

Vervollkommnung der Pendeluhr

Von Studienrat A. Helwig, Glashütte

Studienrat Helwig, Glashütte, hat der „Uhrmacherkunst“ nachfolgende ausgezeichnete Arbeit zur Verfügung gestellt, die wir unseren Lesern, insbesondere den Lehrmeistern sowie den Berufskameraden, zum eifrigeren Studium empfehlen, die sich mit dem Bau von Pendeluhrn befassen.

Wie aus den Ausführungen von Studienrat Helwig hervorgeht, kommt nur der Genauigkeitsfanatiker zur eigentlichen Uhrmacherkunst. Gerade im Zeichen der besonders auch durch unsere Bezirksuhrmacherschulen erstrebten Leistungssteigerung im qualitativ-handwerklichen Sinn sollte jeder Berufskamerad — insbesondere jeder junge Uhrmacher — diesen Fanatismus erwerben und anwenden.

Die Abwanderung vom Handwerk, auch vom Uhrmacherhandwerk, ist oft in einem zu geringen Kontakt mit der Berufsarbeit begründet. Nur wo sich der Handwerker zum totalen Berufskönnen — zur umfassenden Meisterschaft — zur Präzisionsarbeit durchringt, wird Mensch und Beruf zur unlösbaren Einheit.

Aus solchem Geist ist die nachfolgende Arbeit entstanden. Sie wird deshalb gleiches Streben wecken und fördern.
Die Schriftleitung.

Die Pendeluhr, die sogenannte Normaluhr des Uhrmachers, hat seit einiger Zeit größere Bedeutung erlangt. Auch in wissenschaftlichen Forschungsstätten werden jetzt und in Zukunft wesentlich höhere Anforderungen an Pendeluhrn gestellt. Hier glaubte man einige Zeit lang, daß Pendeluhrn durch die neu geschaffenen Quarzuhrn bald überflüssig sein werden. Das Gegenteil ist aber eingetreten, indem gerade die höhere Leistung der Quarzuhrn gesteigerte Zuverlässigkeit der Pendeluhrn erheischte, die wegen ihrer größeren Robustheit durchaus nicht an jeder beliebigen Stelle von Quarzuhrn abgelöst werden können. Im einzelnen darauf einzugehen, warum sowohl mancher Uhrmacher als auch die Observatorien zur Zeit auf Höchstleistungen ihrer Pendeluhrn bedacht sein müssen, verbietet sich aus wichtigen Gründen. Für jetzt kommt es lediglich darauf an, über einige besondere Erfahrungen an Pendeluhrn zu berichten, mit dem Ziel, ihre Gangleistungen zu steigern.

Die erste und einfachste Arbeit wird immer darin bestehen, den Temperatenausgleich des Pendels zu erzielen, und solange daran noch irgendwie verbessert werden kann, muß es geschehen. Nur so können sich die im folgenden beschriebenen Arbeiten günstig auswirken.

Vor allen Dingen geht uns die Aufhängung des Pendels, die Pendelfeder an, und in der Hauptsache die Art, wie die Lamellen gefaßt sind. Natürlich kommt es besonders darauf an, daß die Flächen der Backen *b b* in der Abb. 1 fest zufassen, daß vor allem die Kanten *k k* die Lamellen derart fest pressen, als seien sie angeschmolzen oder die Pendelfeder sei „aus dem Ganzen“ hergestellt. Dieser Idealzustand wird jedoch bei der üblichen Art der Pendelfederherstellung schwerlich ganz erreicht.

Die Abb. 2 zeigt, daß die Backen sich an ihren Enden ein wenig öffnen, und zwar tun sie dies unter dem Druck der Schrauben *s s*. Selbstverständlich tritt das bei weitem nicht in dem veranschaulichten Maße auf. Es soll mittels dieser Abbildung nur klargemacht

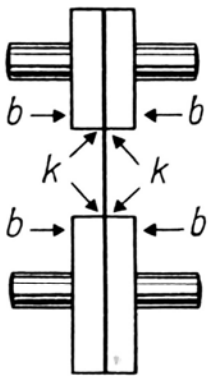


Abb. 1

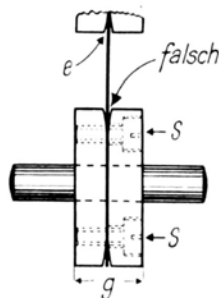


Abb. 2

werden, an welcher Stelle und in welcher Art sich ein Fehler einschleicht. Dort, wo die Backen den stärksten Druck auf die Lamellen ausüben sollen, natürlich in den Ecken *e*, gerade dort fassen sie leider am schwächsten zu. Die Backen drücken sich nämlich infolge des Zusammenschraubens regelrecht durch, unmittelbar unter den Schrauben-

köpfen am meisten. Je stärker die Backen sind, um so weniger biegen sie sich natürlich durch, so daß die stärksten die besten wären. Jedoch muß man mit dem Maß *g* in der Abb. 2, also mit der Backendichte, Rücksicht nehmen auf den Durchmesser der Pendelstange, weil ihr Einschnitt, mit dem sie an der Pendelfeder hängt, nur so breit sein darf, daß der Pendelstangenhaken noch gehörig kräftig bleibt.

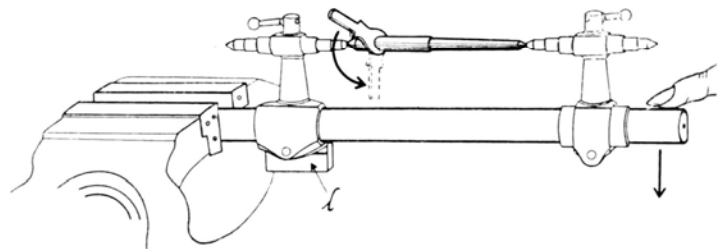


Abb. 3

Die Backen mögen so stark sein, wie es immer möglich ist, sie biegen sich stets um ein geringes durch. Das beweist der einfache Versuch, den die Abb. 3 veranschaulicht: Die Wange unseres Drehstuhls wird fest in den Schraubstock gespannt, und da sie keinesfalls beschädigt werden darf, so muß man Zinkblech oder wenigstens dicke Pappe einlegen. Wie ersichtlich, ist ein großer Drehstift „zwischen die Spitzen“ gespannt worden, nicht lose, sondern mit so viel Reibung, Klemmung, daß der einseitige Mitnehmerarm querab stehenbleibt, also ungefähr waagrecht. Weiter ist in der Abbildung zu sehen, daß man auf das Ende der Wange einen Fingerdruck ausübt. Dadurch wird der Drehstift frei, und der Mitnehmerarm fällt nach unten, wie punktiert angedeutet ist; denn der Abstand zwischen den Spitzen ist durch den bloßen Fingerdruck größer geworden, nicht lose, sondern die Wange regelrecht krumm gebogen wird. Hört der Druck des Fingers auf, dann geht der Drehstift wieder streng. Es ist jedesmal erstaunlich, welcher geringer Druck auf die Wange genügt, um den Mitnehmer zum Fallen zu bringen. Ob der Drehstift so lang ist wie hier in der Abb. 3, oder ob eine kurze Unruhwellen eingespannt ist, die veranschaulichte Wirkung tritt in jedem Falle prompt ein. (Daraus folgt übrigens, daß man sich bei feinen Dreharbeiten, sonderlich an dünnen Zapfen, keinesfalls etwa mit dem Kinn auf Reitstock oder Wange stützen darf, wie es zwecks sicherer Haltung des Kopfes oft geschieht; denn der dabei bestimmt entstehende lose Gang des Drehstückes hat leicht den Bruch des Zapfens zur Folge, an dem man gerade dreht, und die Ursache für dieses Unglück sucht man sonstwo, nur nicht in der einfachen Erscheinung nach der Abb. 3.) Auch wenn der Drehstuhl mit dem Lappen *l* eingespannt wird, der dafür vorgesehen ist, tritt die Wirkung ein. Dabei aber könnte angewendet werden, daß die Verbindung zwischen Reitstock und Wange nicht absolut fest sein kann und daß darum hier ein Nachgeben der Wange erfolgt, so daß ein Biegen derselben nur vorgetauscht wird. Diesem Einwand begegnet man, indem die Wange selber in den Schraubstock eingespannt wird, wie die Abb. 3 darstellt. Ob es sich nun um die Drehstuhlwan gen handelt, die ja für uns Uhrmacher schon sehr dicke Stahlstangen bedeuten, oder ob Biegeversuche nach Art der Abb. 3 an schweren T-Trägern vorgenommen werden, sie alle können bereits durch gelinden Fingerdruck durchgebogen werden, d. h. natürlich: anfänglich! Diese An-

fangsbiegung selbst der schwersten T-Träger wird häufig in Ausstellungen sowie in Technischen Lehranstalten vorgeführt, wobei meist ein Lichtstrahl als Zeiger benutzt wird.

Es folgt aus diesen Versuchen, daß wir auch bei dicken Pendelfederbacken mit einem gewissen Auseinanderklaffen der Enden zu rechnen haben, und jedenfalls tut man gut daran, wie die Erfahrung tatsächlich lehrt, die Pendelfeder hier zu verbessern, zumal dies ganz leicht ist. Damit die Lamellen „wie angeschmolzen“ sitzen können, greifen wir dem unvermeidbaren Durchbiegen der Backen vor, indem sie hohlgeschliffen werden. Unser Schmirgelstein wird meist in der Mitte, wo er natürlich am häufigsten gebraucht wird, stärker abgenutzt sein als an den Enden, so daß Pendelfederbacken, die wir auf dem Stein schleifen, nicht flach sein können, sondern in Wirklichkeit werden sie eine Wölbung aufweisen. Um verbesserte Backen herzustellen, muß unser Schmirgelstein an den Enden stärker abgeschliffen werden (auf dem üblichen großen Sandstein), so daß er ähnlich gewölbt ist wie die Kupferplatten, auf denen wir die Zapfenfeilen abziehen, nur soll die Wölbung unseres Steines bei weitem nicht so stark sein. Der angestrebte Hohlsliff der Backen soll ja nicht mehr betragen als die überaus geringe Anfangsbiegung!

Die Abb. 4 zeigt, wie die Pendelfederbacken *b b* auf eine Metallplatte *m m* zu lacken sind. Diese muß bei *g* so gebogen werden, daß die zu schleifenden Flächen zuerst mit ihrer Mitte auf der (stark

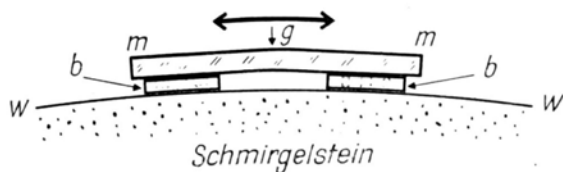


Abb. 4

übertriebenen!) Wölbung *w w* des Schmirgelsteines aufliegen. Das Metallstück *m m* muß recht kräftig sein; denn anderenfalls ist es auch wieder einer Anfangsbiegung nach der Abb. 3 ausgesetzt. Mittels dieser einfachen Vorrichtung gelingt das Hohl Schleifen restlos gut, aber auch nur mit dieser. Freihändiges Schleifen auf gewölbtem Schmirgelstein ist ausgeschlossen, weil die zu schleifende Fläche hin und her kippen würde. Dadurch wird sie von vornherein mehr rundlich, mehr gewölbt sogar, als sie es auf gänzlich flachem Stein ohnehin schon würde. Zuviel Hohlsliff darf man allerdings den Pendelfederbacken auch nicht geben; denn sonst würden die Lamellen lediglich an den Ecken *e* (Abb. 2) fest gefaßt werden, in der Mitte aber klafften die Backen auseinander, weil die immerhin kleinen Schrauben einen übermäßigen Druck auch nicht ausüben vermögen. So gut dieses Hohl schleifen sich auswirken kann, wenn es mit weiser Beschränkung vorgenommen wird, so folgeschwer muß ein Zuviel sein.

Wenn die Lamellen beim Lochen unflach werden, sei es beim Bohren oder infolge des einfacheren Durchschlagens (Stanzens) der Löcher, dann liegen sie natürlich nicht flach zwischen den Backen. Sie werden dabei nur an der hochgetriebenen Stelle oder gar nur an aufgeworfenem Grat erfaßt, an den Backenenden dagegen, wo es auf den festesten Sitz ankommt, wackeln sie. Darum müssen die Lamellen nach dem Lochen auf das sorgfältigste flachgeschliffen werden, und durch Senkungen an den Lochkanten ist zu verhindern, daß von Stellstiften oder Schrauben erneut Grat herausgedrängt wird.

Die Senkungen für die Köpfe der Schrauben, welche die Backen zusammendrücken, müssen in bezug auf ihre Tiefe wohl erwogen werden. Sind sie zu tief, wie die Abb. 5 bei *a* zeigt, dann kann man zwar kräftige Schraubenköpfe unterbringen, jedoch drückt sich der Grund *g* durch, und wiederum klaffen die Backen dort auseinander, wo sie die Lamellen am festesten halten sollen, in den Ecken *e*. Daß sich der dünne Grund zu tiefer Senkungen tatsächlich durchdrückt, erkennt man, wenn die Backen einer solchen Pendelfeder wieder auseinandergeschraubt werden: Schleift man die Innenflächen der Backen gelinde nach, dann greift der Stein unter der Schraubenkopfsenkung zuerst, damit deutlich das stattgefunden Durchdrücken anzeichnend.

Die Backen sollten nicht gehärtet werden, sind sie doch keinerlei Abnutzung ausgesetzt. Weiche Backen schmiegen sich sogar den Lamellen viel inniger an als gehärtete, bei denen meist nur eine Art

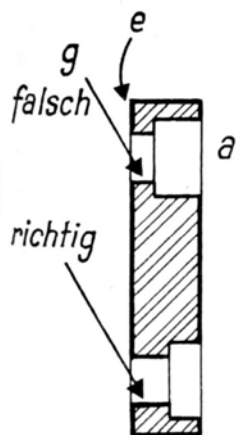


Abb. 5

Punktberührung zustande kommt. (Dies erinnert an die Tatsache, daß Spiralfedern in gehärteten Spiralklötzchen nicht so sicher fest werden wie in weichen. Die Chronometermacher stecken die Wendelfedern ihrer Seechronometer beileibe nicht in harten stählernen Klötzchen fest; sie wissen genau, warum sie solche aus Messing anwenden! Müßten die Spiralklötzchen der Taschenuhren nicht ihrer Kleinheit wegen gehärtet werden, dann ließe man sie gern weich.)

Falls Pendelfederbacken an Stelle der Schrauben durch Nieten zusammengedrückt werden, dann kann das recht gut gehen, zumal man durch Nieten wesentlich größere Pressung ausüben vermag als durch die immerhin kleinen Schrauben. Werden jedoch durch übermäßiges Stauchen der Nieten die Backen auch nur im geringsten verzogen, dann klaffen sie sogleich wieder auseinander, und die Lamellen sind unsicher gefaßt. Damit ist jede Aussicht auf nur halbwegs gute Gangleistungen dahin.

Je deutlicher man die Schwächen der üblichen zusammengeschraubten oder -genieteten Pendelfeder erkennt, um so mehr begreift man die alten Pendeluhrbauer, die ihre Pendelfedern nicht selten aus einem Stück, „aus dem Ganzen“, anfertigten, gleich den Ruhfedern (Gangfedern genannt) der Chronometer. Das zeigt die Abb. 6. Nur weiß man dabei niemals sicher genug, wie es in einer derartigen dünn gefeilten und danach dünner geschliffenen Lamelle tatsächlich aussieht, können doch weder Bruchversuche noch eingehende Prüfungen der Elastizität vorgenommen werden. Beides aber kann an dem Bandstahl für Lamellen geschehen; denn so wie er sich am Probestück benimmt, so wird das Stahlband auf seiner ganzen Länge sein. Überdies erscheint die Schwierigkeit unüberwindlich, beide Lamellen einer aus dem Ganzen hergestellten Pendelfeder in all und jeder Beziehung genau gleich zu machen. Wenn das auch schließlich in bezug auf die Maße möglich ist, so bleiben immer Zweifel betreffs gleichmäßiger Härte bestehen. Sofern die Lamellen irgendwie verschieden sind, kann das Pendel nicht mehr in einer Ebene schwingen, sondern seine Spitze beschreibt eine Kurve. Dann aber ist es in unserem Sinne kein Pendel mehr. Zugunsten der üblichen zusammengeschraubten Pendelfeder spricht noch ein gewichtiger Umstand: Man kann ihre Lamellen nach den Erfordernissen des Isochronismus auswechseln. Darauf ist noch zurückzukommen.

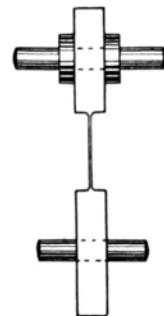


Abb. 6

Der untere Querstift der Pendelfeder, an dem das Pendel mit seinem Haken hängt, wird immer recht nebensächlich behandelt, und dennoch

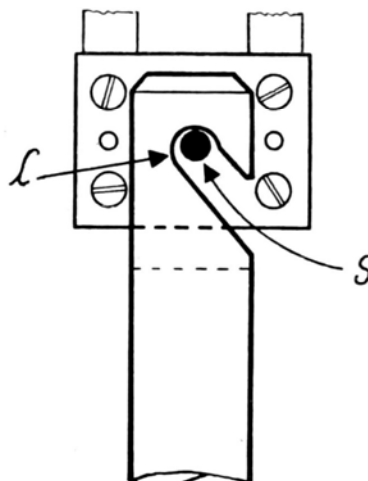


Abb. 7



Abb. 8

liegt hier eine gewichtige Ursache schlechter Gangleistungen. Die Verbindung zwischen Pendel und Pendelfeder wird üblicherweise lösbar gemacht, aber eigentlich geschieht dies nur der Bequemlichkeit zuliebe während des ersten Zusammenbaus der Uhr. Später und erst recht beim Betrieb der Uhr liegt keine Notwendigkeit vor, das Pendel von seiner Aufhängungsfeder jemals wieder trennen zu müssen. Im Gegenteil! Technisch richtig und im Hinblick auf höchste Gangleistungen sogar erforderlich wäre es, die federnden Lamellen unmittelbar mit dem oberen Ende der Pendelstange fest zu verbinden. Es hätte keinen Sinn, in der vorhin beschriebenen Art für die sicherste Fassung der Lamellen in ihren Backen zu sorgen, um hier jede Spur einer Beweglichkeit auszuschalten, wenn man danach die Einhängung des Pendels so wacklig belassen will, wie sie nun einmal geraten ist, und — sie wackelt immer! Die Abb. 7 zeigt das übliche mangelhafte Zusammenpassen des Pendelhakens mit dem Querstift *s*, der zu dünn ist. Wie soll hier das Pendel Halt finden? Das Querloch *l* im Pendel wird allerdings bewußt größer gemacht, als es der Stift *s* erfordert. Dies geschieht nicht nur, um ein Festsetzen des Stiftes zu verhindern, das beim Ein- und Aushängen des Pendels für die Lamellen gefährlich zu werden droht, sondern auch, um dem Pendel Gelegenheit zu geben, sich gänzlich frei mit dem obersten Punkt seines Querloches (Hakens) auf den Stift aufliegen zu können. Nur findet das Pendel diesen Punkt erst nach monate-, selbst jahrelangem Gehen, wenn diese und jene Erschütterung behilflich gewesen ist. In der Abb. 8 ist gezeigt, wie durch eine bloße Einfeilung *f* mit der Rundfeile ein unverrückbarer Sitz erreicht wird. Zur Vollkommenheit ist aber noch das Einschleifen nötig.

Die Abb. 9 zeigt bei e e, daß der Einschnitt in der Pendelstange viel zu weit ist. Das ist uns willkommen. Wir erweitern den Einschnitt sogar absichtlich, wenn er so eng ist, daß die Backen ohne Spiel in ihm sitzen. Es wird Ölsteinpulver an den Stift gegeben, und durch Hin- und Herdrehen bei gleichzeitigem Hin- und Herschieben schleifen wir die sicher tragenden Stellen erst an, die durch tt in der Abb. 10 im großen gezeigt sind. Diese angeschliffenen Stellen können sehr klein bleiben, es kommt nur darauf an, daß sie an allen vier Auflagestellen deutlich sichtbar sind. Die Abb. 11 zeigt, wie nach dem Schleifen zwei Scheibchen (schwarz ausgezogen) auf den Stift geschoben werden, wodurch das seitliche Spiel aufgehoben wird. Diese Scheibchen, die sehr gut aus Messing oder Neusilber sein dürfen, werden außen kräftig verrundet, wie v v veranschaulicht, so daß das Pendel nicht gehindert

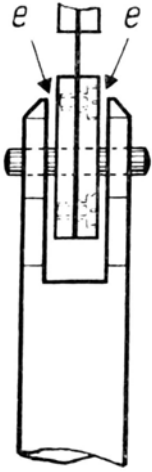


Abb. 9

ist, sich vollkommen sicher auf beide Stiftseiten aufzulegen. Man kann sogar die Scheibchen ein klein wenig zu dick lassen und sie zu guter Letzt mittels Ölsteinpulvers genau so passend in den Pendeleinschnitt einschleifen wie vorhin den Stift. Dabei geschieht des Guten leicht zu viel: denn das Ölsteinpulver braucht allerhand Platz, und wenn es ausgewaschen wird, dann ist wieder Luft zwischen Scheibchen und Pendeleinschnitt vorhanden! Der Stift s s muß natürlich, damit die Scheibchen sauber passen, an beiden Seiten leicht verjüngt sein.

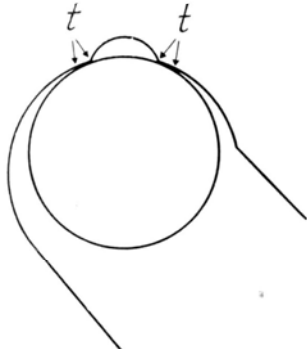


Abb. 10

Offenbar hat schon mancher Pendeluhrmacher das Gefühl gehabt, daß die Pendelaufhängung eine schwache Stelle bildet. Darum werden bisweilen die Enden des Querstiftes mit Gewinde versehen, so daß mittels zweier Schraubenmutter m m in der Abb. 12 eine feste Verbindung zwischen Pendel und Pendelfeder geschaffen werden kann. Dieses Festschrauben darf jedoch erst dann vorgenommen werden, wenn man überzeugt ist, daß die Pendelfeder senkrecht hängt. Geriete sie durch das Anschrauben aus der senkrechten Richtung heraus (oder weil der Stift s sich im Pendelhaken festklemmt), was die Abb. 13 durch die Linie a veranschaulicht, so kann das Pendel nicht in einer

Ebene schwingen. Seine Spitze würde alle möglichen Bogen beschreiben und der Werkstattausdruck: „Das Pendel wedelt im Gehäuse herum“, trifft den Nagel auf den Kopf. Ganz unnötig, im einzelnen zu erörtern, wie folgenschwer sich dieses Wedeln auf die Gangleistungen auswirken muß. Jedenfalls kennzeichnet die Abb. 13 den schlimmsten Fehler, den eine Pendeluhr haben kann. Wehe, wenn der Stift s sich im geringsten im Haken festsetzt, so daß sich die Pendelfeder nicht senkrecht aushängen kann!

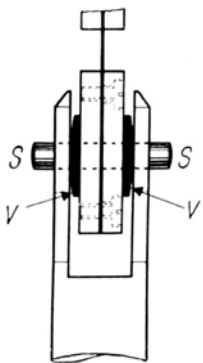


Abb. 11

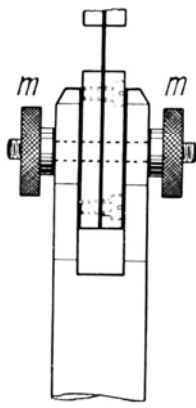


Abb. 12

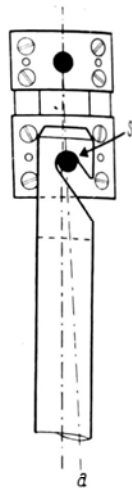


Abb. 13

Die Abb. 14 zeigt eine Lösung, bei der die Pendelfeder nicht so leicht aus der senkrechten Lage herausgeraten wird, vorausgesetzt, daß sie zuerst überhaupt einmal senkrecht hängt. Zieht man die Schraube s allerdings zu fest an, dann verbiegt die weiche Nickelstahlstange in den Einschnittecken, und oben bei k entsteht ein Auseinanderklaffen. Das wird durch die Anordnung nach der Abb. 15 vermieden. Beim Einhängen des Pendels wird der Einschnitt s e w a c h erweitert, indem man die Preßschraube p ganz wenig hineindreht. Hat sich nach mehrwöchigem Gehen die Pendelfeder senkrecht gestellt, wozu die ständigen Erschütterungen beitragen, dann wird die Schraube p wieder herausgedreht. Die Pendelstange faßt die Backen mit sanftem Druck

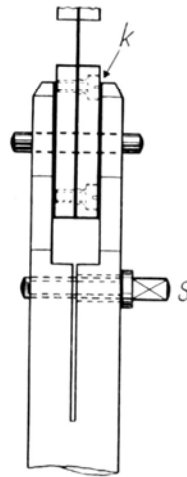


Abb. 14

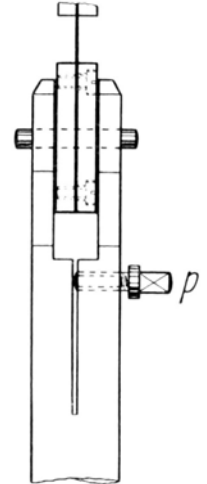


Abb. 15

an, da von vornherein Sorge getragen ist, daß der Einschnitt ein wenig zusammenfedert, und diese geringe Federung bringt der weiche Nickelstahl gerade noch zustande. Der Schraubenkopf p wird vorteilhaft als Vierkant ausgebildet, weil man mit einem nicht zu engen (!) Schlüssel die Schraube zu drehen vermag, ohne dabei das Pendel in seiner senkrechten Lage zu stören. Der Schraubenzieher ist hier ungünstiger. Die Schraube muß leicht im Gewinde gehen, nicht aber lose; denn dabei könnte sie sich selber verstellen, was natürlich die Gangleistungen schwer beeinträchtigen müßte.

Den Einschnitt im Pendel zu weit zu machen und ihn dann durch Scheibchen (Abb. 11) zu berichtigen, ist besser, als die Backen als Führung zu benutzen, wie es üblich ist und wie die Abb. 16 zeigt. Der

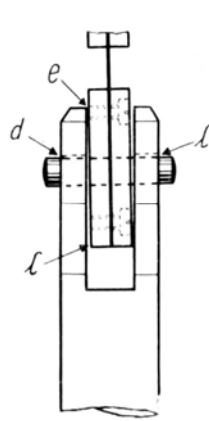


Abb. 16

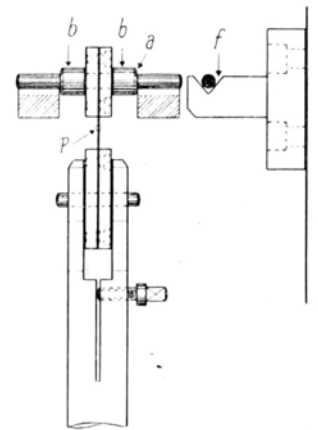


Abb. 17

Stift ist kegelig, und das ist Brauch, kann er doch nur so gut festgeschlagen werden. Muß dann nicht das Pendel lediglich an der dicken Stiftseite bei d hängen, muß es dabei nicht auf der schiefen Ebene, die der Stift darstellt, abrutschen, so daß es so elend hängt, wie die Abb. 16 veranschaulicht? Da der Einschnitt nicht satt passend zu den Backen gemacht werden kann, sondern weil er des gefahrlosen Ein-

hangens wegen sogar ein geringes Spiel zu erhalten pflegt, muß Luft bei l und l entstehen, und etwa bei e und an der gegenüberliegenden Ecke wird ein ungefähres Anliegen zustande kommen. Es ist auch damit zu rechnen, daß entweder der Stift nicht ganz gerade in den Pendelfederbacken steht oder daß das zum Haken ausgebildete Querloch in der Pendelstange nicht vollkommen rechtwinklig zur Stange gebohrt wurde, fehlt es doch gemeinhin an Mitteln und Vorrichtungen, um das saubere Zusammenpassen nachprüfen zu können. Hat man jedoch, wie vorhin empfohlen, den Haken auf den Querschnitt aufgeschliffen, so läßt sich an den geschliffenen Stellen einwandfrei erkennen, ob und wie tragende Stellen vorhanden sind. Aus diesen Erkenntnissen und besonders aus der Abb. 16 geht hervor, daß sich folgenschwere Fehler einstellen, wenn einmal dieses und ein andermal ein anderes Pendel eingehängt wird. Die Pendelfeder ist ein Bestandteil des Pendels, sie möchte darum fest mit ihm verbunden sein. Da das aus Herstellungsgründen nicht möglich ist, müssen Pendel und Pendelfeder genau aufeinander zugepaßt werden. Diese Zupassung wird hinfällig, wenn ohne weiteres ein anderes Pendel eingehängt wird.

Die Abb. 17 zeigt die am meisten angewendete Lagerung des Pendelfederoberteiles im sogenannten Bock. Derselbe trägt Einfürungen f, in denen die Querwelle ohne Spiel zu liegen vermag, und dazu mit geringer Reibung. Die Ansätze a der beiden aufgeschlagenen Büchsen bb werden absichtlich stark verrundet, damit sich die Welle keinesfalls klemmen kann. Endluft darf aber auch nicht vorhanden sein; denn würde dieselbe in Anspruch genommen, was bei starken Erschütterungen leicht eintritt, dann wäre der Abfall ungleich (schief). Bei der Bauart nach Abb. 17 ist es schwierig, den Biegepunkt P der Lamellen so genau hinter die Ankerwelle zu legen, wie es unbedingt nötig ist, fehlt doch jede Einstellmöglichkeit dafür, es sei denn, man wechselt die Büchsen bb aus.

Dagegen ist diese seitliche Verschiebung der Pendelfeder zugunsten des Punktes P bei der Bauart nach Abb. 18 einfach. Entweder ändert man die Größe der beiden Schraubenköpfe kk oder es werden Schrauben mit außermittig sitzenden Köpfen angewendet. Im letzten Falle müßten diese Schrauben durch Festklemmen gegen eigenmächtige Drehung gesichert werden, was durch Aufschlitz der Muttergewinde und mittels seitlicher Klemmschraubchen geschehen kann.

Die in den Abb. 17 und 18 dargestellten Anordnungen ermöglichen nur die seitliche Berichtigung der Pendelfederstellung; die ebenso wichtige Höhenstellung des Biegepunktes P kann mit der Bauart nach Abb. 19 auf das vollkommenste erreicht werden, wie ersichtlich durch die beiden Schrauben s s, die durch Gegenmutter gesichert sind (Bauart Riefler). Am besten wird nur die eine Schraube (hier die linke) in einer sogenannten Pfanne gelagert. Die rechte Schraube kann in einer Längsfräsung f sitzen, die Kantenbrechungen (Fasen) k haben muß, so daß die Pendelfeder sich ihre Stellung ungezwungen selber suchen kann. Die seitliche Berichtigung muß durch Abdrehen, durch Justieren der Flanschenfläche bei d herbeigeführt werden. Diese Pendelfeder kann zudem durch sorgsame Einstellung der Schrauben s s zu genau lotrecht Hängen der Lamellen gebracht werden (l), und damit erhält das Pendel eine tatsächlich freie Mittellage, die dann im wahren Sinne des Wortes die erwünschte Nulllage ist. Dasselbe bei den Anordnungen nach Abb. 17 und 18 zu erzielen, ist reichlich umständlich.

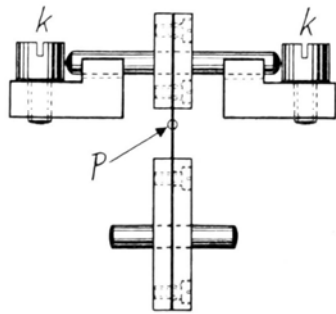


Abb. 18

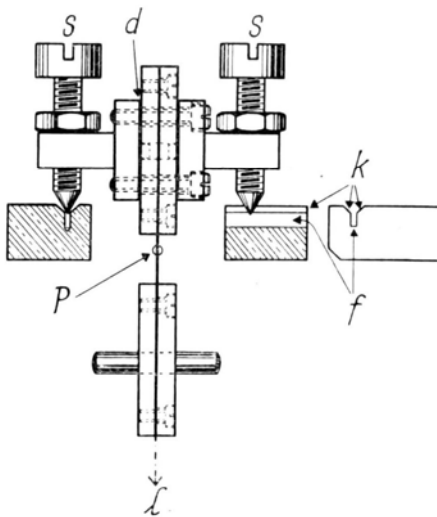


Abb. 19

Es ist üblich, die Pendelfederbacken unten auszuschweifen, wie a in der Abb. 20 zeigt. Damit wird ein bequemes Einhängen des Pendels angestrebt und auch erzielt. Würde man die Ausschweifung nur an einer Seite anbringen, wie die Abb. 21 zeigt, dann könnte niemals ein Zweifel darüber auftauchen, von welcher Seite aus das Pendel einzuhängen ist; denn die Ausschweifung müßte immer nach vorn weisen. Damit ist ein falsches Auflegen der Pendelfeder auf den Bock unmöglich gemacht. Legt man sie umgekehrt auf, was bei der üblichen Form nach der Abb. 20 erstaunlich oft vorkommt, so wird

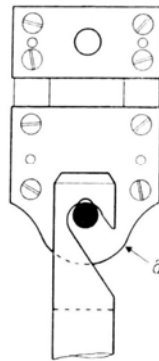


Abb. 20

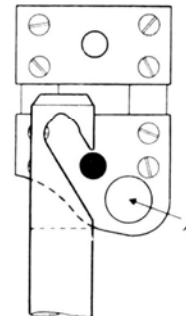


Abb. 21

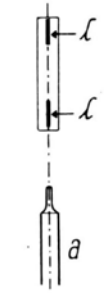


Abb. 22

die einmal justierte Seitenstellung unwirksam und die Drehpunkte von Feder (Punkt der stärksten Biegung) und Ankerwelle fluchten nicht mehr. Das zerstört jede Aussicht auf höhere Gangleistungen, wenn die Uhr nicht sogar an diesem Montagefehler stehenbleibt. Das große Loch l (Abb. 21) stellt das Gleichgewicht wieder her, gewiß eine recht nebensächliche Angelegenheit, aber wenn die Steigerung der Ganggenauigkeit zum Ziel gesetzt ist, dann gibt es nichts Nebensächliches, besonders wenn die mechanische Vervollkommnung der Uhr durch solch eine einfache Arbeit erzielt werden kann, wie es das Anbringen dieser Bohrung l ist.

Auch von oben gesehen, wie die Abb. 22 veranschaulicht, muß die Ankerwelle a mit beiden Lamellen l einwandfrei fluchten. Steht etwa die Pendelfeder schief zur Ankerwelle, dann wird die Gabel (oder welcher Art die Kraftübertragung von Anker zu Pendel immer sein mag) bei jeder Schwingung hin und her reiben. Davon gerät das Pendel aus seiner Schwingungsebene heraus, und das gefürchtete „Wedeln“ ist da, bei dem die obere Querrolle der Pendelfeder an der Auflagestelle im Bock reibt oder der untere Stift im Haken, sofern hier nicht eine der empfohlenen Festklemmungen angewendet wird (Abb. 12, 14 und 15).

Es ist eine ausgesprochen schwierige Arbeit, das genaue Fluchten der Ankerwelle zur Pendelfeder herbeizuführen, und selbst das Nachprüfen erfordert allerhand Hilfsmittel und Zeitaufwand. Neuerdings schafft man durch einen oder gar zwei Pfeiler, die den oberen Teil des Gestelles mit dem sogenannten Tragstuhl verbinden, einen unverrückbaren Zusammenhang zwischen Uhrwerk und Pendelfederbock. Dies hat sich als Verbesserung erwiesen.

Das Pendel muß sich selber senkrecht hängen können. Darum ist es falsch, wenn die obere Querwelle der Pendelfeder sich im Bock festklemmt oder wenn sie gar festgeschraubt wird. Das tun manche Pendeluhrebauer offenbar in der Absicht, das Pendel so fest und sicher als möglich aufzuhängen. So erwünscht es ist, die Pendelfeder mit der Pendelstange fest zu verbinden, so grundfalsch ist es, das Oberteil der Pendelfeder fest mit der Rückwand, also mit dem Bock, zu verschrauben. Erschütterungen aller Art, die man von keiner Pendeluhrgänzlich fernzuhalten vermag, müssen an der Aufhängung der Pendelfeder am Bock gemildert werden; denn anderswo besteht keine Möglichkeit dafür. Die Quarzuhr dagegen ist unempfindlich gegen Erschütterungen.

Es gibt keinen vollkommen festen Aufhängungspunkt für ein Pendel. Jedes Gebäude ist wackelig, was beim Zudonnern einer Tür schon empfunden wird. Bei großen Temperaturschwankungen verziehen sich sogar die Mauern; Risse und Sprünge sind der Beweis dafür. So manches Gewitter läßt bei kräftigen Donnerschlägen die dicksten Grundmauern bis in die Fundamente erbeben. Wenn die Flak in der Nähe schießt, ist es ebenso. Gebäude mit Stahlgerippe unterliegen dem Verziehen durch Sonnenstrahlung. Vom Eiffelturm, den mancher Fachgenosse nunmehr bewundert haben wird, ist z. B. erwiesen, daß er unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung sich erheblich nach Norden krümmt. So von ungefähr ist das nicht zu sehen, aber es ist oft genug gemessen worden.

Auf Grund dieser Feststellungen werden Pendeluhren höchster Präzision bekanntlich in Kellern untergebracht, felsenfest, wie man sagt, indem man sie an einen Pfeiler hängt, der tiefer als das Gebäude gegründet ist und der vor allem keinerlei Zusammenhang mit den Grund-

mauern hat. Doch selbst diese „felsene“ Aufhängung ist noch ein wenig wackelig. Zumindest bei Erdbeben, von welchen sich die Quarzuhr nicht stören läßt. Erdbeben sind viel häufiger, als man gemeinhin annimmt, wenigstens zeigen die Erdbebenanzeiger die merkwürdigsten Erschütterungen an. Die Erdbebenwarte auf dem Kolmberg bei Oschatz (Sachsen), einem dem Erzgebirge vorgelagerten Basaltberg, der ganz gewiß felsene ist, zeichnet den Lauf einer alten, schlecht ausgewuchteten Kolbendampfmaschine auf, die reichlich 2 km entfernt ist. Wenn der Sturm an der felsigen Westküste Frankreichs (und sogar Englands und Irlands) eine starke Brandung verursacht, dann wird das Erzittern der Küste auf den ganzen Kontinent übertragen und von allen Erdbebenwarten vermerkt. Sogar die oben erwähnte Warte auf dem Kolmberg in Sachsen, die gewiß weitab vom Atlantik liegt, zeichnet auf.

Nun sind aber Erdbebenanzeiger nichts anderes als eine Art Pendel, die allerdings auf höchste Empfindlichkeit eingerichtet sind. (Siehe: „Das Pendel“ von Dr. K. Giebel, S. 182 ff.; Verlag Wilhelm Knapp, Halle [Saale].) So gut wie die erdbebenanzeigenden Pendel durch alle möglichen Erschütterungen beeinflusst werden, so gut werden es auch die Uhrpendel. Ist doch bekannt, daß Pendeluhren durch Erdbeben zum Stillstand kommen. Das trifft besonders auf unsere sogenannten Normaluhren mit Graham-Hemmung zu, deren Pendel man recht wenig schwingen läßt.

Alle möglichen Erschütterungen und am häufigsten die vom Straßenverkehr hervorgerufenen belästigen also unsere Pendel. Dagegen müssen wir etwas tun. Die Erfahrung lehrt, daß die Unterbacken der Pendelfeder am besten fest mit dem Pendel verbunden sein sollen (Abb. 12, 14 und 15) und daß dagegen die Oberbacken dem Pendel eine Beweglichkeit quer zur Schwingungsebene gestatten müssen. Warum es gerade so sein muß, geht am besten aus einer Betrachtung hervor, der das Gegenteil dieser Erfahrungstatsache zugrunde liegt: In der schematischen Abb. 23 ist die Pendelfeder ganz richtig mit dem Pendel fest verbunden, was die Schraube u andeutet. Mittels der oberen Schraube o ist (fälschlich) die Pendelfeder fest mit dem Bock verbunden. Bei v möge sich die Wand, an der das Pendel hängt, aus irgendeinem Grunde nach hinten verworfen haben. Pendel und Pendelfeder hängen dann, eben wegen der starren Verbindung bei u und o, natürlich nicht mehr senkrecht wie die Linie 1-1. Man fühlt mit der Pendelfeder geradezu mit, wie ihre äußere Lamelle in einer gar nicht vorgesehenen Weise beansprucht wird, überbeansprucht sogar, und daß sie bei e früher oder später einreißen wird. Die innere Lamelle wird zusammengestaucht, so daß eine Knickung unausbleiblich ist. Bei geringen Abweichungen von der Senkrechten erträgt die Pendelfeder die Verwärtung, aber sie rächt sich durch die verworrensten Gangergebnisse. Das Pendel ist natürlich dabei kein reines Vertikalpendel mehr, das allein die Ganganauigkeit verbürgt, sondern es fängt an, Horizontalpendel zu werden, und das ist eine Art Erschütterungsanzeiger. Aus alledem folgt, daß bei o leichte Beweglichkeit notwendig ist. Ob nun eine verzogene Wand, wie in Abb. 23, die Ursache für das Schräghängen des Pendels ist oder ob Erschütterungen ein zeitweiliges oder auch nur ganz kurz andauerndes Abweichen von der Lotrechten 1-1 bewirken, es gilt, alle diese Störungen nach Möglichkeit unwirksam zu machen, und das kann nur geschehen, indem bei o für freie Beweglichkeit gesorgt wird.

In der Abb. 24 stellt q schematisch die Querwelle der Pendelfeder dar. Stöße in Richtung a versetzen die Querwelle in Drehung (in ganz geringe natürlich), und Stöße in Richtung b werden durch die Pendelfeder, die durch die Lamellen 11 skizziert ist, unschädlich gemacht. Allerdings gerät dabei das Pendel in größere Schwingungen oder es entsteht eine Dämpfung, also kleinere Schwingungen.

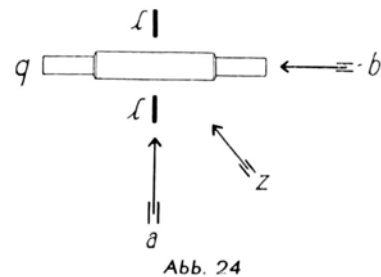


Abb. 24

selbst die „felsene“ aufgehängten Uhren ausgesetzt sind, das geht aus einer Rötung (Rost) hervor, welche die Querwellen an ihren Aufgestellen erleiden, wenn sie in die Fräsung nach Abb. 17 bei f gelegt werden.

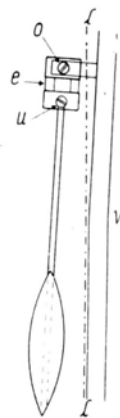


Abb. 23

Fände hier keine Reibung statt, dann könnten sich auch keine Abnutzungsstellen bilden. Diese unvermeidbare Reibung darf also nicht unterdrückt werden, etwa durch Festschrauben der Querwelle, und auch nicht dadurch, daß man hier auch nur die mindeste Klemmung duldet.

Der Biegungspunkt der Lamellen darf beileibe nicht in derselben Ebene liegen wie die Lagerung der Querwelle. Bei der Anordnung nach Abb. 19 liegt die Versuchung nahe, die Schrauben bis in die Ebene von Punkt P, dem Biegungspunkt, zu verlängern. Dann würde das Pendel, wenn es den geringsten Impuls quer zur Schwingungsebene erhält, auch Sekundenschwingungen um die Querwelle ausführen, es kann sich sogar aufschaukeln. Sogleich ist das „Wedeln“ da mit allen seinen schweren Gangstörungen. Das Öffnen der Gehäusetür genügt, um einen Luftzug zu erzeugen, der jedes Pendel aus seiner Schwingungsebene herausdrückt, so daß es wedelt. Darum soll man die Tür des Gehäuses niemals ohne Not öffnen. Den Aufzugschlüssel unten im Uhrkasten aufzuheben, so daß man allwöchentlich die Tür öffnen muß, ist also grundfalsch. Nur die obere Tür ist zu öffnen, und zwar sehr langsam, damit kein Sog im Gehäuse entsteht, der das Pendel unter allen Umständen stört. Wenn man an einer Pendeluhr eine Bohrung in der Glasscheibe vorfindet, die das Aufziehen ermöglicht, ohne die Tür öffnen zu müssen, dann kann man sich den Grund für diese Anordnung nunmehr denken. Natürlich ist die Öffnung mittels einer federnd sitzenden, stöpselartigen Platte zu verschließen.

Man kann auf den Gedanken kommen, an Stelle der Querwelle im Oberteil der Pendelfeder eine zweite Feder rechtwinklig anzubringen, wie die Abb. 25 zeigt, und dann kann nicht nur, sondern es muß die obere Feder fest am Bock verschraubt werden, was durch die Schraube s schematisch angedeutet ist. Es sind Versuche dieser Art angestellt worden, doch hat man sie noch nicht bis zur letzten Folgerung durchgeführt.

Man denke sich den Teil u etwa 5 m lang und die Federn f als sehr kräftige Schraubefedern ausgebildet, und zwar drei an der Zahl, und weiter denke man sich das ganze Uhrwerk an den (also 5 m langen) Teil u angebaut, dann hat man das Wesentliche der Uhr von Keil und Rieckmann. Es ist also eine Pendeluhr, die, anstatt unmittelbar an einer festen Wand angebracht zu sein, an einem langen Pendel hängt.

Bei dieser Bauart fallen viele Sorgen fort, nicht zuletzt derartig schwere, wie sie die Abb. 23 zeigt. Über die Uhr von Keil und Rieckmann ist jetzt nicht eingehender zu berichten, weil uns hier hauptsächlich die normale Pendeluhr des Uhrmachers interessiert.

So einfach es aussieht, ein Pendel an einer Feder aufzuhängen, so viele Schwierigkeiten treten auf, wenn man die Pendelfeder nach jeder Richtung hin auf Fehler oder auch nur Unvollkommenheiten hin untersucht. Nun ist die Pendelfeder auch noch die einzige Stelle in der Uhr, an der man Einfluß auf den Isochronismus hat. Die meisten Lamellen sind zu dünn. Mit ihnen sind die großen Pendelschwingungen, wenigstens wenn die Graham-Hemmung angewendet wird, fast immer zu langsam im Vergleich zu den kleinen Schwingungen. Bei dickeren Lamellen wird dieser Isochronismusfehler geringer, und es bleibt nichts weiter übrig, als so lange Versuche mit den verschiedensten Lamellen auszuführen, bis der gleiche Gang bei kleinen und großen Schwingungen erzielt ist, also der vollkommene Isochronismus. Er muß erreicht werden, es gibt hier niemals ein „Gut genug“. Lamellen anderer Dicke verändern die Gesamtdicke der Pendelfederbacken. Dabei schätzt man die Plättchen, die auf den unteren Querstift der Pendelfeder geschoben werden sollten (Abb. 11), wenn die Backen Luft im Pendeleinschnitt haben; denn schnell sind diese Plättchen entweder dünner gemacht oder durch andere ersetzt. Was es mit dem Isochronismus des Pendels auf sich hat, muß man aus dem Buch „Das Pendel“ von Dr. K. Giebel (Verlag Wilhelm Knapp, Halle [Saale]) entnehmen sowie aus einer Abhandlung von Dr. K. Giebel in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“ 1938, S. 499 ff.

Der Isochronismus ist nicht übertragbar, so lautet eine alte Erfahrung, d. h. wenn man auch für ein Pendel von bestimmter Schwere die günstigsten Maße für die Pendelfederlamellen gefunden hat, so daß der vollkommene Isochronismus erzielt ist, dann wird noch lange nicht eine Pendelfeder gleicher Art in allen anderen Pendeluhren derselben Bauart denselben vollkommenen Isochronismus hervorbringen! Jede Pendeluhr erfordert ihre eigene Justierung der Lamellendicke.

Wie schon aus der Sorge um das „Fluchten“ der Ankerwelle mit der Pendelfeder (Abb. 22) hervorging, kann die sogenannte Gabel (sie hat bekanntlich nicht immer die uns geläufige Gabelform) Veranlassung sein zu dem gefürchteten Wedeln des Pendels. Die Abb. 26 zeigt eine vollauf bewährte Kraftübertragung. Der im unteren Ende des Gabelstieles sitzende Stift liegt bei d an dem Teil f an, und zwar mit demjenigen geringen Druck, der durch die schiefe Lage des Gabelstieles bedingt ist. Wenn infolge äußerer Erschütterungen das Pendel vorübergehend ins Wedeln gerät, dann wird es von der Druckstelle d nicht wesentlich belästigt. Es wird sich ungehemmt in seine Schwingungsebene zurückfinden. Andererseits kann auch die Ankerwelle ihre

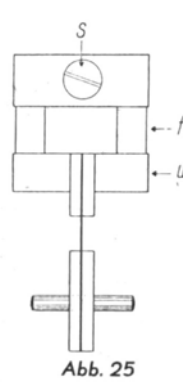


Abb. 25

Endluft in Anspruch nehmen wie sie will, das Pendel hindert sie nicht mehr daran, als der geringe Druck bei d beträgt. Der Abfall läßt sich hier leicht an der Schraube s stellen. Da das Pendel einseitig belastet wird, hat es keine ganz freie Nullage, jedenfalls steht die Pendelfeder in der Mittelage des Pendels unter einer geringen Vorspannung. Das hat schon manchen auf den Gedanken gebracht, links am Pendel eine Art Gegengewicht anzubringen, was gewiß nicht zu verwerfen ist. Jedoch soll man die Pendelstange oben nicht mehr als nötig belasten, weil sonst der Schwerpunkt allzu weit vom Schwingungsmittelpunkt abrückt. Davon wird die Regelkraft des Pendels ungünstig beeinflusst. Das erfolgt schon durch das Gewicht des Klemmringes k, den man darum nicht unnötig schwer belassen sollte, wenn er nicht gar aus Leichtmetall hergestellt wird.

Der einzige Mangel der in Abb. 26 dargestellten Kraftübertragung besteht in der erheblichen Belastung, die der hintere Ankerzapfen zu ertragen hat, weil der Gabelstiel allerhand Gewicht hat. In der Abb. 27 ist eine Kraftübertragung mit Gabelentlastung gezeigt. Ein sogenannter Rahmen r, den man in Abb. 28 von oben

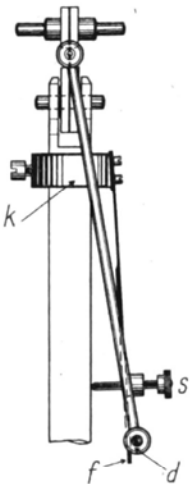


Abb. 26

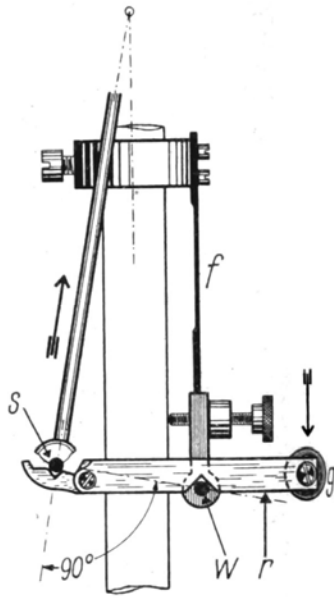


Abb. 27

sieht, liegt auf einer Welle auf, die waagrecht im Unterteil der starken Feder f (Abb. 27) sitzt, an welcher der Abfall eingestellt wird. Der Rahmen hat rechts Übergewicht wegen des Gegengewichtes g, so daß er von unten auf den Gabelstift s drückt, die Gabel anhebend. Da der Rahmen nicht in Zapfen gelagert ist, sondern wie ersichtlich in den eckigen Einschnitten, so kann nirgendwo Spiel, toter Gang auftreten. An der Bezifferung 1, 2, 3 in der Abb. 28 ist zu ersehen, daß der Rahmen sich mittels Dreipunktlagerung, also unverrückbar, anlegt. Durch Abstimmen des Gegengewichtes g kann man den Druck, der von unten auf die Gabel ausgeübt wird, nach Belieben regeln. Ein Teil um das Gegengewicht leicht herausnehmen zu können und

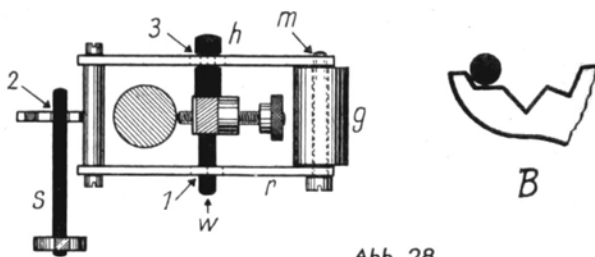


Abb. 28

andererseits den Rahmen abnehmen zu können, ohne das Pendel abhängen zu müssen, ist das Gegengewicht durchbohrt. Seine hintere Schraube sitzt nur im Muttergewinde des Rahmens bei m. Schraubt man die Schraube heraus, dann hat man das Gegengewicht in der Hand, und der Rahmen ist offen, so daß er nach links herausgezogen werden kann. Wesentlich ist noch, daß die Welle w (Abb. 28) hinten bei h dicker ist als vorn. Es ist hinten eine Nut eingedreht, in die der Rahmen paßt, so daß er nicht auf der Welle wandern kann. Die Lagerstellen des Rahmens, auf der Welle w sowohl als auch am Stift s, kann man stark verrunden, wodurch ein punktartiges Aufliegen des Rahmens erreicht wird, also ein ganz feines Spiel.

Das Gewicht der Gabel darf durch das Gegengewicht nicht vollkommen aufgehoben werden, der hintere Ankerzapfen muß noch sicher unten in seinem Steinlager aufliegen, nur eben mit recht geringem

Druck. Auch wenn das Steigrad auf der Eingangsklaue hebt, wodurch ein Druck nach oben ausgeübt wird, soll die Ankerwelle noch nicht angehoben werden. Andernfalls nimmt der Zapfen in ganz unnötiger Weise bei jeder Hebung die Zapfenluft in Anspruch, und das bedeutet eine Unsicherheit im Achsenabstand, also eine Art Störung, und die kann man leicht vermeiden.

Beachtlich ist, daß der Einschnitt für den Stift s in Abb. 27 so geformt ist, daß der Stift nur eben noch Halt findet. Man hat das Gefühl, daß er bei nächster Gelegenheit herausrutschen wird, wie die Abb. 28 bei B zeigt. Dieser Fall soll eintreten, wenn die Gefahr einer Stauchung des Steigradzahnes entsteht, wie bei a in der Abb. 29 dargestellt ist. Dieses Stauchen ist für das Steigrad selbst, für seine Zahnspitzen und ebenso für die Zapfen sehr gefährlich. Es tritt leicht ein, wenn die Uhr abläuft und die Pendelschwingungen schließlich so klein werden, daß der Zahn nicht mehr abfallen kann. Entweder muß der Zahn dann auf der Hebefläche zurückgleiten, oder er wird von dem schweren Pendel erbarmungslos gestaucht. Weil in unseren Pendeluhren, d. h. in unseren guten Sekundenpendeluhren (nicht in den gebräuchlichen Wanduhren für bürgerlichen Gebrauch), die Hebung überaus klein gehalten wird, aus Gründen der Ganggenauigkeit, so ist die Hebefläche bei a in Abb. 29 nicht steil genug, um ein Zurückgleiten des Zahnes zu ermöglichen. Da die Steinklaue verrundete Kanten besitzen muß (denn scharfe springen aus) und weil die Zähne nicht ganz spitz sein können, tritt die Gefahr einer solchen Stauchung immer wieder ein. Schon beim Anhalten und Anstoßen des Pendels kommt das Aufsetzen leicht vor. Wenn der Gabelstift dann mit Leichtigkeit aus seinem Einschnitt springt (Abb. 28 B), dann läuft das Aufsetzen zwischen Klaue und Zahn völlig ungefährlich ab.

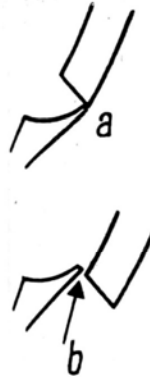


Abb. 29

Es folgt aus dem Gesagten, daß eine Pendeluhr ohne den Schutz nach Abb. 28 B nicht ablaufen sollte und daß das Anhalten des Pendels auch schon gefährlich werden kann. Hier ein einfacher Schutz: Man bohrt in die Mitte des 60. Teilstriches am Sekundenblatt ein Loch von 0,5 mm ein. Soll die Uhr angehalten werden, dann steckt man einen dünnen Stift in das Loch. Der Sekundenzeiger wird anhalten, der Steigradzahn muß dabei ein klein wenig vor der Ruhefläche zum Stillstand kommen; denn um die halbe Zeigerbreite und um die halbe Stiftdicke kommt ja das Rad früher zum Stillstand, der Zeiger springt nicht mehr auf die Mitte des Striches. An der anderen Klaue wird der Zahn abgefallen sein, hier bei b in der Abb. 29 wird er noch nicht auffallen. Man kann nunmehr das Werk herausnehmen, ohne daß die hin und her pendelnde Gabel die Steigradzähne belastigen kann; liegt doch das Steigrad unter dem Druck des Gegengewichtes fest, indem der Zeiger an dem Stift im Zifferblatt antrifft.

In der Hinterplatte des Werkes müssen unbedingt zwei Stifte oder Schrauben stecken, die das Hin- und Herschlottern der Gabel begrenzen, damit weder die Klauen noch der Ankerkörper auf das Steigrad drücken können.

Wir muten dem Öl in unseren Pendeluhrenwerkern allerhand zu, wenn sie in einem einfachen Holzgehäuse stecken. Ein solches kann niemals staubdicht sein, und wenn die Tür geöffnet werden muß, also

beim jedesmaligen Aufziehen, dann pumpen wir eine neue Staubwolke in das Werk hinein. Wie sollte dabei das Öl, das sich hauptsächlich an den Ansatz a in Abb. 30 hinabsaugt, nicht dauernd Staub aufnehmen? Die Ölensenkung an der anderen Seite ist gleichfalls ein Staubfänger. Man sollte Futter, wie b zeigt, aufschrauben (die Schrauben sind der Klarheit wegen weggelassen) und eine Luftkammer l schaffen. Die Welle geht mit nur geringem Abstand durch die Platte hindurch. Zur Vollkommenheit gehört noch ein aufzuschraubender Deckel d, der die Ölensenkung vor Verstauben schützt. Die ungünstige, wenn auch einfache Lagerung nach a kann man verbessern, wie bei c ohne weiteres zu ersehen ist. Je weiter man die ölanziehende Ecke e von der Welle hinweglegen kann, was auch bei l gilt, um so besser wird es sein. Wichtig ist die Bohrung k, die auch in b zu sehen ist. Die Luft muß durch diesen Kanal hin und her strömen können, wenn die Welle die Endluft in Anspruch nimmt. Fehlt der Kanal und der Deckel d schließt dicht, dann vermag das Öl vom Ansatz her, wo es sich ja weit mehr als in der Ölensenkung aufhält, nicht gut in das Zapfenloch nachzufließen. Die in den Kammern eingeschlossene Luft wird ihren Staub bald abgesetzt haben, und da diese entstaubte Luft nicht wieder entweichen kann und da neue staubhaltige Luft schwerlich nachströmen kann, so ist das Öl weitaus besser geschützt als in dem frei-

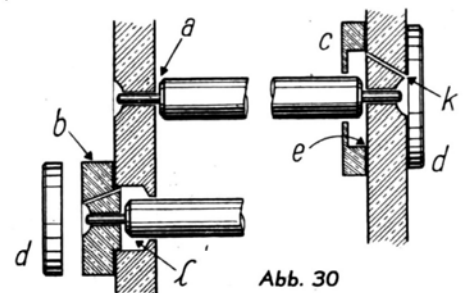


Abb. 30

liegenden Lager a. Die Dunkelheit in den Kammern ist auch ein guter, sogar ein erforderlicher Schutz für das Öl. Da unsere selbstgebauten Normaluhren mit Recht in Glasgehäuse gesetzt werden, damit man von der mühevollen Handwerksarbeit auch etwas sieht, so scheint ein Schutz des Öles nach b oder c in Abb. 30 geradezu erforderlich. Vielleicht kann diese und jene Uhr die leicht anbringbare Verbesserung nach c nachträglich noch erhalten.

Diese Deckel, mit denen die Ösenkungen zugedeckt werden, weisen auf Decksteine hin; denn man könnte doch nunmehr das Zapfenende gegen den Deckel laufen lassen, hier das Öl aufspeichern und es dadurch vom Ansatz, der gar nicht mehr nötig wäre, abziehen. Also gelangen wir zur Lagerung mittels Loch- und Decksteines nach der Abb. 31. Man sollte sie bei allen Zapfen anwenden, die nicht durch das Lager hindurchragen müssen, wie es beim Minuten- und beim Sekundentrieb nötig ist, der Zeiger wegen. Hier ist das Öl auf das beste eingeschlossen; die Gefahr des Verstaubens ist nicht vorhanden, besonders wenn auch auf den knappen Durchgang der Welle bei k geachtet wird. Die Luftkammer l soll nicht zu klein sein, was durch breite Stiche leicht erreicht werden kann; denn ist diese Kammer eng, dann will das Öl in die Verdrückung abfließen. Wendet man recht durchsichtige Decksteine an, dann erkennt man an dem Ölring r schon von außen die Größe des Ölvrates. Das Nachölen ist leicht, wenn wie hier die Decken von außen verschraubt werden. Der Verbindungskanal b ist auch hier unumgänglich notwendig.

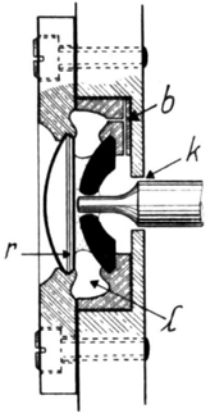


Abb. 31

Heute steht man auf dem Standpunkt, daß Uhren mit Graham-Hemmung an allen Zapfen, an denen es irgend angeht (also nur nicht am Walzenrad), Steinlagerung erhalten sollten, und am besten also Loch- und Deckstein. Eine auf das sauberste ausgeführte Präzisionspendeluhr mit Graham-Hemmung geht mit geradezu unwahrscheinlich geringer Antriebskraft; das Gewicht braucht für zehntägige Laufzeit nur 750 g zu betragen. Dabei kann man sich denken, welche schwache Kraft an den letzten Rädern wirkt und wie deren Zapfen vom Öl festgeklebt werden müssen, wenn es mit der Zeit eindickt. Lange Messingzapfenlöcher setzen die freie Beweglichkeit der Zapfen bei eingedicktem Öl bedeutend herab, die dem Pendel übermittelte Kraft läßt immer mehr nach, der Schwingungsbogen wird kleiner. Da es den absoluten Isochronismus in unseren Uhren nicht geben kann (es kommt immer ein Pseudo-Isochronismus zustande), so sind wir gezwungen, die Schwingungsweite des Pendels peinlich auf immer derselben Größe zu erhalten. Es gilt also, die inneren Widerstände des Laufwerkes so konstant wie möglich zu halten, und das wird nicht mit langen Messinglagern erreicht, sondern mit feinsten Steinlagerung.

In den Riefler- und Strasser-Uhren ist das anders. Die Laufwerke dieser Uhren brauchen wie bei allen Hemmungen mit „konstanter Kraft“ eine wesentlich größere Antriebskraft gegenüber den Uhren mit Graham-Hemmung. Das schwere Antriebsgewicht der Uhren mit Riefler- und Strasser-Hemmung überwindet die Widerstände im Laufwerk mit Leichtigkeit, so daß hier gut und gern Messinglagerung angewendet werden kann, ausgenommen bei den Wellen der Hemmung. Übrigens gilt dies auch für einen Seechronometer, dessen Antriebskraft geradezu brutal ist. Hier versagen sogar Steinlagerungen an Minuten- und Zwischentrieb, indem die Zapfen schnell einlaufen. Im Seechronometer wie in der Riefler- und Strasser-Uhr sollen die schwerer belasteten Zapfen in langen Messinglagern laufen, weil sich darin ein regelrechter Ölschlauch bildet, der den Zapfen elastisch einhüllt und vor Abnutzung schützt. Wenn man also glaubt, besonders fein zu arbeiten, indem man etwa in eine Strasser-Uhr recht viele Steine einbaut, so ist das ein gewisser Irrtum. Die Steine gehören in die Graham-Uhr! Sind damit die Laufwerkswiderstände recht konstant gemacht worden, dann stellt auch die Graham-Hemmung die ersuchte „Hemmung mit konstanter Kraft“ dar; denn die Antriebskraft, die auf das Gewicht wirkende Anziehungskraft der Erde, die ist doch praktisch „konstant“.

Wir haben uns noch um die Lagerung des Walzenrades zu kümmern. Dieses fühlt sich im allgemeinen in seiner Messinglagerung ganz wohl, wenn man die Uhr nicht ungebührlich lange gehen läßt, ehe sie gereinigt wird. Ist allerdings das Öl in den Walzenlagern stark verdickt, dann ist es mit der „konstanten Kraft“ aus. Man kann den inneren Widerstand des Laufwerkes nicht nur erheblich verringern, sondern ihn auf viele Jahre hin gleichmäßig machen, wenn die Walze mit Kugellagern ausgerüstet wird. Das hört sich sehr einfach an; denn man glaubt, ein Kugellager sei schnell auf den Zapfen geschoben, und eine große Ausdrehung ist auch bald in die Platte gedreht. Damit ist keine Verbesserung erzielt. Der Einbau von Kugellagern erfordert Präzisionsarbeit ersten Ranges.

In der Abb. 32 erkennt man in i den Innenring eines Kugellagers. Er muß mit Haftsitz auf einer haarrund laufenden Büchse (sie kann aus Messing sein) sitzen, die durch m bezeichnet ist. Diese Büchse muß auf der Walzenwelle w sitzen, gleichfalls mit Haftsitz. Der Außenring a des Kugellagers sitzt in einer Art Trommel t, die mittels dreier Schrauben an der Gestellplatte angeschraubt wird. Der Außen-

ring a muß mit Gleitsitz in die Trommel gepaßt werden, damit er notfalls durch zwei oder drei leichte Holzhammerschläge, auf die Außenseite von Trommel t gegeben, wieder herausrutschen kann. Da der Ring trotz dieses leichten Sitzes sicher an seiner Stelle zu liegen hat, muß er durch einen Ring r festgehalten werden.

Wenn sonst Kugellager eingebaut werden, dann schützt man sie gegen Verschmutzen und vor allem gegen Feuchtigkeit durch Filzdichtungen. Das ist aber bei den schwachen Kräften, die in unseren Uhren wirken, nicht gut möglich, würde doch viel Kraft durch die Dichtungen aufgezehrt werden, und da sie sich ändern können, so würde die übertragene Kraft schwanken. Wir müssen uns darum der sogenannten Labyrinthdichtung bedienen. Bei l ist gezeigt, wie eine solche Dichtung zustande kommt und wie die Luft um möglichst viel Ecken gehen müßte, wenn sie ihren Staub an die Kugeln absetzen wollte. Man weiß durch Erfahrung, daß der Staub sich in dem Labyrinth absetzt. Auf der linken Seite wird ein sogenanntes Staubplättchen s zur Bildung eines Labyrinths herangezogen.

Wie man sieht, ist der Einbau von Kugellagern nicht ganz einfach. Die von den Fabriken herausgegebenen Einbauvorschriften sind genau zu befolgen. Gerade in Uhren ist erhöhte Sorgfalt nötig. Würde man beispielsweise die Ringe strenger aufpassen, so würde sich der innere dehnen und der äußere zusammenziehen, wie Gummi, könnte man sagen. Es tritt eine Art Anfangsdehnung auf, die an den Versuch mit der Drehstuhlwaage (s. Abb. 3) erinnert. Da nun die Kugellager ohne jedes Spiel arbeiten, so genügt die geringe Formänderung, die durch zu strengen Sitz der Ringe

eintritt, um die Kugeln schwerlaufend zu machen; für eine Uhr jedenfalls ein unmöglicher Zustand.

Es sind sogenannte Schulterlager zu verwenden, wie in der Abb. 32 veranschaulicht ist. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß der Außenring a die Kugeln nur auf einer Seite begrenzt, hier nach links. Nach Abnehmen des Schutzplättchens s kann die Welle glatt aus dem Kugellager herausgezogen werden. Man kann bei Verwendung dieser Schulterlager dem Walzenrad regelrechte Endluft geben, ohne die wir ja schwerlich eine Uhr zu bauen wagen.

Die Innendurchmesser der Kugellager sind im Verhältnis zu den Wellenstärken, die bei uns üblich sind, recht groß. Man muß also meist eine Büchse auf die Welle ziehen, wie es in der Abb. 32 in Gestalt von m auch geschehen ist. Schiebt man etwa die Welle w in

Abb. 33 in den Innenring i, dann wird die Kante k des verhältnismäßig kleinen Ansatzes in der Kantenbrechung f des Innenringes zum Anknüpfen, unter Umständen sogar zum Anpressen kommen. Diese Kantenbrechungen (Fasen) der Ringe laufen aber nicht rund; es bräuh nicht den geringsten Nutzen, wenn sie nach dem Härten auch noch wie alle anderen Flächen der Ringe, nachgeschliffen würden. Das muß man wissen und beachten; denn wird der Ring i mit seiner unrund laufenden Fase f an die Kante k gepreßt, dann kann die Rinne, in der die Kugeln rollen, nicht mehr haarrund laufen, denn ein wenig Verpannung wird der Ring bei einseitigem Anpreßdruck an die unrunde Fase f doch erleiden. Solche Feinheiten wollen bei Kugellagern beachtet sein.

Kugellager am Walzenrand sind uns nicht zuletzt deshalb willkommen, weil sie überaus Bedürfnislos in bezug auf das Öl sind. Hier klebt nichts fest, hier ist auch bei eingedicktem Öl noch leichter Lauf vorhanden. Bei der geringen Beanspruchung, die Kugellager in Pendeluhren zu ertragen haben, genügt es, die Laufringe und die Kugeln nur so viel einzuölen, daß sie vor Rost geschützt sind. Der Reibung wegen beanspruchen sie kein Öl, wenigstens nicht in unseren Uhren. Man kann ein dünnflüssiges Mineralöl anwenden, das länger flüssig bleibt als das beste Öl in dem geschütztesten Steinlager.

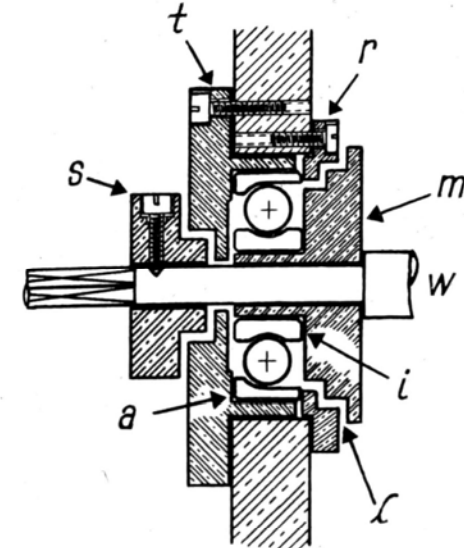


Abb. 32

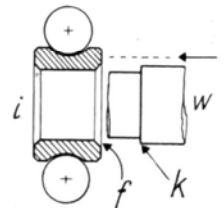


Abb. 33

Die in Jahrzehnten gesammelte Erfahrung gewährleistet höhere Gangleistungen der Graham-Uhren, wenn die Laufwerke in der hier beschriebenen Weise vervollkommen werden. Diese Sorge muß sich aber auch auf die Umleitrolle der seitlichen Gewichtführung sowie auf den Flaschenzug erstrecken. Diese beiden Teile werden oft stielmütterlich behandelt, und wenn das der Fall ist, dann war alle für das Laufwerk aufgewendete Mühe zwecklos. Umleitrolle und Flaschenzug sollten erst recht Kugellager erhalten. Bei Flaschenzug wäre nur ein Lager nötig, das in die Rolle selber zu bauen ist, und es darf dann natürlich kein Schulterlager sein, sondern es muß ein Querlager (Radiallager) angewendet werden.

Es ist bei der Pendeluhr nicht anders als beim Seechronometer und bei der Taschenuhr: Jede Verfeinerung, die man den wirkenden Teilen einer Uhr angedeihen läßt, verringert die Gangschwankungen. Der Gang der Uhr wird also regelmäßiger, gleichmäßiger. Das ist das Kennzeichen ihrer Güte. Mit aller aufgewendeten Mühe konnten wir aber nicht jenen Gangänderungen beikommen, die von den Luftdruckschwankungen verursacht werden, so daß man sagen könnte, es hat keinen Zweck, die feinen Restfehler im Uhrwerk zu beseitigen, da sie ja doch von den größeren Fehlern des Luftdruckeinflusses überdeckt oder verwaschen werden. Dagegen hilft eine der Luftdruckkompen-

sationen, die Riefler entwickelt hat. Auch wenn sie nicht angewendet wird, bleibt die regelmäßig gehende Uhr noch vermehrt brauchbar, indem man den Luftdruckeinfluß auf den Gang der Uhr untersucht und in einer Tabelle festhält. Dann kann man an Hand des Barometerstandes den Stand der Pendeluhr errechnen. Das gelingt ohne Zweifel mit einer Pendeluhr hoher Leistung besser als bei einer Uhr mit minderwertigen Leistungen. In bezug auf die Luftdruckeinflüsse ist allerdings die Quarzuhr unseren mechanischen Uhren überlegen, es sei denn, man steckt sie in luftdichte Gehäuse, wie es Riefler tut.

Mit den hier veröffentlichten Studien sollte nicht nur versucht werden, die Pendeluhr der vollkommeneren Quarzuhr anzunähern, es sollte auch jenen Berufskameraden Anregung gegeben werden, die hin und wieder eine Pendeluhr selber bauen. Das sind in der Hauptsache die Lehrmeister, die unter eigenen Opfern Nachwuchs heranbilden, den ihnen dann die mehr geschäftlich ausgerichteten Berufskameraden nur zu gern abnehmen. Den Lehrmeistern, den Helden im Daseinskampf, die den sozialen Gedanken nicht nur begriffen haben, sondern die ihn unter eigenen Opfern an Zeit, Geld und Kraft in die Tat umsetzen, diesen Idealisten seien die vorstehenden Anregungen unterbreitet auf dem ihnen ureigenen Gebiet, der Uhrmacherkunst.