

Der aerostatische Flug.

Für Schüler der Oberklassen dargestellt vom k. k. Gymnasiallehrer
Dr. Johann Buchstätter.

Die außerordentlichen Erfolge der Aeronautik in jüngster Zeit haben ein Interesse für die Probleme der Luftschiffahrt wachgerufen, das allgemein genannt werden muß. Die landläufige Berühmtheit eines Zeppelin, Parseval, Wright, Blériot kann eben nur in echtster Popularität ihrer Erfindungen wurzeln. Zudem greifen aber auch immer mehr Büchermarkt und Tagespresse durch reichliche aeronautische Darstellungen in Wort und Bild anspornend und fördernd ein. Ob jedoch mit all dem wahllos einherstürmenden Materiale jedem einzelnen ehrlich gedient ist, bleibt freilich eine andere Frage. Eine naturgemäße Sichtung und Scheidung nach physikalischen Grundlagen mag immerhin am Platze sein. Da unter den beiden großen Systemen „Leichter als die Luft“ — „Schwerer als die Luft“ speziell das erstere einen Entwicklungsgrad erlangt zu haben scheint, der eine wesentliche Steigerung ausschließt, so ist es naheliegend, zunächst den aerostatischen Flug einer wiederholenden und ergänzenden Diskussion zu unterziehen, soweit es die durch die Schule bereits gesicherten physikalischen Kenntnisse erlauben. Eine zusammenfassende Ordnung folgt schließlich nur der altbewährten Parole „Multum non multa“, sofern sie nicht lieber heißen soll „On revient toujours à ses premiers amours“.

I. Der Freiballon.

Wie der bekannte Versuch mit dem Dasymeter und subtilere Überlegungen zeigen, gilt das archimedische Prinzip der Hydromechanik auch in vollem Umfange für Gase: Ein in eine Gasmasse ganz eingetauchter Körper verliert scheinbar soviel an seinem Gewichte als die von ihm verdrängte Gasmasse wiegt. Insbesondere folgt daraus, daß Körper, die leichter als Luft sind, in der Atmosphäre solange einen vertikalen Auftrieb erfahren werden, bis ein Gleichgewichtszustand geschaffen ist, woraus sich eben der Name aerostatischer Flug erklärt.

Ist V das Volumen eines derartigen Luftschwimmers, σ sein spezifisches Gewicht und s jenes der ihn umgebenden Luft, stellt ferner Q die Belastung durch allerlei Beiwerk dar, so ist die Größe des effektiven Auftriebes A durch die Formel

$$A = V (s - \sigma) - Q$$

auch numerisch festgelegt. Daraus ist ersichtlich, daß zur Erzielung eines Maximums an Steigkraft V möglichst groß, σ und Q dagegen tunlichst klein zu wählen sind.

Theoretisch wäre vor allem der Wert $\sigma = 0$ der günstigste, also das Vakuum. Aber der zähe Widerstreit zwischen Theorie und Praxis macht hier schon einen bösen Strich durch die schöne Rechnung. Denn da der Atmosphärendruck rund 1 kg per cm^2 Oberfläche beträgt, würde jedes derartige Gebilde entweder aus massiven Panzerplatten herzustellen sein und somit aus aerostatischen Gründen illusorisch werden oder anderenfalls unbedingt noch im Entstehen zusammenbrechen.

Die Lösung des Flugproblems mußte demnach nur in der Auffindung eines Gases liegen, das leichter als Luft ist und, in leichte Hüllen eingeschlossen, Auftrieb und zugleich auch Kompensation des Luftdruckes bewirkt.

Über die rationellste Form des Aerostaten war man rasch im klaren. Denn da aus mathematischen Gründen unter allen Körpern von gleichem Volumen die Kugel die kleinste Oberfläche besitzt, so erwies sich von allem Anfang an dieselbe als vorteilhafteste Ballongestalt. Ihre Hülle stellt nicht nur relativ ein Minimum an Gewicht dar, sondern es reduzieren sich auch die Diffusionserscheinungen auf ein Mindestmaß. Ein Bedenken ist zwar noch vorhanden. Wenn auch größere Ballone einen bedeutenderen Auftrieb erfahren, so nimmt doch mit der Größe des Flugkörpers auch seine Oberfläche zu, wodurch nicht nur eine Gewichtsvermehrung der Hülle, sondern auch eine erhöhte Diffusionsmöglichkeit bedingt ist. Da jedoch die Oberflächen zweier Kugeln sich wie die zweiten Potenzen, die Volumina wie die dritten Potenzen ihrer Radien verhalten, so ist offenbar ein großer Ballon brauchbarer als ein kleiner.

Weit mehr Schwierigkeiten bot dagegen, wie die historische Entwicklung der Luftschiffahrt lehrt, die Ermittlung des Füllgases. Die geläufige Tatsache, daß erwärmte Luft spezifisch leichter als kalte ist, hatte so lange Zeit dieselbe Bedeutung wie das berühmte „Ei des Kolumbus“, bis die Brüder Montgolfier im Jahre 1783 den theoretischen Bann durch praktischen Erfolg brachen. Ihre Tat verdient die Unsterblichkeit, wenngleich die Heißluftballone, Montgolfieren genannt, bald außer Gebrauch kamen. Denn abgesehen von den mit der Feuerung verbundenen gefährlichen Begleitumständen, die auf den

Ballon selbst schädigende Wirkungen ausüben können, zeigen Heißluftballone doch eine zu belanglose Steigkraft. Nach der Formel

$$s = \frac{b}{760} \cdot \frac{0.001293}{1 + at},$$

die das spezifische Gewicht der Luft bei b *mm* Barometerstand und t° C Temperatur anzeigt, ergibt sich für eine Temperaturerhöhung der Innenluft des Ballons von 0° auf 100° ein Auftrieb von 0.35 *kg* per m^3 ; andererseits folgt ebendaraus im Verein mit der Barometerformel

$$H = 18400 m (\log b_h - \log b_{h_1})$$

und unter der Voraussetzung konstanter Temperatur der Außenluft, daß bereits in rund 2500 *m* Höhe 1 m^3 Luft von 0° ebensoviel wiegt wie 1 m^3 Luft von 100° in Meereshöhe, wodurch der Auftrieb sein Ende erreicht hat.

So war es also von tiefstgehender Bedeutung, als kurz nach dem Erfolge der Montgolfier Professor Charles einen mit Wasserstoff gefüllten Ballon zum Aufstiege brachte. Da die Dichte des Wasserstoffes in reinem und trockenem Zustande 0.0692 beträgt, wenn die Dichte der Luft 1 gesetzt wird, so resultiert ein Auftrieb von rund 1.2 *kg* per m^3 . Und da auch die Architektur des Ballons, nach dem ersten Erbauer Charliere genannt, bis auf den heutigen Tag muster-gültig blieb, so muß Charles als der eigentliche Begründer der Aero-nautik angesehen werden.

Auf der Suche nach einem billigeren Füllgase als es der Wasserstoff war, dessen elektrolytische Gewinnung man damals noch nicht kannte, verwendete der Niederländer Minkelaers Leuchtgas, das dann besonders durch den Berufsluftschiffer Green zu Ehren kam, obwohl der Auftrieb nur den Betrag von 0.7 *kg* per m^3 erreicht. Und damit ist auch schon die Reihe der praktisch verwendbaren leichten Gase erschöpft. Erwähnt sei noch, daß man auch daran dachte, den Wasserdampf zur Füllung zu verwerten, aber bald seine durch die rasche Kondensation begründete Untauglichkeit einsah.

Es ergibt sich mithin als weitere Frage, welchen Einfluß denn der nicht beliebig zur Verfügung stehende Wert s , also das spezifische Gewicht der Luft, auf den Auftrieb nimmt. Seine Variationen hängen mit Änderungen des Druckes, der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft zusammen. Abgesehen von der Dichteabnahme der Luft in höheren Regionen, zahlenmäßig kontrollierbar mittelst der beiden vorhin erwähnten Formeln, bedingen allein schon die Barometerschwankungen in unseren Gegenden, die den Betrag von 40 *mm* erreichen, eine Auftriebsdifferenz von 70 *g* per m^3 . Eine Temperatursteigerung um 1° hat ferner eine Abnahme des Auftriebes um 5 *g* per m^3 zur Folge. Die Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalte klärt

endlich folgende Überlegung auf: Da man experimentell aus 1 g Wasser 1.7 l Wasserdampf von 100° und 760 mm Druck bekommt, so folgt aus der Dampfdichteformel

$$\delta = \frac{p}{v} \cdot \frac{760 (1 + \alpha t)}{b} \cdot \frac{1}{0.001293}$$

für Wasserdampf der Wert 0.6216. Mit Zuhilfenahme der bekannten Tabelle nach Regnault, die den im Zustande der Sättigung bei den verschiedenen Temperaturen in 1 m³ Luft enthaltenen Wasserdampf in g angibt, erfährt man, daß bei

20°	eine	Gewichtsdifferenz	von	11 g,
10°	„	„	„	6 g,
0°	„	„	„	3 g,
— 10°	„	„	„	1 g,
— 20°	„	„	„	0.7 g

zwischen trockener und feuchtigkeitsgesättigter Luft per m³ besteht. Der Feuchtigkeitsgehalt wird also umsomehr irrelevant sein, je tiefer die herrschende Temperatur ist, mithin jedenfalls in größeren Höhen.

Auf diese Weise sind nun alle Größen rechnerisch fixiert, die einen mehr oder minder hohen Betrag von *Q* in der eingangs erwähnten Auftriebsformel zulassen. Dieser Belastungswert setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Gashülle samt Netzwerk und Ring, der Gondel samt Ausrüstung und Besatzung. Die Ausrüstung besteht wieder aus Ballastsäcken, Schleppeine, eventuell auch Anker, aus Instrumenten und Proviant. Ausgehend von Papierballons, gelangte man im Laufe der sich rasch entwickelnden Ballonbautechnik zum Gebrauche von Hüllen aus Seide oder Baumwollstoffen, die aus gerade oder diagonal doublierten Geweben mit zwischen- und darübergewalzter Gummischicht gefertigt sind. Ist dadurch die unerläßliche Zerreißfestigkeit und größtmögliche Gasdichtigkeit gesichert, so bezweckt die in neuester Zeit auf Grund eingehender Versuche gewählte Gelbfärbung, den Gummi vor den schädlichen Wirkungen der Sonnenstrahlen zu schützen. Das Ballonnetz ist aus festen Hanfseilen hergestellt, die durch einen Ring zusammengehalten werden; derselbe trägt die Gondel, meist ein Korb aus starkem Weidengeflecht, und ferner die lange, schwere Schleppeine. Dieser fällt eine doppelte Aufgabe zu. Vereiteln nämlich Wolken die Orientierung durch die Erde, so zeigt sie durch eine Wölbung in die Fahrtrichtung den Bewegungssinn an. Beim Niedergehen aber entlastet das auf dem Erdboden aufliegende Ende den Ballon derart, daß die Fallgeschwindigkeit wesentlich herabgemindert und ein glattes Landen ermöglicht wird. Die als Ballast mitgeführten Sand- oder Wassersäcke endlich dienen zur Steigerung und Regulierung des Auftriebes, wobei jedoch ihre außerordentliche Wichtigkeit als Bremsmittel beim Abstiege nicht übersehen werden darf.

Es erübrigt noch, einiger Balloncharakteristika technischer Natur zu gedenken. Der Ballon weist drei Öffnungen auf. Auf der Unterseite befindet sich die Füllöffnung mit dem schlauchartigen Füllansatz, der während der Fahrt offen bleibt, um ein automatisches Abströmen des Füllgases zuzulassen, sobald infolge der Abnahme des äußeren Luftdruckes oder der Zunahme der Expansivkraft des Füllgases, hervorgerufen durch die Sonnenstrahlung, eine Sprengung der Hülle unvermeidlich geworden wäre; bei der Sinkbewegung hingegen schließt ihn ebenfalls selbsttätig die dichtere Lufthülle tieferer Regionen. An der höchsten Stelle trägt der Ballon ein Klappenventil, das mittelst einer durch das Balloninnere laufenden Leine von der Gondel aus willkürlich geöffnet werden kann, wenn man zur Fallbewegung übergeht. Die dritte Öffnung ist erst in letzter Zeit als Ersatz für den Anker hinzugekommen. Sie reicht vom Auslaßventil bis gegen die Mitte des Ballons, ist schlitzförmig und durch einen darübergewöhnlichen oder daraufgeklebten Stoffstreifen verschlossen. Erst durch die Anbringung dieser sogenannten Reißbahn ist ein völlig gefahrloses Landen garantiert, indem bei Schleifefahrt der Ballon durch Aufreißen der Öffnung augenblicklich entleert werden kann.

Derart ausgestattet, hat der Freiballon heute wohl den höchsten Grad an Vollkommenheit erreicht. Und blieb ihm auch in seiner Jugend die sensationelle Ausnützung durch herumziehende Luftakrobaten nicht erspart, so erhielt seine Verwendung doch schließlich einen idealeren Zug, indem er zum Werkzeug sportlicher, militärischer und wissenschaftlicher Interessen vorrückte. Die planmäßig vorgenommenen Ziel-, Hoch-, Weit- und Dauerfahrten, bei denen ein bestimmtes Ziel oder eine Maximalleistung in vertikaler, horizontaler, zeitlicher Ausdehnung angestrebt wird, müssen als Sportunternehmungen bezeichnet werden, die an entschlossene Herzhaftigkeit, Geschicklichkeit, Vorsicht und Ausdauer die höchsten Anforderungen stellen. Als unübertroffene Leistung in Hochfahrten steht der von Berson und Süring im Jahre 1901 mit dem Ballon Preußen ausgeführte Aufstieg obenan, indem dabei eine Höhe von 10.500 *m* erreicht wurde. Graf de la Vaulx flog im Jahre 1900 in 35 $\frac{3}{4}$ Stunden von Paris über Deutschland nach Kiew in Rußland und schuf durch diese Weitfahrt von rund 1900 *km* den größten Fernflug. Eine an Dauer bisher unerreichte Fahrt endlich führten die Brüder Wegener aus Frankfurt aus, indem sie im Jahre 1905 in Berlin aufstiegen und nach 52 $\frac{1}{2}$ stündiger ununterbrochener Fahrt in England landeten. Unter allen Sportzweigen ist sicherlich nur die Hochtouristik in Mühen und Lohn vergleichsweise heranziehbar. Wer aber je dem Zauber der Bergwelt mit tiefer Ergriffenheit erlag, ahnt auch die echte Wahrheit der Worte Charles': „Niemals wird etwas dem Augenblick

von Freudigkeit gleich sein, der sich meiner bemächtigte, als ich fühlte, daß ich der Erde entfloh“.

Die militärische Praxis bringt die Verwendbarkeit und Wertung des Ballons prägnanter zum Ausdruck. Schon im Jahre 1794 war Frankreich im Besitze einer Luftschiffertruppe, die fünf Jahre später aus finanziellen Rücksichten aufgelöst wurde und nur einen im Jahre 1796 bei Wetzlar von Österreichern erbeuteten Ballon, der jetzt im Wiener Heeresmuseum aufbewahrt wird, als schöne Jugenderinnerung zurückließ. Erst während der Belagerung von Paris im großen deutsch-französischen Kriege feierte der Militärballon endgültige Auferstehung und fand rasch als Fesselballon allgemeine Verbreitung. Als vollendetster Typus mag der von Parseval nach den Prinzipien des unstarren Lenkschiffes gebaute Drachenballon Deutschlands gelten.

Nachhaltigsten Nutzen zog auch die Wissenschaft aus dem Gebrauch des Freiballons. Eine Reihe von Forschern bereicherte unermüdlich unsere Kenntnisse über die thermometrischen, hygrometrischen, elektrischen und magnetischen Zustände der Atmosphäre. Unvergängliches Verdienst erwarben sich dabei an erster Stelle die französischen Physiker Gay-Lussac und Biot, desgleichen die Engländer Glaisher und Coxwell. Das wertvollste und einwandfreieste Forschungsmaterial aber sammelten die Deutschen, wobei besonders die Leistungen des Professors Aßmann und seiner beiden bereits genannten Assistenten Berson und Süring hervorzuheben sind. Seit durch die Erfindung der mit selbstaufzeichnenden Instrumenten ausgestatteten Registrierballone auch mit der vom menschlichen Organismus angesetzten Grenze aufgeräumt wurde, hat sich der Operationsbereich sehr erweitert und im Jahre 1905 brachte ein Registrierballon sogar aus einer Höhe von 25.800 *m* Kunde. Die von der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt alle Monate veranstalteten Simultanfahrten lassen erwarten, daß die Wetterprognose mehr und mehr verlässliche Fundamente erhält.

Hier wird auch der Freiballon nach wie vor eine unersetzliche Bedeutung haben. Wurde einst sein Besitz mit Todesopfern erkaufte, so ist er doch heute ein treuer Diener dem, der seine sensitive Natur zu meistern versteht. Sachkundigkeit und Geschicklichkeit sind die Grundlagen aller Aeronautik. Cum grano salis: „Es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen.“

II. Der Lenkballon.

Der Freiballon war über die ersten schüchternen Flugversuche nicht hinausgediehen, als man schon mit heißem Bemühen daranging, ihn lenkbar zu machen. Aber die ungeheuren Schwierigkeiten, die das Vortriebsproblem zu lösen stellte, ließen den Lenkballon lange Zeit

als eine Utopie erscheinen. Erst fortschreitende Kultur und mächtig aufblühende Technik verhalfen zu dem befriedigenden Resultate der Gegenwart.

Vor allem leuchtet ein, daß ein lenkbarer Ballon eine solche Eigengeschwindigkeit besitzen muß, die ihn von der jeweiligen Windrichtung unabhängig macht, da anderenfalls seine Bewegung in einem bloß passiven Triften mit der Windströmung bestehen würde. Aus langjährigen wissenschaftlichen Beobachtungen ergab sich zunächst die Tatsache, daß rund 10% aller Winde im Laufe eines Jahres eine Geschwindigkeit von 14 *m* aufweisen, wogegen 90%, also das Gros derselben, unter diesem Betrage rangiert. Desgleichen vermittelte zunehmende Erfahrung die weitere Kenntnis, daß mit wachsender Höhe auch im allgemeinen die Windgeschwindigkeit ansteigt und in 1000 bis 2000 *m* Höhe den doppelten Betrag von jener erreicht, die am Boden herrscht. Soll demnach ein Ballon wenigstens an 90% aller Tage eines Jahres fahrbar sein, so verlangt er im Minimum eine Eigengeschwindigkeit von 14 *m*. Da nun der Luftwiderstand bekanntlich der zweiten Potenz der entwickelten Geschwindigkeit proportional ist, der zurückgelegte Weg selbst eine lineare Funktion der Geschwindigkeit darstellt, so muß offenbar die Arbeitsleistung der dritten Potenz der Geschwindigkeit proportioniert ausfallen. Wie sehr also die Lösung des Lenkproblems mit der Erfindung einer aus aerostatischen Gründen leichten, dabei aber doch besonders leistungsfähigen Maschine zusammenhing, ist ohneweiters einzusehen. Die sukzessive Bewältigung dieser Kernfrage schuf vier scharf von einander getrennte Perioden in der Entwicklung des Motorluftschiffes.

Die erste Periode umfaßt die Zeit, in der man mit Menschenkraft zu operieren suchte. Die dürftigen Resultate und die Aussichtslosigkeit, auf diese Weise eine nennenswerte Leistung zu erzielen, verdrängten sodann auf lange Zeit jedes Interesse und allen Glauben, die geeignete motorische Kraft je zu finden.

Die zweite Periode, nach der ein tatsächlicher Beginn der Ballonlenkung zu datieren ist, wurde durch einen von Giffard im Jahre 1852 erfolgreich unternommenen Aufstieg eingeleitet. Derselbe verwendete einen mit Leuchtgas gefüllten, spindelförmigen Ballon von 44 *m* Länge, 12 *m* größtem Durchmesser und 2500 *m*³ Fassungsraum. Aber nicht die Ballonform und die Benützung einer Luftschaube als Propeller-
vorrichtung, die schon in dem von Meusnier im Jahre 1784 ausgearbeiteten Projekt eines Lenkballons aufscheinen, waren die große Neuheit, sondern die von ihm erfundene Dampfmaschine, die bei einem Gewicht von 150 *kg* eine Arbeitsleistung von 3 *PS*. lieferte. War auch die erzielte Geschwindigkeit von 2–3 *m* eine minimale, so zeigt sich doch der gewaltige Fortschritt deutlich darin, daß vor ihm die Benützung mechanischer Motoren wegen des immensen Ge-

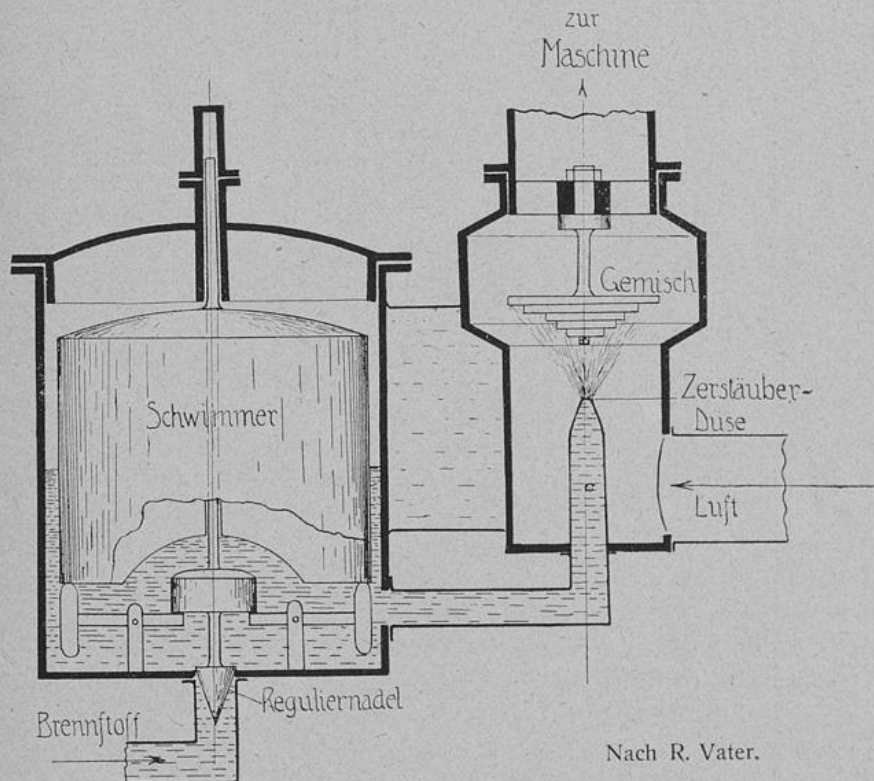
wichtiges von 250 *kg* per *PS.*, wie es die damals allein in Frage kommenden Dampfmaschinen beanspruchten, ein Ding der Unmöglichkeit war. Als im Jahre 1855 bei einem neuerlichen Versuche mit einem vierpferdigen Dampfmotor, der eine Geschwindigkeit von 4 *m* erzeugte, Giffard infolge Abgleiten des Netzes von dem sich senkrecht stellenden Ballon beinahe verunglückte, flaute das ein wenig belebte Interesse für die Luftschiffahrt rasch wieder ab.

Die dritte Periode setzte erst im Jahre 1883 ein, als die Brüder Tissandier zum erstenmale elektrische Kraft als Antrieb zu Hilfe nahmen. Ihr spindelförmiger Ballon hatte bei 28 *m* Länge und 9·2 *m* größtem Durchmesser 1060 *m*³ Gasraum und die Motordienste leistenden 24 Bichromatelemente von je 7·8 *kg* Gewicht ergaben 1½ *PS.* und 3—4 *m* Geschwindigkeit. Das folgende Jahr brachte die erste geschlossene Zielfahrt und damit den langersehnten, überzeugenden Erfolg in der Lenkfrage der Luftschiffahrt, als es Renard und Krebs gelang, von Meudon nach Paris und zurück zu fahren. Ihr Ballon hatte Torpedoförmig, 1864 *m*³ Volumen, 8·4 *m* Durchmesser und wies eine Länge von 50·4 *m* auf. Zur Verwendung gelangte ein Elektromotor von Gramme, der von einer Batterie aus 32 Chromsäureelementen gespeist wurde und eine vorne an der Gondel angebrachte zweiflügelige Luftschraube in Bewegung setzte. Die derart auf den Ballon ausgeübte Zugkraft erteilte ihm eine Geschwindigkeit von 6½ *m* im Mittel, die Arbeitsleistung betrug 8½ *PS.* Wie groß indessen der Jubel und die freudigen Erwartungen in der ersten Zeit nach diesem glänzenden Erfolge waren, so mußte doch bald die Gewißheit eines nicht recht zufriedenstellenden Fortschrittes platzgreifen. Die elektrische Kraft der Elemente erschöpfte sich zu rasch und die schweren Bleiakkumulatoren konnten aus prinzipiellen Gründen keine Verwendung finden. So sah man sich gezwungen, auf die Ausnützung der Elektrizität Verzicht zu leisten, im Vertrauen auf eine spätere glücklichere Zeit, die durch den Besitz des leichten Akkumulators das begonnene Werk zu Ende führen könne.

Da brachte mit einemmale Gottlieb Daimler durch seinen im Jahre 1883 erfundenen Benzinmotor neuen, ungeahnten Aufschwung in die Luftschiffahrt. Die vierte Periode, die der Gasmotoren, war angebrochen und zeitigte in emsiger Fruchtbarkeit die bewundernswerten Leistungen der Gegenwart. Ein Vorläufer in Österreich hatte allerdings zu wenig Beachtung gefunden. Denn schon im Jahre 1872 hatte Paul Hämlein zu Brünn mit einem nach dem System Lenoir, des Erfinders der Gasmaschine, konstruierten Gasmotor einen Aufstieg unternommen, wobei er das nötige Heizgas dem Ballon entnahm, dem auf Grund hydrodynamischer Versuche die Gestalt eines Rotationskörpers gegeben worden war. Der Rauminhalt betrug 2408 *m*³,

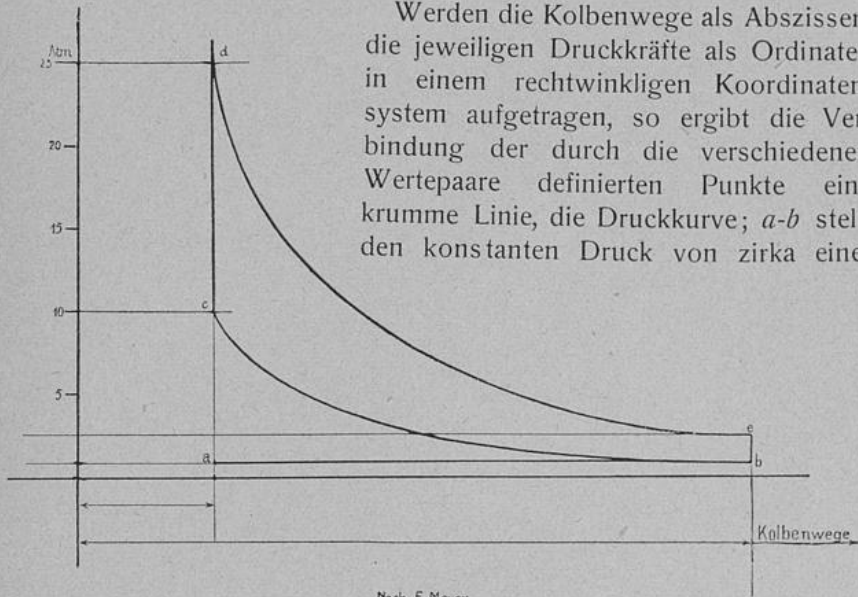
die Länge 50 m, der maximale Durchmesser 9 m, die Arbeitsleistung des Motors 6 PS. Es ist die alte Geschichte, die ewig neu bleibt: Der eine Versuch konnte keine Fortsetzung finden, da die Mittel hierzu fehlten. Wenigstens war in den Folgen das gegebene Beispiel wertvoll. Denn wie der Militäraeronaut Oberstleutnant Moedebeck nachwies, ist die Erfindung des Benzinmotors nicht so sehr dem Automobilsport als vielmehr der Anregung durch das Luftschiffahrtsproblem zu danken. In edlem Wettstreit zwischen Deutschland und Frankreich erfuhren seither die Explosionsmotoren, besonders wieder durch Daimler, die weitestgehenden Verbesserungen.

Die eminente Wirkungsweise derselben beruht auf der charakteristischen Eigenschaft leicht verdunstbarer flüssiger Brennstoffe, in Gasform mit Luft ein explosives Gemisch zu bilden, ähnlich wie es bei dem Gemenge von Leuchtgas und Luft in der elektrischen Pistole der Fall ist. Zur Verwendung gelangt heute fast ausschließlich das Benzin, ein Destillationserzeugnis des Rohpetroleums, dessen Dämpfe durchschnittlich im Verhältnisse 1:9 mit Luft gemischt werden. Die Zubereitung besorgt der Vergaser, als dessen verbreitetste Type der Spritzvergaser anzusehen ist. Derselbe besteht, wie die Figur erkennen läßt, aus der Schwimmerkammer und dem Zerstäuberraum.



Das Nadelventil reguliert den Zufluß vom Benzinreservoir. Es wird gehoben, wenn infolge Benzinmangels der Schwimmer sinkt und dabei auf die beiden zweiarmigen Hebel drückt. Das einströmende Benzin suspendiert sodann den Schwimmer, der seinerseits wieder die Hebel freigibt und dadurch das Nadelventil schließt. Im Zerstäuberraum aber tritt durch die nach dem Prinzip der Kommunikationsgefäße verbundene Zerstäuberdüse der Brennstoff in dem Momente aus, als durch Emporheben des darübergelagerten Kolbens ein Unterdruck entsteht. Die gleichzeitig seitlich einströmende Luft bildet nun mit dem fein zerstäubten, vergasten Benzinteilchen das explosive Gemisch, das automatisch seinem Bestimmungsort zugeführt wird. Die Entzündung wird durch einen elektrischen Funken veranlaßt, der durch geeignete Hochspannungstransformatoren die nötige Schlagkraft erhält. Es sei nur noch erwähnt, daß man nach der Art der Stromerzeugung Batterie- oder Magnetzündungen, nach der Art der Funkenbildung Lichtbogen- oder Abreißzündungen unterscheidet. Die mit der Explosion verbundene bedeutende Wärmeentwicklung wird in ihren schädlichen Folgen für die Motorwandungen durch Kühlvorrichtungen behoben, die entweder aus Kühlrippen bestehen, wie sie in der Thermosäule von Noë Anwendung finden, oder eine nach dem Principe der Warmwasserzirkulation angelegte, vielfach auch mit ersterem Systeme kombinierte Konstruktion vorstellen. An erster Stelle wäre hier der Bienenkorbkühler zu nennen, dessen Name sich aus seiner eigenartigen Gestalt herleitet. Die Funktionsweise des Gasmotors selbst ist durch die verschiedenen Bezeichnungen gekennzeichnet; die verbreitetste und ausgebildetste Type heißt Viertaktmotor. Der in einem Zylinder gasdicht bewegliche Kolben übt nämlich bei vier Kolbengängen einmal einen Antrieb auf die Maschine aus. Beim ersten Kolbenvorgang strömt durch ein automatisch geöffnetes Ventil das explosive Gasmisch in den Zylinder ein (Ansaugperiode). Beim ersten Kolbenrückgang schließt sich das Ventil und das Gas wird komprimiert (Kompressionsperiode). Beim zweiten Kolbenvorgang, hervorgerufen durch die mittlerweile erfolgte Entzündung des Explosionsgases, wird Wärme in Arbeit umgesetzt (Arbeitsperiode). Beim zweiten Kolbenrückgang entweichen die durch die Arbeitsleistung an Druck und Temperatur reduzierten Verbrennungsgase durch ein selbsttätig geöffnetes Ventil ins Freie (Entleerungsperiode). Da Bewegung, wie man sieht, nur während der dritten Periode vom Motor selbst erzeugt wird, wendet man, um die Hübe des Kolbens während der drei anderen Phasen zu sichern und Gleichmäßigkeit in den Gang zu bringen, vier und noch mehr in ihren Wirkungsstadien entsprechend angeordnete Zylinder an, ein Hilfsmittel, dem man ja auch bei den Dampfmaschinen begegnet.

Die Progressivbewegung des Kolbens kann in ebenso analoger Weise durch einen Schubkurbelmechanismus in Drehbewegung umgesetzt werden. Zur Veranschaulichung der Druckänderungen während der vier Takte diene noch das folgende Druckdiagramm.



Werden die Kolbenwege als Abszissen, die jeweiligen Druckkräfte als Ordinaten in einem rechtwinkligen Koordinatensystem aufgetragen, so ergibt die Verbindung der durch die verschiedenen Wertepaare definierten Punkte eine krumme Linie, die Druckkurve; *a-b* stellt den konstanten Druck von zirka einer

Nach E. Meyer.

technischen Atmosphäre während des Saughubes dar, *b-c* die zunehmende Spannkraft während des Verdichtungshubes; *c-d* zeigt die im Momente der Zündung emporgeschnellte Expansionskraft und *d-e* die während des Arbeitshubes eintretende Abnahme derselben an; *e-a* endlich entspricht der während der Auspuffperiode herrschenden Spannung. Da ferner die Abszissen die Wege in *m*, die Ordinaten die bezüglichen Druckkräfte in *at* angeben, so ist in dem Diagramm durch die Fläche *bcde* in bekannter Weise auch die positive Arbeitsleistung graphisch veranschaulicht. Rechnerisch verfolgt, ergibt sich folgendes: Ist *f* die Fläche des Kolbens in *cm*², *n* die Anzahl der Kurbelumdrehungen, $\frac{2n}{4}$ also die Zahl der Arbeitshübe per Minute, so drückt die Formel

$$A = \frac{bcde \cdot f \cdot \frac{2n}{4}}{60.75} \text{ PS.}$$

die Arbeitsleistung numerisch aus, wobei *bcde* auf dem Wege der Integralrechnung ausgewertet wird. Obwohl der Verdichtungsgrad während des zweiten Kolbenhubes, wie auf Grund der Zustandsgleichung der Gase ohneweiters klarliegt, für die Energieentwicklung ausschlaggebend ist, so darf derselbe in der Praxis nicht zu sehr gesteigert werden, da infolge der bei der Verdichtung erzeugten

Wärme, wie schon das pneumatische Feuerzeug lehrt, leicht Selbstzündungen eintreten könnten, welche die Herrschaft über den Motor benehmen; eine übermäßig gehobene Expansionswirkung erheischt aber auch sehr starkwandige, schwere Zylinder und gerade die Luftschiffahrt hat an leichten Motoren das größte Interesse. Man beschäftigt sich vielmehr in unseren Tagen mit dem konstruktiven Ausbau des Zweitaktmotors, bei dem, wie schon der Name dartut, auf je 2 Takte ein Arbeitshub trifft und außerdem an Gewicht Ersparnisse gemacht werden.

Die Erfindung und technische Verbesserung des Antriebsorganes hatte bis zu den gegenwärtigen Musterschöpfungen die heikelste und zeitraubendste Entwicklung durchzumachen. Die zweckmäßigste Form und Ausgestaltung eines Lenkballons dagegen wurde ohne viele Schwierigkeiten erkannt. Es stand von vorneherein fest, daß der Kugelballon für Lenkzwecke sich unbrauchbar erweisen würde, indem seine symmetrische Gestalt mit durchwegs größten Kugelkreisen als Querschnitten ein Maximum des Luftwiderstandes begründet, das die Fahrt erheblich verlangsamt. Aus naheliegenden Beispielen erstand die zylindrische, zigarren- oder fischähnliche Form der Lenkballone, bei der unter Beibehaltung gleichen Volumens der Luftwiderstand senkrecht auf den Querschnitt in der Fahrtrichtung — vom seitlichen Reibungswiderstand kann in erster Linie abgesehen werden — möglichst verkleinert erscheint. Als nächste Aufgabe ergab sich von selbst, diese vorbildliche Form auch unter allen Umständen beizubehalten. Es mußte Vorsorge getroffen werden, daß nicht der erhöhte Luftdruck während rascher Fahrt eine Abplattung der Spitze verursache, die der Stabilität und Lenksicherheit des Flugkörpers gründlich den Garaus macht. Die Luftschiffahrt schlug nun zwei grundverschiedene Wege ein, um zu diesem Ziele zu gelangen. Sie heißen „Starrs System — unstarres System“.

Das starre System kennzeichnet sich dadurch, daß der Tragkörper und die Verbindung mit der Gondel aus formstarrer Material bestehen. Der markanteste Vertreter ist das Luftschiff des Grafen Zeppelin. Die Entwicklungsgeschichte kann aus nachstehender Tabelle entnommen werden.

Modell	Länge in <i>m</i>	Durchmesser in <i>m</i>	Volumen in <i>m</i> ³	Motore	Geschwindigkeit
1900	128	11·6	11300	2 zu je 15 <i>PS.</i>	9 <i>m</i>
1905	126	11·7	10400	2 zu je 85 <i>PS.</i>	15 <i>m</i>
1907	128	11·6	11430	2 zu je 85 <i>PS.</i>	16 <i>m</i>
1908	136	13	15000	2 zu je 110 <i>PS.</i>	22 <i>m</i>

Daß Modell 1900 und Modell 1907 bei gleicher Länge und gleichem maximalen Durchmesser verschiedene Volumina aufweisen, resultiert aus der größeren Schlankheit des ersteren. Allgemein besteht der Ballon aus einem Aluminiumgerippe von Längs- und Querträgern, das durch Versteifungen in Kammern geteilt ist, um die mit Wasserstoff gefüllten Teilballons aufzunehmen; eine wasserdichte Stoffhülle bildet die Gesamtüberkleidung. Am Auftriebsmittelpunkt der vorderen, beziehungsweise rückwärtigen Ballonhälfte greift die starre Verbindung an, welche die aus Aluminium gebauten Gondeln trägt. Zwischen diesen findet ein auf Schienen laufender Salon- oder Requisitenwagen Platz, der auch durch seine Beweglichkeit das Ausbalancieren von Gewichtsunterschieden zwischen den beiden Ballonhälften besorgt. Die vierzylindrigen Motoren, von denen je einer in den Gondeln untergebracht ist, übertragen durch Kegelräderepaare die Kraft auf vier Luftschrauben, die in der Höhe des Luftwiderstandszentrums seitlich am Ballon aufmontiert sind und durch die nach dem Prinzip der Schiffsschraube erzielte Reaktionswirkung die Bewegung des Luftschiffes veranlassen. Als wesentliche Organe sind ferner Stabilisierungsflächen, Seiten- und Höhensteuer am Tragkörper angebracht. Erstere ergänzen den Erfolg, der mit der nach hinten sich verjüngenden Ballonform beabsichtigt wird. Das in eine schlanke Spitze auslaufende Heck verfolgt nämlich den Zweck, durch ein leichtes Abfließen der seitlichen Luftmassen ein Druckminimum hintanzuhalten, das Wirbelbildung und ein Pendeln des Luftschiffes um seine Längsachse zur Folge hätte. Heben sich nun trotzdem allfällige Druckkomponenten nicht gegenseitig auf und erzeugen sie Drehkräfte, so drängen die am Hinterleibe radial angeordneten Flossen den Ballon wieder in die Fahrtrichtung zurück. Wie ferner durch die Stellung des Seitensteuers, das zwischen den Stabilisierungsflächen eingebaut ist, die Wegroute beeinflußt wird, ist völlig klar. Die Höhensteuer schließlich, die seitlich an den Ballonenden postiert sind, beruhen auf der bekannten Drachenwirkung: Durch entsprechende Schrägstellung der Steuer am Bug wird eine Hebung oder Senkung der Ballonspitze eingeleitet, eine gleichzeitige, zweckdienliche Neigung sowohl der vorderen als auch der rückwärtigen Höhensteuer aber ist mit einer diagonalen Parallelverschiebung des Schiffes verbunden. Auf- und Abstieg kann also ohne jeden Gas- oder Ballastverlust durchgeführt werden.

Die guten und schlechten Eigenschaften des starren Systems sind nach alledem rasch zusammengefasst. Als Vorzüge treten zu Tage:

Die Erhaltung der Form während der Fahrt ist unter allen Umständen gesichert.

Die Propelleranordnung findet die günstigste, wirkungsvollste Lösung.

Der äußere Stoffüberzug schützt die Teilballons vor den Sonnenstrahlen, indem die dazwischengelagerte Luftschicht als schlechter Wärmeleiter Temperaturschwankungen mildert.

Die Diffusionsgeschwindigkeit verlangsamt sich, da ein innerer Überdruck fehlt.

Die Tieflage der Gondel erzeugt Stabilität.

Der Aktionsradius ist von immenser Größe, wie es die zwölfstündige Schweizerfahrt am 1. Juli 1908, die am 4. August begonnene Reise nach Mainz und die 37 $\frac{1}{2}$ stündige Weit- und Dauerfahrt vom 29.—31. Mai 1909 bezeugen.

Und doch! Rein sachlich gesprochen: Ein schwerer Nachteil, der am starren System haftet, läßt kein rechtes Vertrauen zu seinem Wert aufkommen. Das starre Gerüst schafft ein arges Mißverhältnis zwischen Aufwand und Nutznießung. Es erfordert schon ganz enorme, kostspielige Ballondimensionen, wenn die Nutzlast doch einigermaßen imponierend ausfallen soll. Mit der Größe erreicht aber auch die Schwerfälligkeit des ganzen Luftschiffes einen Grad, der die praktische Verwendung und endgültige Einbürgerung als Fahrzeug, das dem Personen- und Frachtenverkehr in der Hauptsache dienen soll, direkt ausschließt. Unerläßliche Vorbedingung wäre ein weitverzweigtes Netz von Luftschiffhäfen. Denn unfreiwillige Landungen, vor denen auch dieses Riesenschiff nicht gefeit ist, endeten fast immer mit einer Katastrophe, wie der erst kürzlich erfolgte vollständige Ruin bei Weilburg dokumentiert. Die furchtbare Vernichtung des Zeppelin'schen Ballons bei Echterdingen lenkte zudem die Aufmerksamkeit auf einen weiteren Übelstand. Da sich nämlich der Raum zwischen den Teilballons und der äußeren Gerüsthülle infolge der Diffusion mit Knallgas füllt, sofern nicht für genügende Ventilation vorgesehen ist, so kann stets der geringste Funke das größte Unheil anstiften. „Dies ist“, wie der Wiener Aeronaut Nimführ bemerkt, „vielleicht der schwerwiegendste Mangel, welcher dem starren Luftschiff Zeppelin'scher Bauart anhaften dürfte.“ Die polemischen Einwände, die Zeppelin junior mit Rücksicht auf das unstarre System macht, als „Hat man jemals daran gedacht, Seeschiffe zu bauen, daß sie auf dem Lande transportabel sind?“ oder „Man hat Seeschiffe niemals mit Rücksicht auf die Häfen, sondern vielmehr unter dem Gesichtspunkte der Seetüchtigkeit, Verwendbarkeit und Leistungsfähigkeit gebaut und die Hafeneinrichtungen den ersteren angepaßt“ lassen schließlich erkennen, wiesehr das starre System in eine Entwicklungsrichtung geraten ist, bei der in gefährlicher Analogie-
deutung das Wort Luftschiff auf der zweiten Silbe die Betonung

trägt. Die ganze Fülle bunter Gelehrsamkeit, die im starren System angehäuft ist, führt wohl die ruhmvolle Höhe deutscher Ingenieurkunst deutlich vor Augen, kann aber nie geniale Einfachheit ersetzen. Eine lebenskräftige Idee verzichtet ebensosehr auf komplizierte Kunststücke wie ein gesunder Körper.

Aussichtsvoller erweist sich die zweite Gruppe. Das unstarre System ist durch ein Minimum an starren Bestandteilen charakterisiert. Als vornehmster Vertreter mag der Lenkballon von Parseval gelten. Entwicklungsgeschichtliche Einzelheiten bringt nachfolgende Tabelle:

Modell	Länge in <i>m</i>	Durchmesser in <i>m</i>	Volumen in <i>m</i> ³	Leistung in PS.	Geschwindigkeit
1906	52	9	2800	90	11 <i>m</i>
1907/08	58	9·3	3200	110	15·5 <i>m</i>

Gegenwärtig existieren die Typen:

Type	Volumen in <i>m</i> ³	Länge in <i>m</i>	Durchmesser in <i>m</i>	Geschwindigkeit in <i>m</i>	Steighöhe in <i>m</i>	Fahrt-dauer in Stunden	Bestimmung
A	4000	60	10·4	13	2000	15	Deutsches Militär
B	6600	70	12·3	14	2500	20	Verkehr
C	2000	50	8·6	11	1000	8	Österreichisches Militär
D	1200	40	7·7	9	600	5	Sport
E	3200	60	9·4	10	1500	6	Deutscher Aeroklub
F	1600	45	8·2	9	600	5	Reklame

Der Ballon ist von zylindrischer Gestalt, die vorne in eine stumpfe, hinten in eine schlanke Spitze übergeht. Eingehende Versuche von Renard und später von Prandtl ermittelten sie als günstigste Form. Während die mittlere Partie das Wasserstoffgas aufzunehmen hat, sind an dem vor- und rückwärtigen Ende Luftsäcke eingebettet, die sogenannten Ballonets. Sie haben die Bestimmung, die pralle Ballonform zu erhalten. Droht nämlich dem Ballon infolge Diffusion und wachsenden Druckes während der Fahrt eine Verschrumpfung oder Abplattung, so wird mittelst eines vom Motor getriebenen Ventilators Luft in die Ballonets eingepumpt, bis ein äquivalenter innerer Überdruck hergestellt ist, wobei überschüssige Luft automatisch

wirkende Ventile entweichen lassen. Sie ersetzen also in höchst einfacher Weise die unbeholfene schwere Gewandung des starren Systems. Sie dienen weiters auch als Höhensteuerungsapparat. Denn je nachdem das durch Schläuche mit ihnen verbundene Umschalteventil die Luftzufuhr in das vordere, rückwärtige oder gleichzeitig in beide Ballonets einleitet, wird sich der Ballon bergab, bergan oder horizontal stellen. Wie endlich auf ihre Dimensionen die bei gegebenem Gasvolumen beanspruchte Steighöhe maßgebenden Einfluß nimmt, ist leicht einzusehen. Stellt nämlich v das Gasvolumen, p den Druck und t die Temperatur in der größten erreichbaren Höhe vor, dagegen v_1 p_1 t_1 die Reihe der entsprechenden Werte am Erdboden, so gilt auf Grund der Zustandsgleichung (für ideale Gase)

$$v_1 = \frac{p (1 + at_1)}{p_1 (1 + at)} v.$$

Bezeichnet demnach V den Rauminhalt der Ballonets, so ist durch

$$V > v \left[1 - \frac{p (1 + at_1)}{p_1 (1 + at)} \right]$$

die Größe gegeben, die zur Prallerhaltung des Ballons beim Abstiege notwendig ist. Unter normalen Verhältnissen kann die Fahrhöhe durchaus auf rein dynamischem Wege reguliert werden. Als Seitensteuer fungiert ein mit Stoff überzogener Stahlrohrrahmen, der drehbar an der Hinterkante der vertikalen Stabilisierungsfläche angebracht ist. Etwas oberhalb dieser beiden Vorrichtungen trägt das Heck noch zwei horizontale Stabilisierungsflächen von gleicher Bauart. Die nötige Festigkeit und Starre erhalten diese Betriebsorgane erst während der Fahrt, indem die Luft in kleine, beiderseits angeordnete Windmäuler bläst und die Flächen leicht nach außen wölbt. Der Ballonkörper ist ferner noch mit den drei Öffnungen versehen, die am Kugelballon aufscheinen. Die Konstruktion des Hauptventiles auf der Oberseite läßt aber hier eine dreifache Aktionsfähigkeit zu. Es kann einmal durch inneren Überdruck automatisch geöffnet werden. Denn der Ventilteller steht durch eine Leine mit einer Membrane auf der Unterseite des Tragkörpers in Verbindung, die auf einen bestimmten Druck vorher eingestellte Ventildfedern stützen. Eine übermäßige Expansionskraft des Füllgases drückt die Membrane nach unten heraus und die Zugleine öffnet das Ventil. Ein automatisches Abströmen des Gases findet auch statt, wenn die Ballonets zu wenig Luft enthalten. Denn in diesem Falle sinken dieselben nach unten zusammen und üben durch eine Leine, welche die Ballonethüllen verbindet und über eine am Ventilteller befindliche Rolle läuft, auf das Hauptventil eine Zugkraft

aus. Eine dritte Zugleine, die wie beim Freiballon willkürlich in Anspruch genommen werden kann, vervollständigt schließlich die Sicherheit auch für seltene Ausnahmefälle. Eine eigenartige Spezialkonstruktion stellt ferner die Gondelbefestigung dar. Um die Last gleichmäßig zu verteilen, verzweigen sich die Stahlseile der Gondel durch Ringverbindungen nach oben hin in eine wachsende Anzahl von Leinen, die mittelst eng aneinanderliegender Schlaufen am Tragegurt der Hülle angreifen. Eine zweite direkte Verbindung geht über Rollen, die auf starken, am Ballonkörper hinlaufenden Drahtseilen ruhen. Die dadurch hergestellte Beweglichkeit der Gondel bedeutet einen großen Gewinn. Beim Angehen oder bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit wird die Gondel, die den Propeller trägt, infolge der Trägheit des Ballons und der ungleichen Luftwiderstände dem Tragkörper vorauseilen und ein Aufkippen desselben verursachen, wenn nicht gerade die vorrollende Gondel selbsttätig den Schwerpunkt so verlegen würde, daß derartige Folgen unterbleiben. Ganz ähnlicher Art sind die Erscheinungen bei einer Geschwindigkeitsverminderung. Da weiters die stählerne Gondel in beiden Fällen höhergelegt wird, so wird auch die Kraft des Antriebes besser ausgenützt. Die leichte Ballonhülle gestattet nun einmal nicht die Anbringung des Propellers am Ballone selbst. Die Gondel aber muß aus Stabilitätsrücksichten tiefgelegt werden. Ein Bockgerüst in derselben, das den Propeller trägt, übernimmt die vermittelnde Rolle. Wenn nun der Angriffspunkt der Kraft bei immer noch genügender Tieflage der Gondel mehr an den Ballon herangerückt wird, so ist damit eine wachsende Wirkung verbunden. Die vierflügelige Luftschraube Parseval'scher Konstruktion erwies sich übrigens ganz ausnehmend leistungsfähig. Auch sie besteht nur in einer leichten Stoffhülle mit eingelegten Stahlseilen. Im Ruhezustande schlaff herunterhängend, erlangt sie erst durch die Zentrifugalkraft während der Rotation Schraubenform. Ihr Durchmesser schwankt etwa zwischen 3—4 m und macht ungefähr den vierten Teil der Umdrehungen des Motors, der fast ausschließlich ein Daimlermotor von 100 PS. ist.

Eine prüfende Untersuchung des unstarren Systems läßt folgende Vorzüge erkennen:

Die weitestgehende Beschränkung starren Materiales bedeutet eine erhebliche Gewichtersparnis und Leistungssteigerung gegenüber einem gleichdimensionierten Ballon starren Systems, da Tragfähigkeit und Geschwindigkeit relativ größere Werte annehmen.

Die Landung auf festem Boden ist jederzeit leicht und schnell durchführbar und braucht nicht erst durch Pufferfedern der Gondel, um den Ballon nicht zu gefährden, unterstützt zu werden, wie dies eine starre Gondelbefestigung erfordert.

Die rascheste Zerlegbarkeit und der kurze Zeitaufwand von 2—3 Stunden, die der Aufbau benötigt, garantieren sicheren und bequemen Gebrauch des unstarren Luftschiffes.

Die Leistungsfähigkeit wird nicht durch eine vorhergehende Fahrt vom Standplatz zum Bestimmungsort herabgedrückt, da das zerlegte Luftschiff und das in Gasbehältern komprimierte Gas — 1 kg flüssiger Wasserstoff = 11 m³ Wasserstoffgas nach
$$v = \frac{p}{s} = \frac{1}{1.293.0.0692}$$
 — auf Wagen transportierbar sind.

Die Anschaffungs- und Betriebskosten stehen verhältnismäßig bedeutend niedriger als beim starren System.

Als Nachteil ergibt sich dagegen, daß die Stoffhülle des unstarren Ballons den Wärmewirkungen der Sonne ausgesetzt ist und eine Verletzung unbedingt die schwersten Sturzfolgen nach sich zieht. Aber ein derartiges Unglück kann bei der gegenwärtigen hochentwickelten Stofffabrikation Deutschlands, dessen Erzeugnisse sich die ganze Welt eroberten, als ganz unwahrscheinlich gelten.

Nachdem man aus einigen Unfällen früherer Jahre gelernt hatte, die letzten technischen Baumängel zu beseitigen, steht die außerordentliche Eignung des unstarren Lenkballons für militärische und sportliche Zwecke außer allem Zweifel. Der Parseval Nr. 2 legte z. B. am 15. September 1908 rund 290 km in 11½ Stunden zurück, eine kombinierte Weit- und Dauerfahrt, die umso höher bewertet werden muß, da sie mit Hilfe eines einzigen Motors zustande kam.

Das halbstarre System kann als Konglomerat der beiden Extreme bezeichnet werden. Als bekanntester Typus möge der deutsche Militärballon nach Groß-Basenach genannt werden. Derselbe ist ebenfalls ein Ballonetluftschiff mit vollkommen unstarrem Gaskörper. Das Unterscheidungsmerkmal bildet ein Kiel aus Aluminium, der an der Unterseite des Ballons hinläuft und Gondel, Propeller- und Seitensteuerungs- samt Stabilisierungsflächen trägt. Wie daraus einerseits eine bessere Verwertung der motorischen Kraft, andererseits aber eine Gewichtsvermehrung und eine Verminderung an Zerlegbarkeit, Transportfähigkeit, Zusammensetzbarkeit hervorgeht, ist offenkundig. Es bleibt immerhin fraglich, ob nicht die reine Bauart der Ballonetluftschiffe, wie sie durch das starre System zum Ausdruck kommt, eine Überlegenheit darstellt.

Gegenwärtig streiten noch alle drei Systeme um die Vorherrschaft. Höchstes Ansehen verdient jedenfalls das dem Luftpilote am meisten angepaßte unstarre System. Es ist in Deutschland und Österreich durch die Parseval'schen Ballone, in Frankreich durch die Sportlenkballone von Santos-Dumont erfolgreich vertreten. Dem halb-

starren Systeme gehören die Militärballone Deutschlands (Bauart Groß-Basenach) und Frankreichs (Bauart Julliot) an. Das starre System besitzt zur Zeit nur Deutschland, dem sich Österreich, wie es scheint, durch den Bau eines Stahlluftschiffes zugesellen will. Da die Lenkballone als zufriedenstellende Lösung der Flugfrage keineswegs gelten können, gehört die Zukunft dem aerodynamischen Flug, dessen Aeroplane durch Einfachheit und Eleganz auffallend für die Bewegungsmittel prädestiniert sind. Die wunderbaren Erfolge in unserer Zeit lassen auf diesem Gebiete eine raschere Entwicklung erhoffen, als sie den Ballonfliegern beschieden war. Das Interesse für Flugtechnik ist entfacht und ein Heer von Luftpionieren ringt im Entscheidungskampfe. Kommt auch die materielle Unterstützung durch hohe Preise heutzutage vielfach nur Artisten zugute, deren Lenkgeschicklichkeit beileibe nicht mit einer wirklichen Fortentwicklung der Aeronautik identisch ist, so hat sie doch als Ausfluß einer kulturgeschichtlichen Lehre Berechtigung: Wie der Idealismus die Menschheit innerlich erhebt, so vermittelte von jeher Realismus ihren äußerlichen Aufstieg.
