlhebel h , der unter dem sanften Druck einer Feder f auf dem Kegelmantel gleitet und seine Stellung abfühlt. Es ist klar, daß die Achse w eine Drehung ausführen muß. Diese ist nicht sehr groß, da sie ja nur von dem Unterschied der Achsenabstände in Anfangs- und Endstellung abhängt. Immerhin aber ist der Ausschlag des Zeigers z deutlich genug und es wäre ein Leichtes, ihn durch Rad und Trieb beliebig zu vergrößern. Dieser Mechanismus läßt an Einfachheit wirklich nichts zu wünschen übrig, und es ist nur seine sehr bedeutende Bauhöhe, die ihn in dieser Form für die Taschenuhr unmöglich macht. Selbst im Sechronometer entstanden ungünstig lange Triebwellen und das Gehäuse sah eher einem Rohr ähnlich als einem kapselartigen oder dosenähnlichen Gebilde. Die kardanische Aufhängung erhielt Riesenausmaße, da ja das nach unten all zu lang hängende Rohr durch den Kardanring hindurchgehen mußte, schon des Aufziehens wegen.

Weiter erübrigt dieses an sich famose Schraubendifferentialwerk die Malteserkreuzstellung. Wir können doch am Federkern nur solange aufziehen, bis die kegelförmige Mutter am Federhaus anrennt, und das Ablaufen findet seine Begrenzung, wenn das Federhaus vom Stift d angehalten wird in dem Augenblick, in dem die hinten angeschraubte Mutter an die Werkplatte rennt. Dabei sind dem Federhaus so viele Umläufe gestattet, als Gewindegänge von der Mutter nicht bedeckt sind. Wenn man von dieser Eigenschaft der Einrichtung, „Stellung“ oder richtiger „Sperrung“ zu sein, Gebrauch machen will, so entstehen allerdings einige Unzuträglichkeiten beim Zusammensetzen des Federhauses, bzw. des Werkes. Doch versteht man, sie zu umgehen.

Daß im Ernste eine Stellung (Sperrung) nicht in Frage kommt, die durch Anrennen der Kegelmutter wirkt, braucht kaum erklärt zu werden; denn gesetzt den Fall, man hätte recht kräftig aufgezogen und die Mutter wäre heftig ans Federhaus angerannt und hätte sich ziemlich festgesetzt, so dürfte es dem Mitnehmerstift d recht schwer fallen, den Kegel wieder zu lösen. Unter Umständen bleibt die Uhr sofort stehen, mindestens aber geht dem Laufwerk und mithin der Unruh diejenige Energie verloren, die das Federhaus zum Abschrauben der fest angezogenen Kegelmutter aufwenden muß. Das ergäbe mindestens einen Reglagefehler.

Bild 11 zeigt die tatsächliche Anordnung des Mechanismus, wenn er als Stellung (Sperrung) mit verwendet wird. In dem Kegel sitzen noch die beiden kurzen Stifte h und m .

Am Ende des Gewindes sitzt auf einem Viereck die Spule *o*, die auch einen kurzen Stift *n* trägt, ebenso wie ein Stift *l* im Federhausboden sitzt. Zieht man auf, und der Kegel steigt, so ist durch richtiges Anordnen der Stifte dafür gesorgt, daß kurz vor dem Anrennen der Mutter ans Federhaus die Stifte *l* und *h* die Sperrung übernehmen, und da das in tangentialer Richtung erfolgt, so ist eine Verklebung, wie beim Festziehen der Mutter, nicht möglich.

Derselbe Vorgang tritt ein beim Ablauf. Bild 12 macht das klar. Hier soll noch besonders gezeigt werden, wie einen Umgang vor der Sperrung die Stiften gerade noch sicher übereinander hinweggehen. Infolge Sperrens in der Tangente ist diese Stellung der Malteserkreuzstellung überlegen.

Ein solches Schraubendifferential-Auf- und Abwerk in Verbindung mit der soeben gezeigten Sperrung bauten wir in ein Tischchronometer von 55 mm Durchmesser ein, D. U. S. Nr. 3348 Schüler Ingve Lindvall, Ystad, Schweden, 1926.

Ein Auf- und Abwerk nach derselben Idee, d. h. mit Schraubenspindel und -mutter zeigt Bild 13. Die deutlich sichtbare Schraubenspindel trägt auf der Oberplattenseite das Rädchen *a*, das mit seiner Verzahnung zu derjenigen des Aufzuges paßt. Es hat 14 Zähne und wird beim Auf-

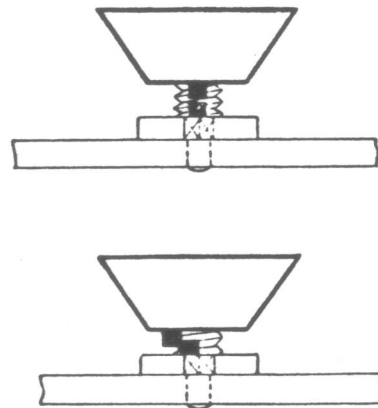
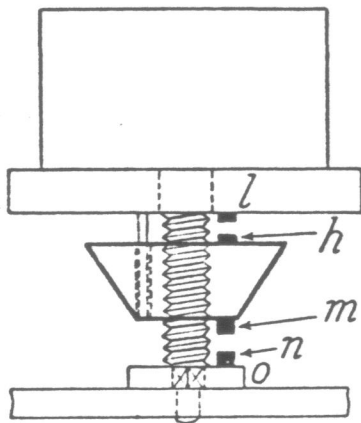


Bild 12

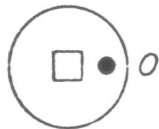
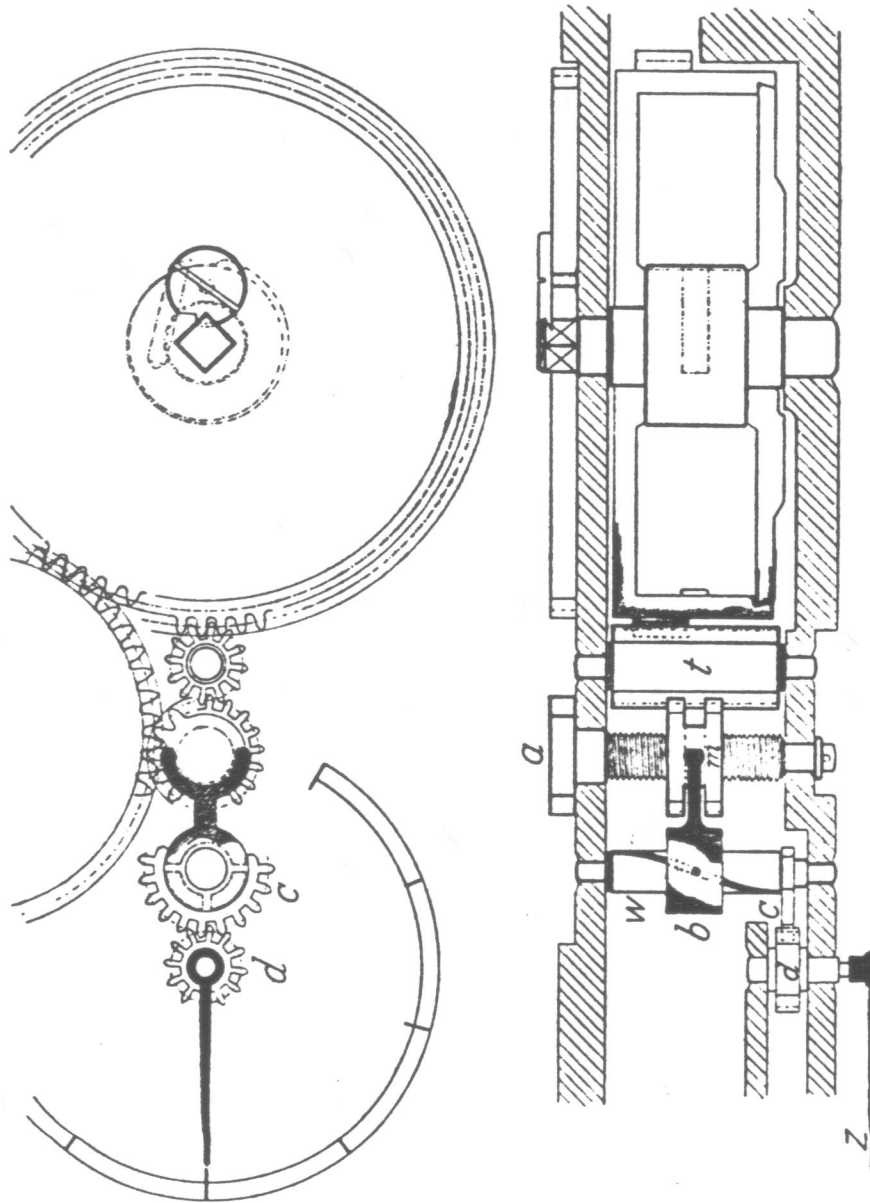


Bild 11

ziehen vom kleinen flachen Aufzugrad gedreht. Das Übersetzungsverhältnis zwischen dem großen Aufzugrad und dem Rädchen *a* beträgt 1 : 5, so daß die Schraubenspindel bei vier Umgängen des

Federstiftes 20 Umdrehungen ausführen muß. In Bild 13 ist ersichtlich, daß tatsächlich 20 freie Umgänge der Gewindenspindel zur Verfügung stehen. Der eine Umgang, der noch

als Überschub vorhanden ist, bewirkt, daß die Mutter nicht unten oder oben anrennen kann, da die Malteserkreuzstellung des Federhauses kurz vor dem Festschrauben in Tätigkeit tritt. Es geht auch aus Bild 13 deutlich hervor, daß der



Zahnkranz des Federhauses in ein langes Trieb *t* eingreift, dessen Wirkungsweise wir von unserer Versuchsanordnung nach Bild 9 her genau kennen. Dieses Trieb *t* schraubt während des Gehens der Uhr die Mutter *m* wieder hinunter und da die Zahnzahl der Mutter 20 beträgt, diejenige des Federhauses aber 100, so vollführt bei dem Übersetzungs-

verhältnis von 1 : 5 die Mutter während der vier Federhausumgänge 20 Umdrehungen, also genau soviel wie beim Aufzug.

Für unsern jungen Konstrukteur war das Problem zu lösen, die vertikale Bewegung der Mutter m in die notwendige horizontale des Zeigers z umzuwandeln. Es wurde zu diesem Zweck eine Welle w angeordnet, die eine Nut aufweist. Diese ist in Form eines außerordentlich steilen Gewindganges eingefräst und wie man sieht, kommt auf die ganze Länge der Welle nur ein halber Umgang Gewinde. Auf dieser zylindrischen Welle gleitet eine sauber aufgeschliffene Büchse b und im Innern derselben ragt ein Stift in die Nut hinein. Nun wird klar sein, daß die Welle w sich drehen muß, beinahe einen halben Umgang, wenn die Büchse b auf- und niedersteigt. Diese vertikale Bewegung erhielt die Büchse durch Vermittelung einer Art Gabel, die in eine Nut der Mutter m greift, was das Bild 13 mit voller Deutlichkeit klarmacht. Durch die Nut wird die Mutter gewissermaßen in zwei Einzelrädchen geteilt, was aber ihr sauberes Eingreifen in das lange Trieb t in gar keiner Weise beeinträchtigen kann. Die nur knapp einen halben Umgang betragende Drehung der Nutenwelle w wird durch Rad und Trieb vergrößert, so daß der Zeiger den gewünschten Ausschlag von $\frac{1}{5}$ Umgang erhält. Diese Übersetzung gestattet, den Spannungszeiger auf seine notwendige Stelle im Zifferblatt, unter die Ziffer zwölf zu setzen. Außerdem kommt dabei der gewünschte Drehsinn des Spannungszeigers heraus, nämlich rechts herum beim Ablauf. In den ausgeführten Uhren sind die Teile c und d , die Übersetzungsteile, viel größer. Im Bilde wurden sie der Raumersparnis wegen verkleinert.

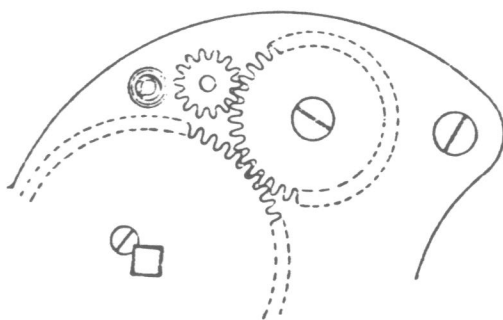


Bild 14

Dieses vollkommene Differential - Auf- und Abwerk besteht aus sehr wenigen Teilen, und diese sind überaus einfach. Das beste an der Anordnung ist aber der bescheidene Raumbedarf. Bild 13 zeigt, daß die Uhr nicht dicker wird, als es das Federhaus vorschreibt. In

horizontaler Ausdehnung ist der ganze Mechanismus mit dem winzigen Raum zufrieden, der zwischen dem kleinen und dem großen Aufzugrad und dem Plattenrand bei jeder Uhr unausgenutzt bleibt (Bild 14). Die schon erwähnte Notwendigkeit, die erzielte Bewegung zu vergrößern, zwingt

zur Anwendung eines Rechens, der ohne Schwierigkeiten bis in die Gegend der Verbindungslinie zwischen der Ziffer zwölf und der Zifferblattmitte greift. Das Rädchen, in das dieser Rechen eingreift und das natürlich den Spannungszeiger trägt, sitzt auf einem Anrichtstift, der durch die Lagerung (Schraube) des Stahlwechselrades gebildet wird. Dieses Differentialwerk erfüllt in schlechtweg vollkommener Weise die Forderung, daß es keinen Teil, aber auch wirklich keinen einzigen Teil der Uhr, weder des Aufzuges noch des Laufwerkes in irgendeiner Weise auch nur im allergeringsten behindert. Es ist in jeder normalhohen Uhr ohne weiteres anwendbar. Wir bauten es zuerst 1926 in ein Taschenchronometer von 48 mm Plattendurchmesser und 8,5 mm Gestellhöhe ein. Das Gewinde ist allerdings ein wirkliches Feingewinde; denn es weist auf 6 mm Spindellänge 28 Umgänge auf! Doch ließ es sich auf einer kleinen LS & Co Leitspindeldrehbank leicht herstellen. Der Erbauer der ersten Uhr dieser Art ist unser Schüler Heinz Wassermann aus Medewitzsch, D. U. S. Nr. 3349, Jahrgang 1926.

Neuerdings werden von zahlreichen Stellen Taschenuhren verlangt, welche den Leistungen der Seechronometer recht nahe kommen sollen, hauptsächlich für Forschungsreisen zu Lande, sehr zahlreich für manche Vermessungsarbeiten, nicht zuletzt auch für die Zwecke der Luftfahrt. Diese sogenannten „wissenschaftlichen Uhren“ müssen vollkommene Auf- und Abwerke haben, und da die Gehäuse keinesfalls flach zu sein brauchen, so lassen sich auch Differentialwerke einbauen, die einige Ansprüche an Raum stellen. In diesen großen Uhren (55 mm Durchmesser) wendeten wir häufig den Urtyp aller Räder-Differentiale an, der in Bild 15 dargestellt ist. Wir wollen den Aufbau dieses sogenannten Kegelrad-Differentiales kennen lernen, indem wir es aus seinen Einzelteilen zusammensetzen. In Bild 16 sehen wir eine Welle w , an der, aus dem Vollen gefertigt, rechts seitlich ein Stift herausragt. Das Kegelrad a steht schon bereit. Wir stecken es auf den Seitenstift, auf dem es sich lose dreht, gesichert durch einen Vorsteckstift. Weiter stecken wir das Kegelrad b auf, das sich auch lose drehen muß und sichern auch durch einen Vorsteckstift. Wir erhalten das, was Bild 17 zeigt.

Wir wollen Rad b an seiner Stirnradverzahnung mit den Fingern festhalten und Rad a drehen, indem wir unten bei k mit einem Finger rollen. Rad a wird sich auf b fortrollen und zweifellos die Welle w drehen, da ja der Seitenstift der Welle, auf dem das gerollte Rad sitzt, rund herum schwenken muß. Anstatt mit dem Finger an der Kante k zu rollen, steckt man jetzt Rad c auf und damit kann man

endlos rollen. Jede Differenz in der Drehung der Räder *b* und *c* äußert sich in einem Herumschwenken des Rades *a*, wobei es die Welle *w* selbstverständlich drehen muß. Das Rad *a* umkreist das System wie der Mond die Erde. Es wird darum als Trabantenrad bezeichnet.

In Bild 15 steht Kegelrad *c* mittels seines Stirnrades *d* mit dem Aufzug in Verbindung und Kegelrad *b* auf dieselbe Weise mit dem Laufwerk. Durch Trieb *e* und Rad *f* wird die Umdrehungszahl von *w* genügend verlangsamt, damit der Zeiger seinen gewünschten $\frac{1}{6}$ Umgang ausführen kann. Differentialwerke dieser Art wurden von unsern

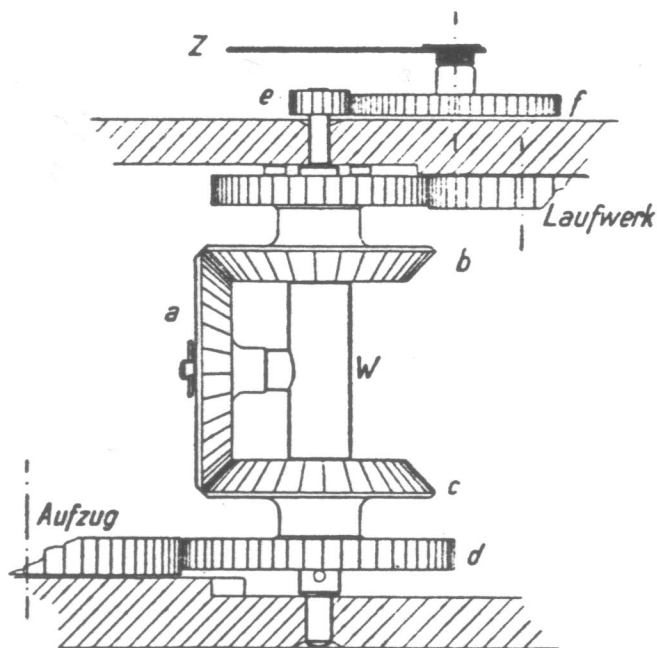


Bild 15

Schülern Reißmann, Liegnitz (D. U. S. Nr. 2922, Jahrgang 1919) von Ahrens, Groß-Schwülper (D. U. S. Nr. 2962, Jahrgang 1920) sowie von Giercke, Hamburg (D. U. S. Nr. 3019, Jahrgang 1921) eingebaut.

Wie schon bemerkt, sind diese Kegelrad-Differentialwerke sehr wohl für Taschenuhren geeignet, sofern Raum zur Verfügung steht. Unerwünscht können hier die Kegelräder erscheinen, trotzdem ihre Anfertigung heute keine nennenswerten Schwierigkeiten mehr bereitet. Genau denselben Aufbau hat man im allgemeinen in Bild 18. Hier werden nur Stirnräder angewendet. Wir erkennen die beiden Planeten *b* und *c*, aber diesmal auch zwei Trabanten *d* und *e*. Eine Schwierigkeit bietet die Lagerung derselben auf der Hauptwelle *w*. Der aus dem Bild 16 be-

kannte seitliche Stift erscheint in Bild 18 rechtwinklig umgebogen und außerdem ist er zweimal vorhanden, in *ff* und *g*, wenn auch *g* der Deutlichkeit wegen nur zur Hälfte gezeichnet ist. Die beiden Trabanten sind hier als Triebe anzusprechen. Jedes greift nur in ein Planetenrad, aber sie greifen außerdem beide ineinander. Diese zwei Trabanten müssen vorhanden sein, und ineinander eingreifen, damit die notwendige Umkehr der Bewegungsrichtung zustande kommt, die beim Kegelrad-Differential von selbst vorhanden ist.

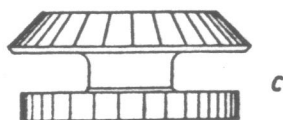
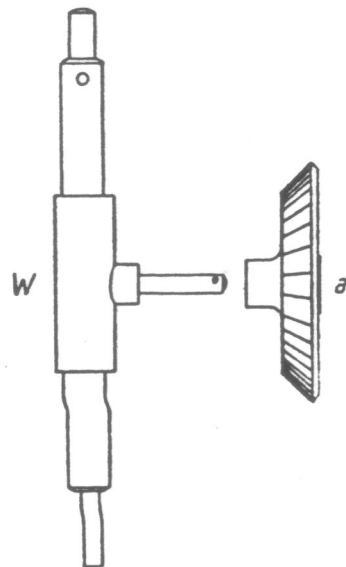
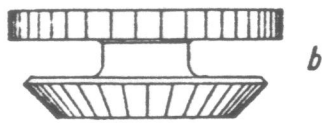


Bild 16

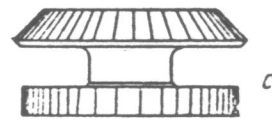
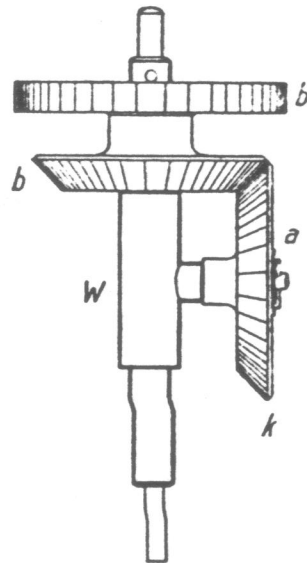


Bild 17

Man kann dieses vollkommene Stirnrad-Differential in sehr geringen Ausmaßen bauen. Beispielsweise wenden wir sowohl für die Planeten als auch für die Trabanten ein und dieselben Stücke an, nämlich 12zählige Viertelrohre von etwa 2,25 mm Durchmesser; denn es ist gar nicht nötig, die Planeten größer zu machen als die Trabanten, nur in Bild 18 erfolgte es der Deutlichkeit halber. Der Raumbedarf bei unserer Anordnung ist so gering, daß wir ein Differentialwerk dieser Art in einem 47 mm Taschenchronometer anwendeten, ganz genau in derselben Art wie unser Schrauben-Differential-Auf- und Abwerk, nämlich in dem

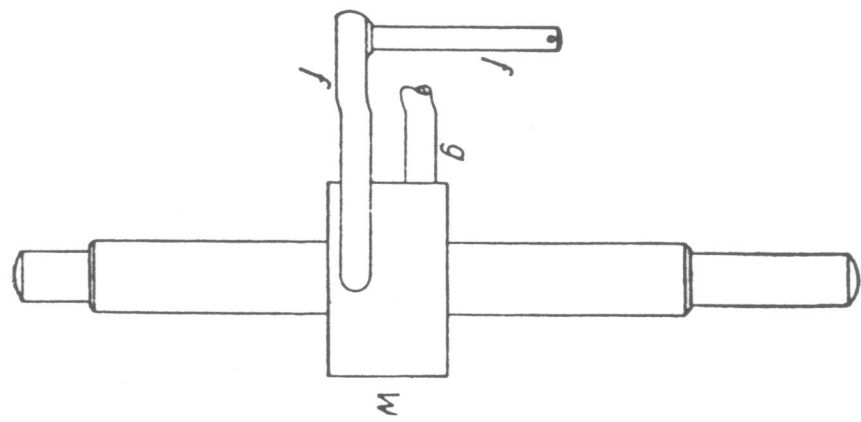
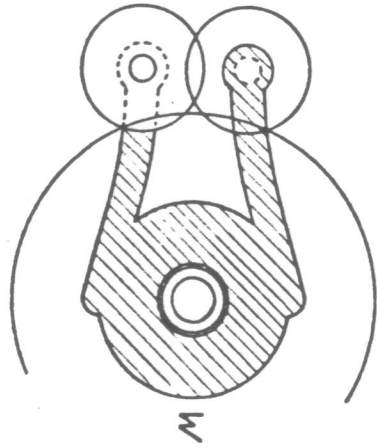
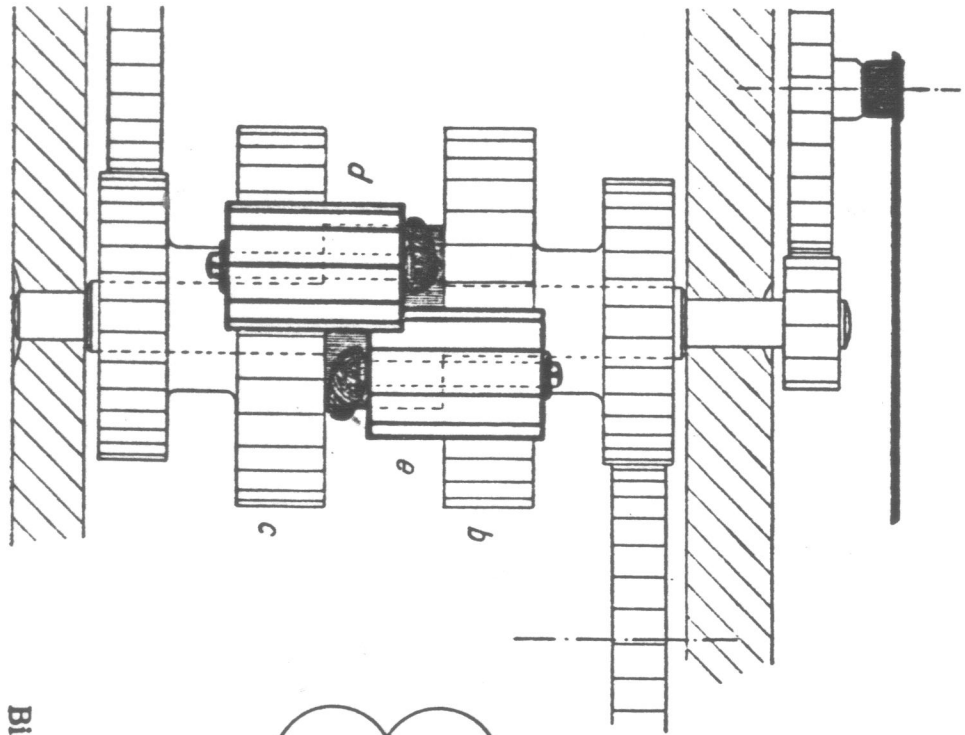


Bild 18

sonst brachliegenden Raum zwischen dem kleinen und großen Aufzugsrad (siehe Bild 14). Unsere Genugtuung ist es dabei, daß gar kein Teil der Uhr von dem Auf- und Abwerk in seinem Raumbedarf gestört wird. Übrigens ist es in der Höhe anspruchsloser als unser Schrauben-Differential, so daß wir sowohl für hohe als auch für niedrige Gestelle durchaus vollkommene Konstruktionen zur Verfügung haben. Der Erbauer unserer ersten Taschenuhr mit Stirnrad-Differentialwerk war der Schüler P. Landsiedel, Langenschwalbach (D. U. S. Nr. 3058, Jahrgang 1921).

Das Kegelräderrdifferential und manchmal auch das Stirnräder-Differential bilden übrigens die Anwendungsformen

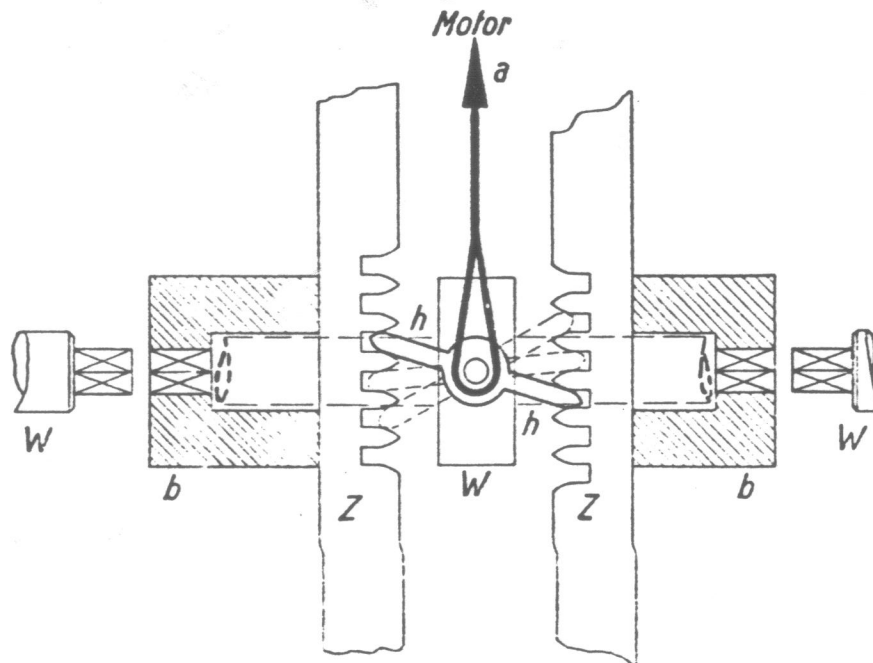


Bild 19

beim Kraftwagen. Nur ein äußerlicher Unterschied ist zu beachten: In der Uhr wirken zwei Bewegungen ineinander, um aus ihrer Differenz eine dritte hervorzubringen; denn einmal wirkt der Aufzug und nachher der Ablauf, um den Spannungszeiger zu bewegen. Zwei Bewegungen sind in der Uhr aktiv, eine ist passiv.

Beim Kraftwagen wird eine Bewegung, sagen wir hier Kraft, nämlich die des Motors, in zwei Kräfte zerlegt, in die an den Hinterrädern tätigen Antriebskräfte. Hier haben wir eine aktive und zwei passive Kräfte (die allerdings wieder aktiv werden).

In Bild 19 denke man sich, schematisch dargestellt, in der Richtung des Pfeiles *a* den Motor ziehend. Seine Kraft greift an dem Drehpunkt (l) eines zweiarmigen Hebels *hh*

an. Die Enden des Hebels sind zu Zähnen geformt und greifen in Zahnstangen *zz* ein. Doch diese stellen wir uns sogleich zum Ring gebogen vor, so wie ein Kronrad einer Spindeluhr aussieht. In den Buchsen *bb*, die mit unsern Kronrädern ein Ganzes bilden, bemerken wir vierkantige Löcher, in die die vierkantigen Enden der Wellen *ww* eingesteckt werden können, und am andern Ende dieser Wellen sitzen schon die Hinterräder. Nehmen wir an, das rechte Hinterrad finde einen Widerstand auf der Straße vor, der darin bestehen möge, daß es in einer Kurve den kürzeren, inneren Bogen zu laufen hat, während das linke Rad den größeren Außenbogen durchläuft. An dem Hebel *hh* sehen wir, wie die beiden Hinterräder sich zueinander verstellen können, ohne daß der Drehpunkt des Hebels, an welchem doch die Gesamtkraft angreift, davon irgendwie berührt wird. Wenn der Hebel sich zuviel schieft, so wird er natürlich aus dem Eingriff geraten, aber man sieht punktiert gezeichnete neue Hebel, welche schon bereit sind, die Tätigkeit des ersten Hebels fortzuführen, wenn er außer Eingriff gerät, kurz, das ganze Hebelsystem ist ein Zahnrad! Der Vorgang erfolgt also endlos.

Betrachten wir noch einmal Bild 15. Die Kraft des Motors hätte am Ende des seitlichen Stiftes, auf dem der Trabant *a* sitzt, anzugreifen. Man verbindet das Stiftende mit der inneren Ausdrehung eines genügend großen Kegelrades, auf welches mittels Kegelriegels (Trieb) die Motorkraft wirkt. Damit das große Kegelrad zentrisch sitzen kann, wendet man drei oder vier Trabanten an, auf deren Lagerenden das Rad sicher genug verschraubt werden kann. Die Welle *w* geht nicht durch das ganze System hindurch, sondern wie in Bild 19, nur ein Stück in die Bohrungen der Planetenräder hinein und diese stehen mit den Wellen in Verbindung, wie in Bild 19, welche die Hinterräder tragen.

Man erkennt, daß Uhrmacherei und Kraftwagenbau nahe Beziehungen zueinander haben. Jedenfalls hat der letztere anregend auf den Entwurf vollkommener Differential-Auf- und Abwerke für Uhren gewirkt.

Der Kraftwagenbau erwartet von der Uhrenindustrie noch die „Schaltuhr“, ein Differentialwerk, das das Wechseln der Übersetzungen des Kraftwagens zu einer zielsicheren Tätigkeit zu machen gestattet, im Gegensatz zu jetzt, wo das „Schalten“ besonders in der Steigung, ein Akrobatenkunststück werden kann. Die Schaltuhr, auch Schalttachometer genannt, ist nicht auf den Markt gekommen und so ist die Kraftwagenindustrie im Begriff, sich selber zu helfen, wie das in einigen sogenannten „Synchron-Getrieben“ schon geschieht. Doch sind diese viel zu teuer für

den Gebrauchswagen und ohne Zweifel wird die billigere „Schaltuhr“ einen offenen Markt finden, wenn sie bald erscheint. Jeder Techniker kann ihre Wirkungsweise festlegen und evtl. ihren Bau, wenn man ihm den Tip gibt, daß die Lösung auf dem Wege des Differentials liegt. Jedoch ist dies nicht Aufgabe dieser Abhandlung. Darum muß die Beschreibung unserer Idee zur Schalt-Differentialuhr hier unterbleiben, zumal zu ihrem Verständnis die genaueste Kenntnis aller Vorgänge gehört, die beim Schalten eines Kraftwagengetriebes stattfinden.

In Bild 20 gewahren wir ein Taschenuhrwerk. Das Viereck der Zeigerwelle wird mittels einer Flachzange (mit Messingeinlage!) festgehalten. Wenn wir am Plattenrand drehen, so ist ein Differentialwerk fertig; denn das Viertelrohr steht fest, es ist zum Planetenrad geworden und das Wechselrad läuft darum herum, es ist Trabant. Der Stundenzeiger wird sich verstellen.

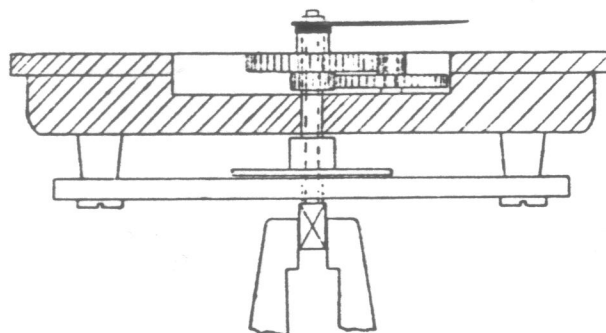


Bild 20

Man führe den Versuch aus und stelle fest, wenn die Unterplatte einen genauen Umlauf macht, wie groß die Winkelbewegung des Stundenzeigers ist. Oder, um wieviel muß man die Unterplatte drehen, bis der Stundenzeiger einen genauen Umlauf ausführt. Aus der Feststellung wird man ersehen, daß die Berechnung dieser Umlaufwerke nicht so einfach ist wie sie erscheint. Darüber lese man im Jahrbuch 1 der „Urania“ (Glashütte, 1904) die Abhandlung von M. Loeske, das einzige reichhaltige Nachschlagewerk über Differentialwerke für Uhren, das in deutscher Sprache bekannt ist.

Als Fortsetzung dazu ist die Abhandlung von Fachlehrer Edwin Kirner zu betrachten, erschienen im Deutschen Uhrmacherkalender 1929.

Neuerdings stehen noch besonders für den Maschinenbau die Blätter über Umlaufrädergetriebe, herausgegeben

vom AWF. und VDMA.*), zur Verfügung, ausgearbeitet von Dr.-Ing. A. Budnick, Chemnitz (Blätter 605, 606, 607).

Dieses im Aufbau und in der Wirkungsweise überaus einfache Umlaufsystem nach Bild 20 wird mit vollem Erfolg als Auf- und Abwerk angewendet, und zwar hauptsächlich von der Firma A. Lange & Söhne. Es wurde in der Uhrmacher-Woche von seinem Entdecker, Richard Lange, eingehend beschrieben. Es gehört zu der Gattung der halben Differentialwerke; denn es ist nur ein Umlaufwerk, wenn die Zeigerwelle festgehalten wird und die Platte in Umdrehungen versetzt wird (das könnte der Ablauf sein). Hält man aber die Platte fest und dreht man an der Zeigerwelle (das würde den Aufzug bedeuten), so hat man eben ein Zeigerwerk, Trabantenräder sind nicht vorhanden, es ist ein Vorgelegewerk. Jedenfalls ist dieser Versuch nach Bild 20 ein famoses Unterrichtsmittel.

Derartige sogenannte halbe Differentiale gibt es in großer Anzahl. Sie sind ganz genau so gut wie die vollkommenen, bieten dazu noch eine Unmenge von Ausführungsmöglichkeiten, so daß man z. B. das Langesche Differential in alle möglichen Uhren einbauen kann. Eine Abart davon ist das Stanleysche Auf- und Abwerk, das auch außerordentlich anpassungsfähig ist, so daß es sich sogar bei vielen unserer Uhren mit demjenigen Platz begnügt, der durch Ausdrehen des kleinen Aufzugrades entstand. Hier machte nur die Übertragung auf den Zeiger Ansprüche an Raum.

Mit dieser Andeutung der halben Differentialwerke haben wir unseren durch die Überschrift angekündigten Stoff schon verlassen. Wer von den Lesern nicht in die Lage kommen sollte, das behandelte Gebiet in Uhren kennenzulernen, dem sei gewünscht, daß er es im Kraftwagen, im eigenen natürlich, pflegen könne, als Mittel zum Zweck, um den Sorgen des Berufes bisweilen recht weit entfliehen zu können.

*) AWF. = Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. VDMA. = Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten.