Türme als einfache Hebel aufzufassen und auf diese Weise viele Aufgaben, die sehr schwierig und verwickelt zu sein schienen, in einfachster Weise mit Hilfe der Grundgesetze der Mechanik zu lösen. Und ohne Vorstellungsvermögen wären wir auch nicht imstande, vom Heben der Last am Kranhaken zu dem Dampfmaschinendiagramm überzuspringen, ohne daß wir uns um die Konstruktion im einzelnen, um Trommel, Zahnräder, Kurbel, Schubstange, Kreuzkopf kümmerten. Darum darf aber der Techniker auch nie, an keinem Punkte seiner Arbeit, die lebendige Anschauung ausschalten und glauben, sie entbehren zu können, nachdem sie ihre Schuldigkeit getan hat, sondern der Weg, der durchlaufen wurde, um das einfache Rechnungsverfahren zu finden, muß seinem Auge beständig gegenwärtig bleiben. Eine richtige Theorie kann niemals falsch sein, wohl aber kann sie falsch angewendet werden. Der Übergang von der Arbeit am Kranhaken zur Arbeit im Dampfmaschinenzylinder ist an sich korrekt — auch bei der neuen Berechnung kann sich nie etwas anderes ergeben, als daß diese Arbeiten, unter Mitberücksichtigung des Reibungsverlustes, einander gleich sind. Aber außer dieser Bedingung sind eben noch andere Forderungen zu erfüllen, die demjenigen, der seine Formeln und Verfahren mechanisch anwendet, entgehen. Vorstellungsfehler sind weit häufiger und folgenschwerer als eigentliche Rechenfehler; diese kommen infolge der vielfachen Kontrollen, die man bei jeder technischen Rechnung anzuwenden pflegt, meistens noch rechtzeitig zutage, während die richtige Annahme der Rechnungs- und Konstruktionsgrundlagen sich erst in der Ausführung der Maschine selbst kontrolliert, wenn die Richtigstellung nicht mehr möglich ist oder zu großen Kosten und Zeitverlusten führt.

6. Massenwirkungen. Schwungradberechnung.

Das Dampfmaschinenproblem, das hier erörtert wurde, führt uns übrigens noch auf ein anderes Gebiet der technischen Wissenschaft. Wenn die Maschine nicht, wie es bei einer Kranwinde der Fall ist, häufig zum Stillstand gebracht werden und wieder anlaufen muß, sondern längere Zeit gleichmäßig weiterarbeiten kann, so läßt sich die Änderung des Drehmomentes dadurch unschädlich machen, daß man ein Schwungrad anwendet, das auf der Kurbelwelle der Dampfmaschine sitzt und mit ihr herumläuft. Wie sich schon aus dem natürlichen Gefühl ergibt, ist dieses Schwungrad durch seine „Wucht“ oder „lebendige Kraft“ imstande, den Kolben über solche Strecken hinwegzuschleppen, auf denen der Dampfdruck allein die Arbeitswiderstände nicht zu überwinden vermag. Um die Wirkung des Schwungrades und seine Theorie ganz zu verstehen, müssen wir aber etwas weiter ausholen.

Stellen wir uns einmal vor, daß an einem Eisenbahnwagen, der 10000 kg wiegt, ein Seil befestigt ist, wie in Abb. 64 skizziert, und daß dieses Seil über eine Rolle *a* läuft, um dann senkrecht in einen Schacht hinunterzuhängen. An dem Ende des Seiles hängt ein Gewicht von 600 kg, das den Eisenbahnwagen nach links zieht, sobald dessen Bremsen gelöst sind. Der Wagen fährt allmählich an und kommt dann in immer raschere Bewegung, während das Gewicht entsprechend heruntersinkt. Mit großer Geschwindigkeit fährt der Wagen über den Punkt *M* hinweg weiter nach links. Das Seil legt sich jetzt gegen die zweite Rolle *b*, und es ist klar, daß das Gewicht dem Wagen folgen und wieder in die Höhe gezogen werden muß. Die Folge ist, daß der Wagen nach und nach langsamer fährt und schließlich ganz zum Stillstand kommt.

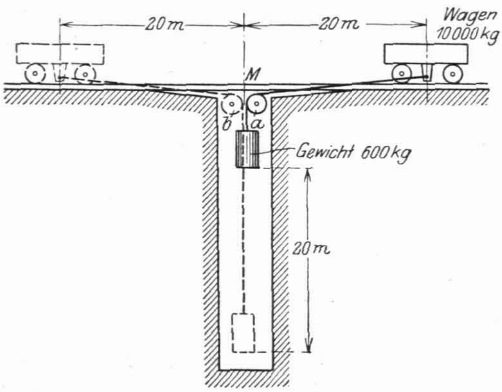

Abb. 64 Schematische Darstellung zur Erläuterung des Begriffes der „lebendigen Kraft".

Wie weit ist nun der Wagen nach links gefahren? Beim Niedersinken leistete das Gewicht eine Arbeit: 600 kg $\times$ 20 m = 12000 mkg. Diese Arbeit ist vollständig dazu aufgewendet worden, den Wagen in rasche Bewegung zu versetzen — von den Reibungswiderständen soll hier einmal abgesehen werden. Die Fallarbeit ist also sozusagen in lebendige Kraft oder Wucht des rasch fahrenden Eisenbahnwagens „verwandelt" worden. Der Eisenbahnwagen gibt nun diese Arbeitsenergie, die ihm innewohnt, wieder ab, indem er das Gewicht hinaufzieht. Verluste sind nicht eingetreten, die Arbeitsenergie von 12000 mkg wird also wieder vollständig aufgewendet, um das Gewicht zu heben, d. h. das Gewicht von 600 kg steigt wieder um 20 m in die Höhe bis in die erste Lage, und der Wagen fährt von der Mittelstellung aus um 20 m nach links.

Ganz entsprechend ist der Vorgang bei einem einfachen Pendel (Abb. 65). Das Gewicht von 2 kg, das an einem Faden aufgehängt ist, durchfällt, indem es auf dem Kreisbogen von *A* nach *M* schwingt, eine lotrechte Strecke von 10 cm und nimmt infolge der dabei geleisteten Arbeit von 2 kg $\times$ 10 cm = 20 cmkg eine beträchtliche Geschwindigkeit an. Was für einen Weg es dabei in wagerechter Richtung zurücklegt, ist für die Berechnung der Arbeit gleichgültig, denn das Gewicht wirkt nur senkrecht. Dank seiner Wucht schwingt das Pendel weiter und hebt sein eigenes Gewicht wieder um die gleiche Höhe nach *B*. Darauf vollzieht sich derselbe Schwingungsvorgang in umgekehrter Richtung.

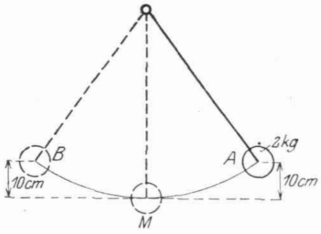

Abb. 65. Pendel.

Die beiden Beispiele lehren, daß die mechanische Arbeit eines Gewichtes oder überhaupt einer Kraft in lebendige Kraft oder Wucht eines bewegten Gegenstandes umgesetzt werden kann. Mechanische Arbeit und lebendige Kraft sind also nur zwei verschiedene Formen von Arbeitsenergie und lassen sich deshalb mit einem und demselben Maß, nämlich in Meterkilogramm (mkg), messen.

Die Grundlagen für die Berechnung der Größe der lebendigen Kraft sind am einfachsten aus den Erfahrungen zu schöpfen, die wir beim Fall eines Körpers sammeln können. Wenn wir einen Gegenstand, gleichgültig welches Gewicht er hat, im luftleeren Raum frei herunterfallen lassen, so vergrößert sich seine Geschwindigkeit bekanntlich in jeder Sekunde um 9,81 oder, rund gerechnet, um 10 m in der Sekunde. Wenn hier von einer Geschwindigkeit von 10 m in der Sekunde die Rede ist, so braucht man sich dabei nicht etwa vorzustellen, daß der Körper nun wirklich in 1 Sekunde diesen Weg von 10 m zurücklegt. Er ändert seine Geschwindigkeit vielmehr beständig, in jedem Tausendstel Sekunde, und der Ausdruck bedeutet also nur, daß der Körper, wenn er sich in derselben Weise wie in dem betreffenden Augenblick weiter bewegte, in der folgenden Sekunde 10 m zurücklegen würde.

Fassen wir etwa einen schweren eisernen Balken ins Auge, der 2000 kg wiegt, auf den also, wie wir es auch ausdrücken können, beim freien Fall eine Kraft von 2000 kg wirkt, und betrachten wir den Vorgang von dem Augenblick, wo der Balken losgelassen wird, bis zum Ende der ersten Sekunde. Zu Anfang war die Geschwindigkeit 0, zu Ende 10 m, im Durchschnitt 5 m in der Sekunde. Da die Bewegung eine Sekunde anhält, so ist die zurückgelegte Wegstrecke 5 $\times$ 1 = 5 m. In dieser Zeit wurde von dem Gewicht 2000 kg eine Arbeit: Kraft $\times$ Weg = 2000 kg $\times$ 5 m = 10000 mkg geleistet und in lebendige Kraft des fallenden Balkens verwandelt. Mit anderen Worten: die lebendige Kraft des Balkens von 2000 kg

Gewicht beträgt in dem Augenblick, wo er sich mit der Geschwindigkeit von 10 m/s (Meter in der Sekunde) bewegt, 10000 mkg.

Statt des Balkens denken wir uns jetzt gemäß Abb. 66 einen Wagen von 2000 kg Gewicht, der auf einer wagerechten Bahn fährt und durch eine Winde derselben Art, wie wir sie früher schon berechnet hatten, nach links gezogen wird, indem sich das Windenseil auf die Trommel aufwickelt. Übt die Winde eine Kraft von 2000 kg, also gleich dem Gewicht des Wagens, aus, so haben wir genau die Verhältnisse, wie beim freien Fall, d. h. nach 1 Sekunde hat der Wagen die Geschwindigkeit 10 m/s und die lebendige Kraft 10000 mkg. Regeln wir nun aber den Antriebsmotor so, daß im Seil nur ein Zug von 200 statt 2000 kg entsteht, so beträgt die Geschwindigkeitszunahme nur den zehnten Teil gegen früher, d. h. die Geschwindigkeit des Wagens ist am Ende der ersten Sekunde nur

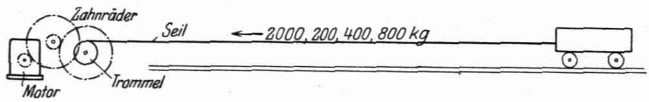

Abb. 66. Beschleunigung eines Wagens durch eine Winde.

1 m/s, die mittlere Geschwindigkeit in dieser Zeit 0,5, der zurückgelegte Weg also $0{,}5 \times 1 = 0{,}5$ m und die geleistete Arbeit oder die in dem Körper aufgespeicherte lebendige Kraft $200 \times 0{,}5 = 100$ mkg. Wenn also die Geschwindigkeit des Wagens 0,5 statt 5, d. h. den zehnten Teil beträgt, ist die lebendige Kraft nur $^1/_{100}$, nämlich 100 gegen 10000. Bei einem Seilzug von 400 kg ist in entsprechender Weise die Geschwindigkeit am Ende der ersten Sekunde 2, die mittlere Geschwindigkeit 1 m/s, der zurückgelegte Weg $1 \times 1 = 1$ m, die aufgewendete Arbeit oder lebendige Kraft $400 \times 1 = 400$ mkg. Für 800 kg Seilzug ergibt sich in derselben Weise die Geschwindigkeit am Ende der ersten Sekunde zu 4 m, die lebendige Kraft zu 1600 mkg usw. Wir erhalten also folgendes:

Die lebendige Kraft oder Arbeitsenergie des bewegten Wagens von 2000 kg Gewicht ist bei der Geschwindigkeit von

1 m/s	100 mkg
2 „	400 „
4 „	1600 „
10 „	10000 „

Hätten wir zwei Wagen von 2000 kg, also ein Gesamtgewicht von 4000 kg, so wäre natürlich die lebendige Kraft doppelt so groß.

Daraus ergibt sich die Regel: Die lebendige Kraft oder Arbeitsenergie eines Körpers, der sich mit 1 m sekundlicher Geschwindigkeit bewegt, findet man, indem man das in Kilogramm gemessene Gewicht durch 20 (genauer durch $2 \times 9{,}81$) dividiert. Um die lebendige Kraft bei anderen Geschwindigkeiten zu erhalten, ist dann 2 mal nacheinander mit der Größe dieser Geschwindigkeit, in m/s gemessen, zu multiplizieren.

Stichprobe: Ein Körper von 2000 kg Gewicht und 4 m sekundlicher Geschwindigkeit hat nach der Regel eine lebendige Kraft von $\frac{2000}{20} \times 4 \times 4 = 1600$ mkg, wie oben berechnet war.

Nehmen wir nun einmal für die 11 pferdige Dampfmaschine, die oben ausführlich behandelt wurde, nach Abb. 67 ein Schwungrad mit einem Kranz an, der 400 kg wiegt und einen mittleren Durchmesser von 1,2 m hat. Das Schwungrad dreht sich mit der Kurbelwelle 2,1 mal in der Sekunde; bei jeder vollen Umdrehung legt z. B. das Stück *a* des Kranzes einen Weg von $3\frac{1}{7} \times 1{,}2 = 3{,}77$ m zurück, so daß der Weg in der Sekunde oder die sekundliche Geschwindigkeit $2{,}1 \times 3{,}77 = 7{,}9$ m ist. Die lebendige Kraft des Kranzes ist also nach der soeben aufgestellten Regel $\frac{400}{20} \times 7{,}9 \times 7{,}9 = 1250$ mkg.

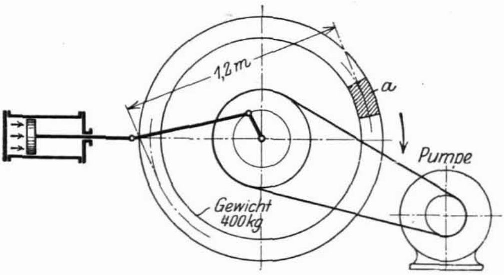

Abb. 67. Dampfmaschine mit Schwungrad zum Antrieb einer Pumpe.

Zu dieser Schwungradenergie, die sich im Durchschnitt gleich bleibt, wird jedesmal etwas hinzugefügt, wenn der Kolben überschüssige Kraft äußert, und etwas abgenommen, wenn die Kolbenkraft allein zu klein ist, um den Widerstand zu überwinden.

Denken wir uns, um die Verhältnisse recht klar zu legen, einmal folgendes: Die Dampfmaschine treibe eine Pumpe zum Heben von Wasser, die ganz gleichmäßig die Arbeitsleistung der Dampfmaschine — also 392 mkg bei jeder Umdrehung — verbraucht. Was würde nun geschehen, wenn statt der kleinen Schwankungen, wie wir sie oben betrachtet hatten, einmal eine große Unregelmäßigkeit im Betriebe der Dampfmaschine einträte, indem etwa die Dampfzufuhr während einer ganzen Umdrehung überhaupt aufhörte, die Dampfmaschine also in dieser Zeit gar keine Arbeit leistete? Würde die Maschinenanlage zum Stillstand kommen, oder was wäre die Folge?

Wir können diese Frage leicht beantworten. Im Schwungrad ist, wie soeben festgestellt, eine Arbeitsenergie von 1250 mkg aufgespeichert, so daß genügend Vorrat zur Verfügung steht, um während dieser einen Umdrehung die Arbeit von 392 mkg an die Pumpe abzugeben. Das Schwungrad geht dabei natürlich in seiner Umfangsgeschwindigkeit bedeutend zurück. Die lebendige Kraft, die ihm bleibt, ist $1250 - 392 = 858$ mkg. Die Geschwindigkeit des Kranzes ist von 7,9 auf 6,55 m/s zurückgegangen, denn bei dieser Geschwindigkeit hat der Kranz rechnungsmäßig noch die lebendige Kraft $\frac{400}{20} \times 6{,}55 \times 6{,}55 = 858$ mkg. Im gleichen Verhältnis wie die Umfangsgeschwindigkeit des Schwungrades ändert sich die Umdrehungszahl der Maschine. Während der folgenden Umdrehungen müßte die Maschine dann entsprechend mehr leisten, um das Schwungrad wieder zu beschleunigen und auf die richtige Geschwindigkeit zu kommen.

Man kann sich jetzt leicht ein Bild davon machen, wie bei den kleinen Schwankungen der Krafterzeugung, die bei der Dampfmaschine immer auftreten, die Wirkung auf den Gang der Maschine berechnet wird. Die Kolbenarbeit, die während einer bestimmten Wegstrecke überschüssig ist, tritt eben einfach zu der Arbeitsenergie des Schwungrades hinzu und vergrößert dessen Umfangsgeschwindigkeit, während das, was an erzeugter Arbeit fehlt, wieder von der lebendigen Kraft des Schwungrades abzuziehen ist. Ist die lebendige Kraft des Schwungrades sehr groß, so spielen diese Beträge eine verhältnismäßig geringe Rolle, so daß die Maschine sehr gleichförmig läuft. Das ist z. B. für den Antrieb von Generatoren zur Erzeugung elektrischen Lichtes notwendig, weil die Lichtstärke sonst schwanken würde. Bei kleiner Schwungradenergie tritt entsprechend ein ungleichförmiger Gang der Maschine ein.

Anderseits kann das Schwungrad aber auch nützlich sein, um, wie schon bei dem Antrieb der Pumpe angenommen, die Schwankungen in der Arbeitsabgabe weniger fühlbar zu machen. So verbraucht z. B. eine Maschinenwerkstätte je nachdem, ob viel oder wenig Werkzeugmaschinen gleichzeitig eingerückt sind, mehr oder weniger Kraft. Wird z. B. eine große Werkzeugmaschine außer Betrieb gesetzt, so gibt die Dampfmaschine ihre zuviel erzeugte Arbeit zunächst an das Schwungrad ab, das infolgedessen schneller zu laufen beginnt. Wenn eine gewisse Geschwindigkeit überschritten ist, so wird selbsttätig eine Regelvorrichtung betätigt, welche die Dampfzufuhr zum Zylinder einschränkt. Bei kleinen Petroleummotoren und ähnlichen Maschinen wird sogar, wie oben für die Dampfmaschine angenommen, die Kraftzufuhr während eines ganzen Spieles unterbrochen und so die Umdrehungsgeschwindigkeit der Maschine wieder heruntergesetzt.

Die Beziehung zwischen Arbeit und lebendiger Kraft spielt nicht nur für den Bau von Dampfmaschinen und anderen Motoren, sondern auch in der übrigen Technik eine wichtige Rolle. So muß z. B. bei der Kranwinde nach Abb. 56 das Gewicht von 1750 kg doch zunächst einmal in Bewegung gesetzt und auf die Geschwindigkeit von 0,35 m/s gebracht werden. Dazu gehört nach Seite 46 die Arbeit: $\frac{1750}{20} \times 0{,}35 \times 0{,}35 = 10{,}7$ mkg. Dieser Arbeitsbetrag ist, da die Leistung im übrigen schon bei einer einzigen Maschinenumdrehung 392 mkg beträgt, nicht hoch und brauchte auch nicht besonders berücksichtigt zu werden. Ganz anders aber stellen sich die Verhältnisse bei großen Hubgeschwindigkeiten, wie sie bei neueren, rasch laufenden Kranen benutzt werden; man ist hier bis zu 4 m/s gegangen, so daß die aufzuwendende Beschleunigungsarbeit sich im vorliegenden Falle auf $\frac{1750}{20} \times 4 \times 4 = 1400$ mkg stellen würde. Will man die hohe Hubgeschwindigkeit voll ausnutzen, so muß sie natürlich nach sehr kurzer Zeit schon voll erreicht werden, denn sonst vergeht der Hauptteil des Kranhubes mit dem Beschleunigen und Wiederverzögern der Last. Setzt man fest, daß die Last in $^1/_3$ Sekunde auf 4 m Sekundengeschwindigkeit beschleunigt werden soll, so bedeutet das dasselbe, wie wenn in 1 Sekunde die Geschwindigkeit 12 m/s erreicht werden sollte. Da das Eigengewicht der Last, das auf Seite 34 zu 1750 kg angenommen war, beim freien Fall nur die Geschwindigkeit 10 m/s hervorbringen würde, so muß die Kraft, die eigens zur Beschleunigung der Last aufzuwenden ist, $\frac{12}{10} \times 1750 = 2100$ kg sein, also **größer als die Last selbst.** Klar machen kann man sich den Vorgang am besten mit einer Feder oder einem Gummifaden, an den ein Gewicht gehängt wird, Abb. 68. Bewegt man den Finger schnell nach oben, so entsteht eine so starke Spannung, daß die Feder sich bedeutend dehnt; einen *Gummi-* oder Zwirnsfaden, der sonst vollkommen stark genug wäre, um das Gewicht zu tragen, kann man auf diese Weise zerreißen.

Abb. 68. Veranschaulichung der Kraft zum Beschleunigen einer Last beim Anheben.

Zu der Beschleunigungsarbeit von 1400 mkg kommt dann noch die Arbeit hinzu, die erforderlich ist, um das Triebwerk der Maschine in Gang zu setzen. Da es sich hier zum Teil um noch viel größere Geschwindigkeiten handelt — insbesondere ist bei elektrischem Antrieb auch der schwere Anker des Motors auf eine sehr hohe Geschwindigkeit zu bringen —, so kann die Beschleunigungsarbeit unter Umständen größer sein als die eigentliche Hubarbeit.

Auch bei der Berechnung der Standsicherheit des ganzen Kranes und der Festigkeit aller seiner Teile darf die Beschleunigungskraft nicht vergessen werden. Sie kommt zu der Last von 1750 kg unmittelbar hinzu, so daß mit einer Kranbelastung von $1750 + 2100 = 3850$ kg zu rechnen ist, allerdings nur während der Zeit, in der die Beschleunigung stattfindet.

Eine wiederholte Umsetzung von einer Energieform in die andere tritt beim Geschütz auf. Im Geschützrohr entsteht durch die Entzündung des Pulvers ein sehr hoher Gasdruck, der das Geschoß aus der Mündung heraustreibt und ihm eine große Geschwindigkeit erteilt. Abgesehen von den Verlusten muß wieder die innerhalb des Geschützrohres geleistete Arbeit gleich der lebendigen Kraft des Geschosses sein.

Nehmen wir ein Geschoß (ohne Sprengladung) von 300 kg Gewicht an, das mit 400 m Sekundengeschwindigkeit die Mündung des Rohres verläßt, so berechnet sich die Energie des Geschosses zu $\frac{300}{20} \times 400 \times 400 = 2{\cdot}400000$ mkg. Ein Teil dieses Arbeitsvermögens wird durch den Luftwiderstand aufgezehrt und der Rest zur Zerstörung des Zieles, auf welches das Geschoß auftrifft, sowie zur Zerstörung des Geschosses selbst verwendet. Die Wirkung ist nun ganz wesentlich davon abhängig, wie lang der Weg ist, auf welchem dem Geschoß die Arbeit entzogen wird. Nehmen wir an, nach Abzug der Luftreibungsarbeit blieben 2000000 mkg übrig und das Geschoß würde auf eine harte Stahlplatte treffen, in die es nur 5 cm, also $^1/_{20}$ m eindringen kann, so wäre die auf diesem kurzen Wege geäußerte Kraft im Durchschnitt $\frac{2\,000\,000 \text{ mkg}}{1/20 \text{ m}} = $ **40000000 (40 Millionen) kg.** Je kürzer der Weg, desto größer die Kraftäußerung.

Nutzbare Arbeit zu leisten, Bewegungsenergie an einen anderen Körper abzugeben ist indessen mit einer solchen momentanen Kraftäußerung nicht möglich. Dazu gehört vielmehr, daß die Kraft eine gewisse Zeit, während eines gewissen Weges, gleichmäßig wirkt. Beim plötzlichen Stoß kann der getroffene Körper nicht folgen; die Kraftäußerung ist zwar sehr groß, der Weg des Körpers aber fast 0, und daher die nutzbar übertragene mechanische Arbeit, die das Produkt Kraft $\times$ Weg darstellt, verschwindend gering. Die Stoßarbeit wird fast vollständig zur Zerstörung der aufeinandertreffenden Teile verwendet.

Im Maschinenbau vermeidet man daher mit allen Mitteln das

Eintreten von Stoßwirkungen. Jeder Stoß bedeutet nicht nur einen Arbeitsverlust, sondern auch eine Zerstörung des Werkstoffes. Eine Maschine, bei der das Getriebe sich abgenutzt hat und nicht ausgebessert wird, so daß sich zwischen den einzelnen Teilen Zwischenräume befinden und das eine Glied erst auf das andere trifft, wenn es sich schon in rascher Bewegung befindet, geht gewöhnlich sehr bald vollends zugrunde. Jede Maschine sollte möglichst ruhig und geräuschlos laufen. Hört der Maschinenwärter, daß Stöße auftreten, so muß er sofort die Ursache zu beseitigen suchen.

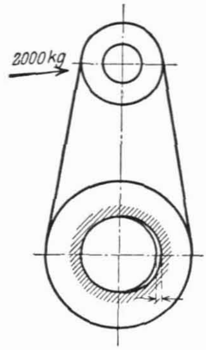

Abb. 69. Übergroßes Lagerspiel bei einer abgenutzten Maschine.

Angenommen, die Welle einer Dampfmaschine hätte, wie in Abb. 69 skizziert, 1 mm Spiel in ihrem Lager, und sie würde beim Hin- und Hergang durch die Schubstangenkraft von 2000 kg einmal vorwärts und einmal zurückgeschoben, wobei sie natürlich mit hartem Schlag auf die Lagerschale auftrifft, so ist die Arbeit, die dafür aufgewandt wird, $2 \times 2000\,\text{kg} \times 0{,}001\,\text{m} = 4\,\text{mkg}$. Macht die Maschine in der Sekunde 3 Umdrehungen, so werden $3 \times 4 = 12$ mkg in der Sekunde, also ungefähr $^1/_6$ Pferdestärke, rein dazu aufgewandt, die Maschine zu zerstören. Die Wirkung ist ungefähr dieselbe, wie wenn 1 bis 2 Männer mit kräftigen Hämmern auf die Maschine losschlügen.

7. Reibung und die technischen Mittel, sie zu vermindern.

Während sich die Stoßverluste durch richtige Bauweise und Instandhaltung der Maschine meistens vermeiden lassen, kann man die Verluste durch Reibung nie ganz ausschalten, doch strebt man natürlich dahin, sie möglichst klein zu halten.

Legt man bei einem Versuche nach Abb. 70 ein Gewicht Q auf eine Unterlage und sucht man dann mit einer Schnur den Klotz fortzuziehen, so muß diese Schnur mit einem ganz bestimmten Gewicht P belastet werden, um das Gewicht Q in Bewegung zu setzen. Zum Beispiel finde sich, daß zur Bewegung einer Last $Q = 10$ kg eine Kraft $P = 2$ kg nötig ist, daß

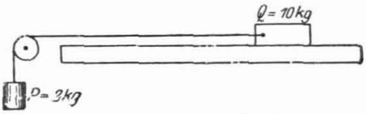

Abb. 70. Einfacher Reibungsversuch.

also Kraft und Last im Verhältnis 1 : 5 zueinander stehen. Dieses selbe Verhältnis, das mit dem Worte „Reibungsziffer“ bezeichnet wird, findet sich dann angenähert auch bei anderen Belastungen, so