

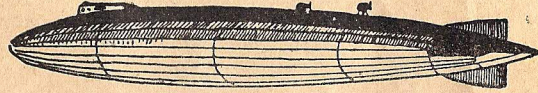
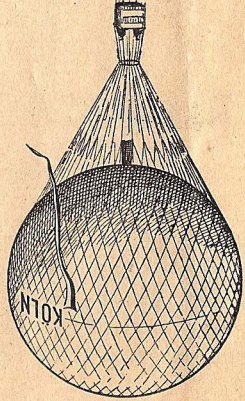
6. In einem zweiten Versuch machen wir mit Gas gefüllte Seifenblasen, indem wir das mit der Gasleitung verbundene Winkelrohr mit Seifenwasser benetzen und den Gasabfluß langsam öffnen. Jetzt steigen die Blasen gleich Luftballonen zur Decke empor.

7. Berechne die Tragkraft eines Ballons von 500 m<sup>3</sup> Inhalt wenn 1 l Luft 1,3 g, 1 l Heizgas 0,8 g wiegt.

$$\begin{aligned} \text{Auftrieb für 1 l Gasfüllung} &= 1,3 - 0,8 \text{ g} = 0,5 \text{ g} \\ \text{Auftrieb für 1 m}^3 &= 1000 \cdot 0,5 \text{ g} = 0,5 \text{ kg} \\ \text{Auftrieb für 500 m}^3 &= 500 \cdot 0,5 \text{ kg} = 250 \text{ kg} \end{aligned}$$

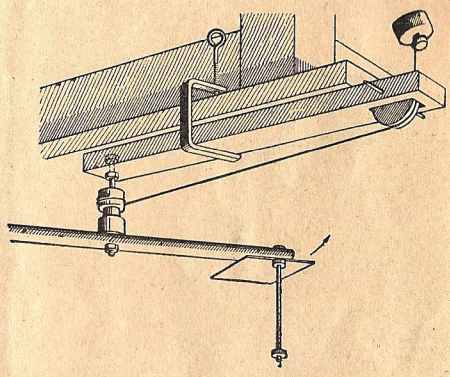
Ein Luftballon steigt, wenn die Hülle, das Netz, der Korb, die Instrumente, das Schleppseil, der Anker, der Ballast und die Gasfüllung leichter sind als die verdrängte Luft.

8. Ein Liter Wasserstoffgas wiegt nur 0,1 g. Daher gibt 1 m<sup>3</sup> Wasserstoffgas einen Auftrieb von ungefähr 1 kg. Die Zeppelein-Luftschiffe waren mit Wasserstoffgas gefüllt. Der Inhalt eines solchen Luftschiffes war 200 000 m<sup>3</sup>. Wie groß war sein Auftrieb und wieviel Nutzlast an Reisenden und Gepäck konnte es befördern, wenn sein Gewicht 100 000 kg betrug?



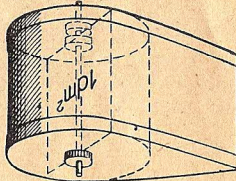
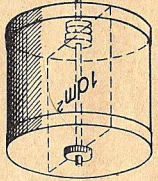
9. Bis zum Jahre 1891 glaubte man, daß es unmöglich sei, mit Einrichtungen zu fliegen, die schwerer als Luft sind. Otto Lilienthal war der erste, dem es gelang, mit einem Apparat, ohne Auftrieb durch Gas, zu fliegen, d. h. von erhöhtem Standpunkt abwärts zu gleiten. Von 1891 bis 1896 gelangen ihm Gleitflüge bis zu 300 m.

10. Er hatte Erfolg, weil er zuerst mit einer Art Umlaufapparat den Luftwiderstand studiert hatte.



Wir bauen unter Benutzung von Teilen aus dem Ergänzungskasten „Flugphysik“ einen kleinen Umlaufapparat.

Zuerst schrauben wir den Dreharm durch die Bohrung in seiner Mitte mit der hölzernen Welle zusammen. Die eiserne Achse ist schon vorher in der Bohrung am einen Ende der Tragleiste zwischen ihren beiden Müttern befestigt worden. Dann steckt man die Welle mit dem Dreharm auf diese Achse. (Ein Tropfen Öl auf das obere Ende der Achse vermindert die Reibung). Nun hängen wir eine mit großer Schleife versehene Schnur an den seitlich von der Welle abstehenden kurzen Stift und wickeln sie durch Zurückdrehen des Armes zweimal um die Welle. In der Zeichnung ist



weiterhin ersichtlich, wie diese Schnur über eine kleine Rolle geführt ist, daß sie durch angehängte Gewichte von etwa 200 g in Drehung gesetzt werden kann.

Für die folgenden Versuche soll an jedem Ende des Dreharmes eine der quadratischen Flächen flach liegend befestigt werden, unter Benutzung der langen Stabschrauben. Wenn wir den Arm loslassen, setzt er sich in Bewegung. Nach Ablauf der zweiten Umdrehung gleitet die Schnurschleife vom Stift ab, die Welle bleibt in der Weiterdrehung sich selbst überlassen. Wir zählen dabei die Umdrehungen ohne die ersten zwei, durch die der Antrieb erfolgt, also von dem Augenblick an, da die Schnur abgelöst ist. Wir zählen diesen Anfang mit 0, nicht etwa schon mit 1 und schätzen auch die letzte Teilumdrehung ab zu 1 3/4, 1 1/2 oder besser, 1,2, 1,7, 1,9 usw. Es werden vielleicht 45 Umdrehungen sein.

11. Nun befestigen wir die eine Fläche aufrechtstehend und bemerken, daß der Arm schon nach viel weniger Umdrehungen zum Stillstand kommt. Offenbar hat die Luft der Fläche Widerstand entgegen gesetzt.

12. In einer Wiederholung des Versuches werden beide Flächen senkrecht gestellt, und der Arm macht noch weniger Umdrehungen. Wir sehen daraus, daß der Luftwiderstand mit der Größe der bewegten Flächen zunimmt. Auf eine zweimal so große Fläche wirkt auch zweifacher Luftwiderstand. Man hat den Luftwiderstand genau gemessen. Auf eine Fläche von 1 m<sup>2</sup>, die sich mit 1 m Geschwindigkeit je Sekunde gegen die Luft bewegt, drückt der Luftwiderstand so stark, daß eine Zugkraft von 64 g aufgewendet werden muß.

13. Man hat durch Versuche festgestellt, daß bei doppelter Geschwindigkeit der Luftwiderstand nicht zweifach, sondern 4fach ist, daß bei dreifacher Geschwindigkeit der Luftwiderstand nicht dreifach, sondern 9fach ist, daß bei vierfacher Geschwindigkeit der Luftwiderstand nicht vierfach, sondern 16fach ist. Wer könnte sagen, wievielfach der Luftwiderstand bei 5-, 8- und 10facher Geschwindigkeit ist? (25fach, 64fach, 100fach.) Wir haben gemerkt, daß man die Geschwindigkeit mit sich selbst vervielfachen muß.

Nach dem vorhergehenden Versuch nimmt er auch mit der Größe der Fläche zu, also: Luftwiderstand = Fläche × Geschwindigkeit × Geschwindigkeit × 64 g.

14. Welchen Luftwiderstand erfährt somit die Windschutzscheibe eines Autos bei 1/2 m<sup>2</sup> Fläche und einer Geschwindigkeit von 72 km in der Stunde?

Zuerst rechnen wir um auf die Geschwindigkeit je Minute

$$72\,000 \text{ m} : 60 = 1200 \text{ m}$$

dann die Geschwindigkeit je Sekunde

$$1200 \text{ m} : 60 = 20 \text{ m}$$

Daraus ergibt sich Luftwiderstand =

$$0,5 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 64 \text{ g} = 12\,800 \text{ g} = 12,8 \text{ kg}.$$

Würde man im fahrenden Auto stehen und die Windschutzscheibe frei vor sich hinhalten, müßte man fortwährend soviel Kraft aufwenden, wie wenn man 12,8 kg tragen würde. Zur Überwindung des Luftwiderstandes, der nicht nur auf die Scheibe, sondern auch noch auf die übrige Fläche des Autos wirkt, muß bei großen Geschwindigkeiten ein beträchtlicher Teil der Motorkraft aufgewendet werden.

15. Der vorgezeigte zylindrische Körper ist in seiner Größe so gewählt, daß er im Querschnitt ein dm<sup>2</sup> mißt, also ein gleich großes Loch in die Luft macht, wie unsere quadratische Fläche.