Dynamik der prellenden Unruh

Von Professor Dr.-Ing. H. Bock

In Nr. 26 der diesjährigen Deutschen Uhrmacher-Zeitung hatten wir uns mit der Art und Weise beschäftigt, wie das Prellen durch äußere Bewegungen veranlaßt werden kann, und hatten nebenbei die Gangbeeinflussung erwähnt. Prellen kann aber auch durch zu starken Antrieb hervorgerufen werden, und dann dauert es längere Zeit. Dabei erhebt sich die interessante Frage, wie es in diesem Falle um die Schwingungsdauer, mit anderen Worten: um die Größe der Gangbeeinflussung tatsächlich steht. Eine diagrammatische Betrachtung, wie sie neuerdings überall in der Technik propagiert und angewandt wird, soll uns die Sache klarstellen helfen, wobei sich ganz originelle Zusammenhänge herausstellen werden. Zwar wird es dabei nicht ohne ein wenig Rechnung abgehen, aber wer so etwas nicht mag, möge ruhig darüber hinweggehen; am Schlusse werden die Ergebnisse gesperrt in Worten wiedergegeben werden. Ganz weglassen darf man die rechnerische Untersuchung natürlich nicht, weil die Sache dann auf eine bloße Erzählung hinauslaufen würde, die sicher viele nicht befriedigen würde.

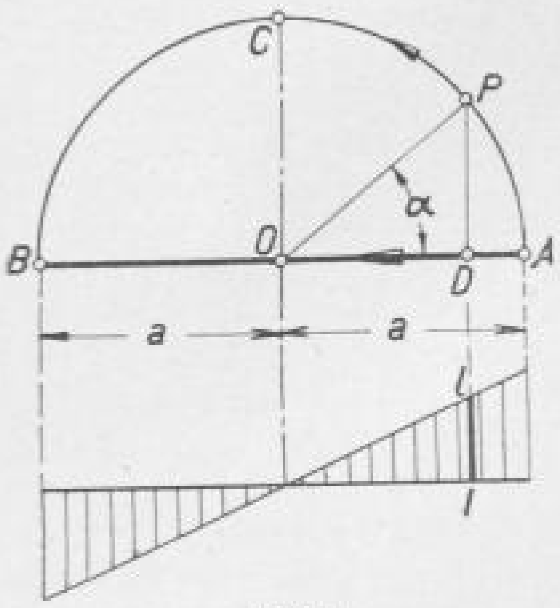

Abb. 1

Zur Erleichterung wiederholen wir ganz kurz das, was in dem oben angezogenen Aufsatze über das Schwingungsdiagramm überhaupt gesagt worden ist. Die Abbildung 1, die der Abbildung 1 aus Nr. 26 entspricht, zeigt uns den Vorgang. *AB* ist die in Bogeneinheiten (eine Bogeneinheit gleich 57,3 Bogengraden) zu messende Schwingungsbahn, die von rechts nach links zurückgelegt wird. Ist die Unruh im Punkte *D* angelangt, so sind $\alpha \cdot \sqrt{\frac{J}{M}}$ Sek verflossen, worin J das Trägheitsmoment der Unruh und M das zurückdrehende Moment der Spiralfeder ist, das sie bei 57,3° Ausschlag ausübt. Im Punkte *D* beträgt es *ll* Grammillimeter, und die Winkelgeschwindigkeit in Bogeneinheiten je Sekunde beläuft sich ebenda auf $PD \cdot \sqrt{\frac{M}{J}}$, wobei PD im gleichen Maßstab zu messen ist wie die Auslenkung a. Besteht aber Reibung, die in Wirklichkeit natürlich stets vorhanden ist, so sind die Kreisbogen bei Linksgang gemäß Abbildung 2 statt von 0 aus von $0'$ zu schlagen, wobei die Strecke $00' = \lambda$ mit dem Reibungsmoment R so zusammenhängt: $\lambda \cdot M = R$. Die Hemmung hat nun die Aufgabe, in der Mitte die Geschwindigkeit von der Größe Op auf Oq zu steigern, damit die Bewegung wirklich bis nach B gelangt. Dies geschieht, wenn $b = 2\sqrt{a \cdot \lambda}$ ist; so groß muß also der durch pq dargestellte „kinetische" Antrieb bei jeder Schwingung sein. — Nähere Erklärungen hierüber findet der interessierte Leser in der schon oben angezogenen Nr. 26.

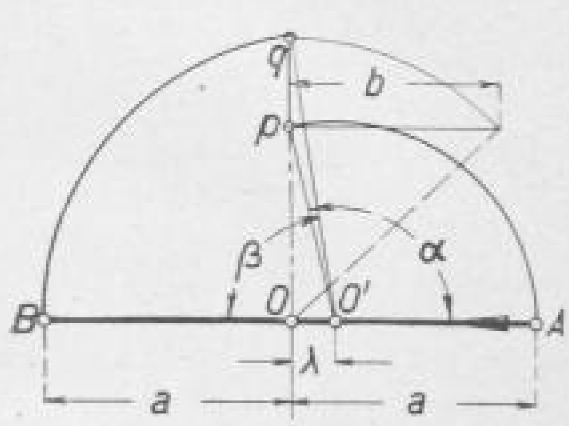

Abb. 2

Nun zu unserem Problem. Die Schwingung möge durch übermäßigen Antrieb so groß geworden sein, daß ein Prellen stattfindet, entweder am Prellstift des Zylinderganges oder durch Anstoßen des Unruhhebelstiftes an die Außenseite der Ankergabel oder sonstwie. Dann kann sich die dem erhöhten Antriebe entsprechende Schwungweite *AB* nicht mehr voll auswirken, sondern sie findet gemäß Abbildung 3 bereits in den schwarzen Punkten *E* ein ruckartiges Ende. Von der vollen Auslenkung ist also an jeder Seite die Bogenstrecke *z* abgekniffen.

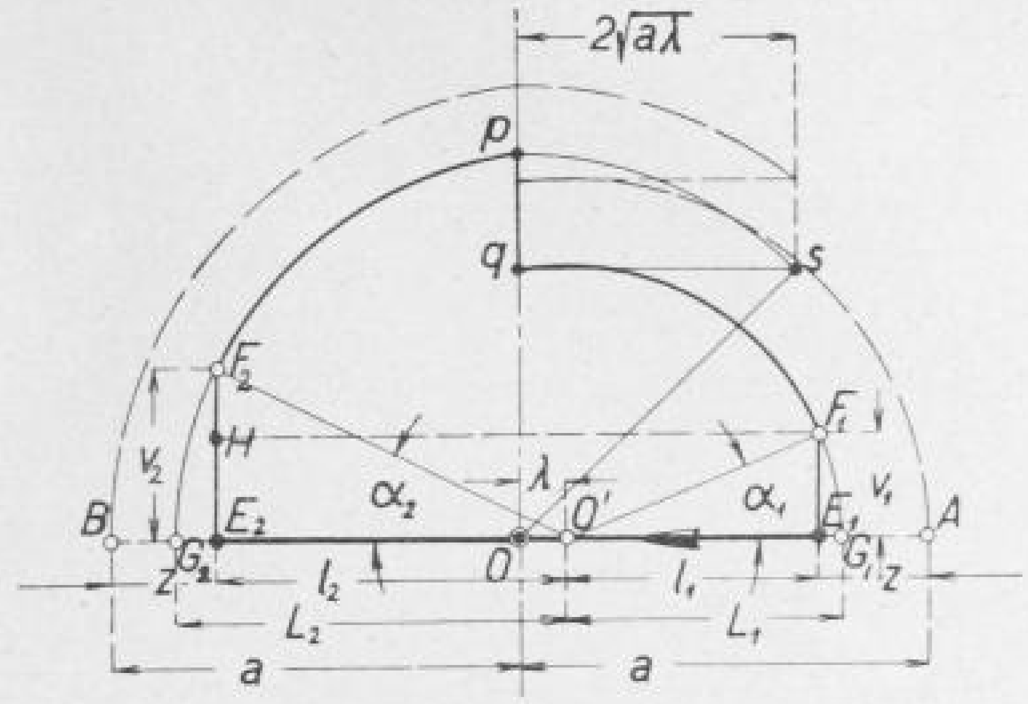

Abb. 3

An dieser Umkehrstelle treten aber die Gesetze des elastischen Stoßes in Geltung, die wir zunächst kurz klarstellen müssen, ohne dabei auf die auftretenden erheblichen Kräfte einzugehen. Läßt man nach Abbildung 4 etwa eine Stahlkugel auf einen Amboß fallen, so springt sie trotz aller Elastizität nicht mehr ganz so hoch zurück, als die Fallstrecke betrug; das besagt, daß die Kugelgeschwindigkeit kurz vor dem Aufprall ein wenig höher gewesen ist als kurz nach demselben, denn sie ist für die Steighöhe maßgeblich. Ein Teil der Fallenergie ist also beim Aufschlag vernichtet, ist in Wärme verwandelt worden. Das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten $\frac{v_2}{v_1}$ wird mit ε (Epsilon) bezeichnet und „Elastizitätsgrad" genannt. Wäre $\varepsilon = 1$, so herrschte vollkommene Elastizität, und die Kugel spränge zur alten Höhe empor, was in der Natur nicht vorkommt, obschon es hoch elastische Körper gibt, z. B. Elfenbein und manche Stahlsorten in gehärtetem Zustande. $\varepsilon = 0$ aber bedeutet völliges Fehlen jeder Elastizität, wie sie z. B. statthatt beim Herabfallen eines Tonklumpens. — Jeder ist in der Lage, den Elastizitätsgrad eines Materials durch einen solchen Versuch festzustellen, wobei aber die Unterlage in jedem Fall aus demselben Material zu machen ist wie der fallende Körper. Man beachte dabei das Gesetz $\varepsilon = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$, das wir hier nicht weiter erklären wollen. In Wirklichkeit liegt der Elastizitätsgrad bei Metallen zwischen den beiden Grenzen, und diesen Fall haben wir für den Prozeß des Prellens ins Auge zu fassen. Wir haben zu bedenken, daß die Unruh, die den Punkt E_1 mit der Winkel-

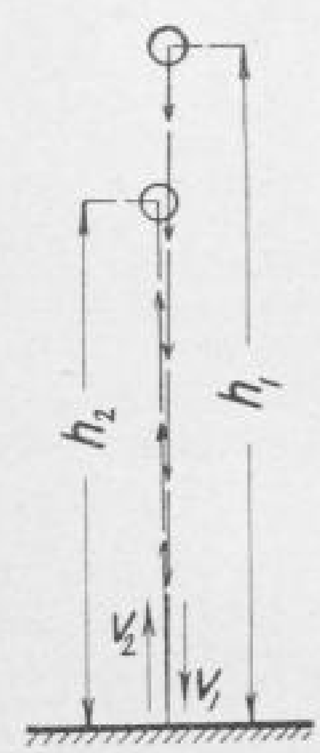

Abb. 4