

stellt man bei der Chronometerhemmung den Abfall gewöhnlich so, dass fast die ganze Hebung während der aufsteigenden Bewegung stattfindet; stellt man nun aber den Abfall, dass die ganze oder wenigstens der grösste Theil der Hebung während der absteigenden Bewegung erfolgt, so muss dann die Uhr schneller gehen. Dies ist nun thatsächlich der Fall. Ein Schiffschronometer von dem üblichen Kaliber ging bei gewöhnlicher Abfallstellung täglich 1,4 Sec. vor; fand aber die ganze Hebung während der absteigenden Bewegung statt, so ging es 14,8 Sec. vor; wurde der Abfall so gestellt, dass ungefähr die halbe Hebung während der absteigenden und die andere Hälfte während der aufsteigenden Bewegung erfolgte, so ging es täglich 7,1 Sec. vor. Der letztere Gang hielt also ungefähr die Mitte der beiden andern, wie die Theorie es verlangt. Bei der letzterwähnten Abfallstellung wird kein Einfluss auf die Dauer der Unruhschwingungen ausgeübt, da die Wirkung der Hemmung hier in der absteigenden Bewegung entgegengesetzt ist, wie in der aufsteigenden, und daher ein Ausgleich stattfindet.

Ganz ebenso wie bei der Chronometerhemmung liegt die Sache bei der Duplexhemmung, da auch hier die Hebung bei gewöhnlicher Abfallstellung fast ganz während der aufsteigenden Bewegung stattfindet und daher dieselben Ausführungen, die ich vorher in Bezug auf die Chronometerhemmung machte, auch hier gültig sind. Ich hatte Gelegenheit, bei einer 19^{er} Taschenuhr mit Duplexhemmung dieselben Versuche bezüglich der Abfallstellung zu machen, wie bei dem Schiffschronometer. Stellte ich den Abfall, dass die ganze Hebung während der absteigenden Bewegung erfolgte, so ging die Uhr in einer Stunde $7\frac{3}{4}$ Sec. vor, bei entgegengesetzter Abfallstellung ging sie $7\frac{3}{4}$ Sec. nach; das ergibt, auf 24 Stunden berechnet, 2 Min. 54 Sec. vor und 3 Min. 6 Sec. nach, also eine Differenz von 6 Minuten. Es fällt hier sofort der weit grössere Gangunterschied im Vergleich zu dem Schiffschronometer auf, bei welchem die Differenz nur 13,4 Sec. betrug. Derselbe ist aber wohl nicht auf Rechnung der Hemmung zu setzen, sondern erklärt sich aus dem vorhin angeführten Satze, dass die Grösse des Einflusses einer Kraft um so stärker ist, je kleiner das Trägheitsmoment der Unruhe und je kleiner die Schwingungsweite ist. Das Trägheitsmoment der Unruhe einer 19^{er} Taschenuhr ist nun aber sehr viel kleiner, als dasjenige einer Schiffschronometeruhr, und ausserdem ist auch die Schwingungsweite etwas kleiner, daher die viel grössere Differenz bei den verschiedenen Abfallstellungen.

Anders liegt die Sache bei der Ankerhemmung, indem hier die Hebung nicht immer nach einer, sondern nach beiden Richtungen erfolgt. Es kann daher die Abfallstellung keinen Einfluss ausüben, denn würde man hier den Abfall so stellen, dass während der Bewegung nach einer Seite die ganze Hebung in der aufsteigenden Periode erfolgt, so wird sie nach der andern Seite hin ganz während der absteigenden stattfinden, wodurch sich dann die Wirkungen gegenseitig aufheben. Es ist jedoch auch bei dieser Hemmung die Hebung nicht gleichmässig auf die absteigende und aufsteigende Bewegung vertheilt und zwar infolge der Ruhe, die das Rad auf dem Anker haben muss. Betrachten wir hierauf das Spiel dieser Hemmung, so sehen wir, wenn sich die Unruhe in absteigender Bewegung befindet und die Ankergabel trifft, diese erst so weit geführt werden muss, bis das Rad die Ruhe verlässt, und dann erst beginnt die Hebung, wogegen in der aufsteigenden Periode während der ganzen Bewegung des Ankers Hebung stattfindet. Es wird also nach jeder Richtung hin die Hebung in der absteigenden Bewegung soviel weniger betragen, wie der Ruhewinkel ausmacht. Je mehr Ruhe, um so ungleicher wird die Vertheilung der Hebung sein und um so grösser der Einfluss, den die Hemmung auf den Gang der Uhr ausübt, welcher auch in diesem Falle, wie bei der Chronometer- und Duplexhemmung, verzögert wird.

Ganz ebenso liegen die Verhältnisse, in Bezug auf die hier in Frage kommenden Punkte, bei der Cylinderhemmung. Auch bei dieser wird der verzögernde Einfluss um so grösser sein, je mehr Ruhe der Gang hat.

Bei dem Spindelgange findet der grösste Theil der Hebung während der absteigenden Bewegung statt, und da der sogenannte Rückfall ebenfalls die Kraftwirkung der Spirale unterstützt, so verursacht diese Hemmung eine bedeutende Beschleunigung des Ganges. Diese Wirkung kommt noch durch die geringe Schwingungsweite und das bei diesem Gange erforderliche kleine Trägheitsmoment der Unruhe in erhöhtem Maasse zur Geltung, sodass zur Erreichung einer auch nur einigermaßen befriedigenden Reglage die Anwendung der Schnecke unerlässlich ist.

Ich komme nun zur Betrachtung der Reibungen, welche die Schwingungen der Unruhe ebenfalls wesentlich beeinflussen. Die Reibung können wir uns als eine Kraft vorstellen, welche entsteht, wenn zwei gegeneinander gedrückte Körper übereinander hingleiten. Diese Kraft wirkt stets der Bewegung entgegengesetzt.

Es kommt nun hier in erster Linie die Reibung der Unruhezapfen in Frage. Da dieselbe während der absteigenden Periode der Wirkung der Spiralfeder, welche hier die Bewegung beschleunigt, entgegenwirkt, während der aufsteigenden Periode aber, wo die Spirale die Bewegung der Unruhe hemmt, in gleichem Sinne wie diese wirkt, so wird die absteigende Bewegung aufheben und daher keinen Einfluss auf die Länge der ganzen Unruhschwingung ausüben, sondern nur die Schwin-

gung bei vertikaler Lage der Uhr immer grösser sein wird, wie bei horizontaler, und daher die Schwingungen in jener Lage kleiner ausfallen wie in dieser, so wird hierdurch doch wieder eine Veränderung des Ganges hervorgebracht und zwar infolge des Einflusses der Hemmung, der nach dem vorher Gesagten um so stärker ist, je kleiner die Schwingungen sind. Die Richtigkeit dieser theoretischen Ausführungen kann man nun auch leicht durch Versuche nachweisen. Es eignet sich hierzu am besten die Chronometerhemmung, da man bei dieser den Einfluss auf den Gang der Uhr durch Verstellen des Abfalls beliebig verändern kann. Diese Versuche habe ich mit dem schon erwähnten Schiffschronometer auch angestellt. Ich muss hier noch bemerken, dass der Isochronismus desselben durch die Spiralfeder so regulirt war, dass die kleineren Schwingungen etwas schneller erfolgten, als die grösseren, wenn dieselben durch verminderte und vermehrte Triebkraft erzeugt wurden. Wenn bei diesem Chronometer der Abfall so gestellt war, dass die Hebung zur Hälfte während der absteigenden und zur Hälfte während der aufsteigenden Bewegung stattfand, also nach der Theorie kein Einfluss auf den Gang ausgeübt wurde, so ging die Uhr bei grösserer Anspannung der Feder 1,6 Sec. nach, bei geringerer Anspannung 1,6 Sec. vor gegen den gewöhnlichen Gang. Brachte ich nun dieses Chronometer in die vertikale Lage, so wurde die Schwingungsweite durch die vermehrte Zapfenreibung um beinahe ebensoviel verkleinert, wie durch die verminderte Anspannung der Feder, und die Uhr ging in dieser Lage 1,5 Sec. vor, also bis auf $\frac{1}{10}$ Sec. ebenso wie bei ungefähr derselben Schwingungsweite in der horizontalen Lage. Würde hier durch die vermehrte Zapfenreibung ein Einfluss auf die Dauer der Unruhschwingungen ausgeübt, so hätte der Gang ein anderer sein müssen.

Bei Anstellung dieses Versuches ist zu berücksichtigen, dass sich hier ein Schwerpunkt geltend machen kann. Um den Einfluss eines solchen auszuschliessen, muss man in der Weise verfahren, dass man die Uhr in einer Lage 12 Stunden gehen lässt, dann wieder soviel aufzieht, wie sie während dieser Zeit abgelaufen ist, damit die Triebkraft genau dieselbe wird, und dann 12 Stunden in der entgegengesetzten Lage gehen lässt. Der Vergleich mit der Normaluhr ergibt dann den Gang für 24 Stunden, wie er durch die vermehrte Zapfenreibung in der vertikalen Lage hervorgebracht wird.

Eine 19^{er} Ankeruhr, bei welcher die durch Verschiedenheit der Triebkraft hervorgebrachten grösseren und kleineren Schwingungen vollständig isochronisch waren, ging in der vertikalen Lage 5 Sec. langsamer wie in der horizontalen. Es machte sich hier der verzögernde Einfluss der Hemmung in der vertikalen Lage stärker geltend, da die Schwingungen bei derselben Triebkraft kleiner sind.

Bezüglich des Räderwerks will ich noch erwähnen, dass hier eine vermehrte oder verminderte Reibung nur die Wirkung vermindert oder vermehrt der Triebkraft auf den Gang einer Uhr ausüben kann.

Ich werde nun auf den Einfluss der Luft zu sprechen kommen. Da dieselbe, wie alle anderen Stoffe, eine ihrer Masse entsprechende Trägheit besitzt, so wird ein in ihr sich bewegender Körper einen gewissen Widerstand zu überwinden haben. Für diesen gilt nun dasselbe, was ich bezüglich der Reibung der Unruhezapfen anführte; er wird stets der Bewegung der Unruhe entgegen gerichtet sein und die Wirkung wird sich in der aufsteigenden und absteigenden Bewegung aufheben, sodass kein Einfluss auf die Dauer der ganzen Schwingung ausgeübt, sondern nur die Schwingungsweite verkleinert wird, wodurch dann wieder der Einfluss der Hemmung stärker zur Geltung kommt. Ausserdem aber ist hier noch zu berücksichtigen, dass die Luft durch die Bewegung der Unruhe zum Theil mit fortgerissen wird, da hierdurch gleichsam die Masse derselben vermehrt wird, besonders wenn grössere Flächen senkrecht zur Bewegungsrichtung stehen. Denken wir uns z. B. ein offenes Schraubenloch oder den Einschnitt einer Schraube senkrecht zum Unruhereifen, so wird die in demselben befindliche Luft die Bewegung der Unruhe mitmachen müssen und die Wirkung wird dieselbe sein, als wenn die Masse der Unruhe um soviel vermehrt wäre, wie die mitgeführte Luft ausmacht. Es ist hier jedoch nicht nothwendig, dass zwei Flächen sich nahe gegenüberstehen, sondern es wird diese Wirkung immer mehr oder weniger eintreten, sobald die Luft mit fortgerissen wird. Hierdurch wird natürlich eine Verzögerung des Ganges hervorgebracht.

Was nun die Versuche anbelangt, die ich zur Bestimmung der Grösse des Luftinflusses gemacht habe, so hätte sich hierzu am besten ein Chronometer mit isochronischen Schwingungen geeignet. Ein solches stand mir leider nicht zur Verfügung, denn bei dem erwähnten Schiffschronometer wurden die kleinen Schwingungen schneller vollendet wie die grossen. Brachte ich nun diese Uhr unter die Glocke der Luftpumpe, aus welcher die Luft bis auf einige Millimeter Quecksilberdruck angepumpt war, so wurden die Schwingungen etwa 60 bis 70 Grad grösser und der Gang 1,6 Sec. langsamer. Der Abfall war so gestellt, dass die Hemmung keinen Einfluss auf die Dauer der Schwingungen ausübte. Hier ist nun zu berücksichtigen, dass dieses Chronometer bei grösserer Anspannung der Feder ebenfalls 1,6 Sec. nachging. Da nun aber im luftleeren Raum die Schwingungen etwas mehr zunahmen wie bei vermehrter Triebkraft, so hätte der Gang noch etwas lang-