

akzent

Gottfried Kurze

# Leichter als Luft









---

Gottfried Kurze

**Leichter als Luft**

---

Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin

**Autor: Dipl.-Ing. Gottfried Kurze, Leipzig**  
**Illustrationen: Adelhelm Dietzel, Dresden**



**1. Auflage 1977**

**1.–30. Tausend. Alle Rechte vorbehalten**

**© Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin**

**Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig 1977**

**VLN 212–475/32/77 LSV 3879**

**Lektor: Ingelore Naukkarinen**

**Einbandreihenentwurf: Helmut Selle**

**Typografie: Hans-Jörg Sittauer**

**Printed in the German Democratic Republic**

**Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb**

**Leipzig – III/18/97**

**Best.-Nr.: 653 466 5**

**DDR 4,50 M**

---

# Inhalt

---

## Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

### der Ballons und Luftschiffe

Das Prinzip »leichter als Luft« 10

Wie fährt ein Freiballon? 14

»Montgolfieren« und »Charlieren« 18

Wissenschaftler an Bord 23

Ballons auf Kriegskurs 26

Gefesselter Drachenballon 28

Der lenkbare Ballon 33

Silberne Zigarren in der Luft 39

Wunderwaffe »Luftkreuzer« 42

Bezwinger der Stratosphäre 49

Ohne Radiosonde kein Wetterbericht 55

Zepeline, die »fliegenden Wale« 59

Aerostat und Dirishabl (Dirigeable) 66

Ballons mit dem Roten Stern 70

»Blimps« und Ballonbomben 75

»Heiße Öfen« für den Ballonsport 80

Riesen, Zwerge und Teleskope 84

»Aufgeblasene Konkurrenz« fährt Reklame 94

Luftschiffe für die Zukunft 100

Die Hybriden sind im Kommen 108

Pro und Kontra Luftschiff 115

Zeittafel 124



---

# Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Ballons und Luftschiffe

---

Es sind noch nicht einmal zwei Jahrhunderte vergangen, seit sich der erste Mensch über die Erde erhob und einem Element anvertraute, das bisher nur den Vögeln, Winden und Wolken vorbehalten war. Im Jahre 1783 stiegen mit heißer Luft und Wasserstoff gefüllte Ballons erstmals auf und begannen zu fliegen. Nach ihren Erfindern bekamen sie ihre Namen: »Montgolfiere« und »Charliere«. Seitdem drängt es den Menschen, die Luft zu erobern.

Wenn heute über uns Propeller- und Turbopropflugzeuge ihre Bahnen ziehen, wenden wir schon nicht mehr den Kopf, und selbst mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit über Kontinente und Meere dahinjagende Flugzeuge mit Luftstrahltriebwerken nötigen uns kaum noch Aufmerksamkeit ab. Auch die Landung des ersten Menschen auf dem Mond, die Raumsonden zum Merkur und Mars, zur Venus und zum Saturn, die noch vor wenigen Jahrzehnten nur in utopischen Romanen vorausgeahnt wurden, lassen uns nicht mehr zu Bewußtsein kommen, daß dieser uralte Traum des Menschen schon beinahe eine Selbstverständlichkeit geworden ist.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß durch diese Perfektion der Flugzeug- und Raketentechnik gerade jener Bereich der Luftfahrt fast in Vergessenheit geraten ist, über den in diesem Band berichtet wird und der nicht nur eine Vergangenheit und Gegenwart, sondern auch eine Zukunft hat.

Freiballons, Fesselballons, Höhenforschungsballons, Kleinluftschiffe und andere Konstruktionen »leichter als Luft« haben noch heute nicht nur eine sportliche oder wissenschaftliche, sondern auch eine technische und

wirtschaftliche Nutzenanwendung und Bedeutung. Viele Leistungen und Erfolge der Luft- und Weltraumfahrt wurden mit diesen »aufgeblasenen« Apparaten vorbereitet und möglich gemacht. Auch andere volkswirtschaftliche Bereiche wären – ohne die ständige Datenlieferung durch Ballonsonden – nicht in der Lage, ihre Aufgaben in dem Umfang zu erfüllen, wie es notwendig ist.

Es darf aber auch nicht unerwähnt bleiben, daß bis in unsere Zeit hinein der Ballon und das Luftschiff als militärisches Gerät bei kriegerischen Auseinandersetzungen, in Zeiten der »kalten« Kriege als Sabotage- und Propagandamittel und auch zur Spionage benutzt und mißbraucht wurden.

Heute werden Forderungen an die erd-, luft- und wassergebundenen Verkehrsträger gestellt, die mit herkömmlichen Transportmitteln, die in vielen Fällen fast ihre Entwicklungsgrenze erreicht haben, nicht mehr oder nur in ökonomisch unzureichender Weise erfüllt werden können. Schon heute haben deshalb neue Ballon- und Luftschiffkonstruktionen einen Teil dieser Aufgaben übernommen und befinden sich im praktischen Einsatz.

Eine andere, neue Generation von Luftfahrzeugen, die sogenannten Hybrid-Flugkörper, die Kombinationen verschiedener Effekte, Elemente und Bauteile des Ballons, des Luftschiffes und des Flugzeuges darstellen, befinden sich noch auf den Zeichenbrettern der Entwicklungsingenieure oder im ersten Stadium der Modellerprobung. Die weiterführenden Arbeiten werden beweisen müssen, ob diese Konstruktionen »leichter oder schwerer als Luft« einmal optimale Forschungs- und Transportmittel sein werden, die die ihnen eigenen spezifischen Aufgaben wirtschaftlich erfüllen können.

*1 – Fesselballon, größte Höhe 2000 m; 2 – Luftschiff, Gipfelhöhe bis 8 200 m; 3 – Reiseflughöhe TU 104, 11 000 m; 4 – Fallschirmabsprung aus einem Ballon, 30 900 m; 5 – bemannter Forschungsballon (1961), 34 668 m; 6 – Flugzeughöhenrekord, 34 714 m; 7 – Radiosonde, größte Höhe 50 550 m; 8 – Raketenflugzeug, größte Höhe 106 000 m; 9 – einstufige Forschungsrakete, größte Höhe 480 000 m; 10 – erster Ausstieg eines Kosmonauten im freien Raum, größte Höhe 495 000 m; 11 – Nachrichtensatellit, 500 000 m; 12 – interkontinentale ballistische Rakete, größte Höhe 1050 km; 13 – Trägerrakete mit Raumflugkörper*



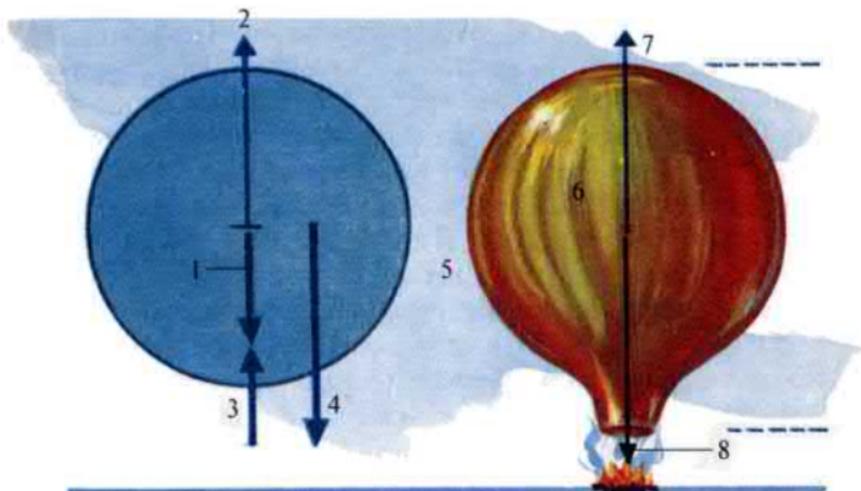
*Der Vorstoß des Menschen in den erdnahen Raum und darüber hinaus.*

## Das Prinzip »leichter als Luft«

Luftfahrzeuge werden entsprechend den physikalischen Verfahren der Auftriebsgewinnung in zwei Gruppen eingeteilt, in solche »leichter als Luft« oder gasgetragene Luftfahrzeuge, die infolge des statischen Auftriebs in der Luft schweben oder fahren, und in solche »schwerer als Luft«, die durch den im Flug erzeugten dynamischen Auftrieb in der Luft fliegen. Man spricht deshalb auch von einer »Statischen Luftfahrt« oder »Dynamischen Luftfahrt«. Die ersten Luftfahrer bezeichneten den Freiballon auch als Aerostat, seine Technik als Aerostatik und sich selbst als Aeronautiker. Bei den Versuchen, den Freiballon lenkbar zu machen, überlagerten sich Aerostatik und Aerodynamik.

Als Auftrieb wird eine entgegengesetzt zum Gewicht eines Körpers wirkende Kraft bezeichnet. Der dynamische Auftrieb, der den Flug von Körpern ermöglicht, die spezifisch schwerer als Luft sind, entsteht durch eine geeignete Formgebung des Körperprofils (z. B. an den Tragflächen eines Flugzeuges). Statischen Auftrieb erfährt ein Körper, der in eine Flüssigkeit eingetaucht oder von einem Gas (z. B. Luft) umgeben ist. Der statische Auftrieb ist gleich des Gewichtes der vom Körper verdrängten Flüssigkeits- bzw. Gasmenge (Archimedisches Prinzip). Ein schwebender Körper wiegt so viel wie die ihm volumengleiche Menge des umgebenden Mediums. Die Fähigkeit des Ballons, sich vom Erdboden in die Atmosphäre zu erheben, beruht auf dem statischen Auftrieb seiner Gasfüllung. Man verwendet dazu ein Gas mit einer geringeren Dichte als Luft (Leuchtgas, Helium, Wasserstoff oder Heißluft).

Der statische Auftrieb des Ballons entspricht der Masse der Luftmenge, die durch die mit Gas prall gefüllte Hülle verdrängt wird. Ein Kubikmeter Luft hat bei 0°C und in Meereshöhe eine Masse von 1,293 kg. Ein Körper mit geringerer Masse bei gleicher Ausdehnung wie Luft wird immer emporsteigen. Zieht man vom statischen Auftrieb die Masse des in der Ballonhülle eingeschlossenen Füllgases ab, so erhält man die Hubkraft des Ballons. Der Hubkraft wirkt das Festgewicht (die Masse von Hülle, Netz, Korb, Besatzung und Zuladung) entgegen. Ist erstere



**Grundlage des Ballonfluges: Das Archimedische Prinzip.**

1 – Gewicht des Füllgases; 2 – Auftrieb; 3 – Hubkraft des Ballons; 4 – Gewicht der verdrängten Luft; 5 – Lufttemperatur 20°C; 6 – 600 m<sup>3</sup> Luft von etwa 180°C; 7 – Auftriebsmasse 263 kg; 8 – Masse des Ballons 230 kg

größer, so steigt der Ballon in die Atmosphäre auf. Ist das Festgewicht größer als die Hubkraft, so fällt der Ballon zur Erdoberfläche. Sind Hubkraft und Festgewicht gleich groß, schwebt der Ballon in gleichbleibender Höhe.

Den größten Auftrieb würde man erreichen, wenn das Füllgas die Masse Null hätte, d. h., wenn man das Balloninnere evakuieren, »luftleer« machen würde. Man könnte zwar ein Vakuum im Innern der Ballonhülle herstellen, aber die Masse, die die Konstruktion einer solchen Hülle haben müßte, um dem Druck von außen standzuhalten, wäre immer erheblich größer als der Auftrieb. Deshalb wird man »Vakuumballons« und »Vakuumlufschiffe« niemals verwirklichen können.

Die Aerostatik unterliegt aber noch weiteren Gesetzen. Da ist der Einfluß der wechselnden Temperatur der Luft und damit des Füllgases zu nennen. Je Grad Erwärmung dehnen sich alle Gase entsprechend der absoluten Temperatur aus und werden deshalb leichter. Je Grad Celsius Erwärmung dehnen sich Gase um etwa 0,4% aus, bei Abkühlung ziehen sie sich um den gleichen Betrag zusammen. So ist z. B. 20°C warme Luft um 8% leichter als Luft

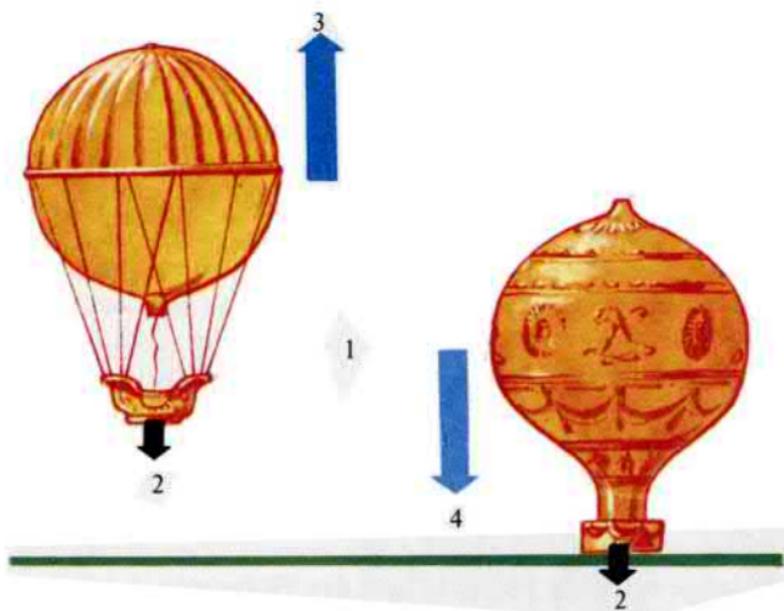
von 0°C. Deshalb sind im Winter und bei Hochdruckwetterlage für die Ballon- und Luftschiffahrt die günstigsten Leistungsbedingungen vorhanden. Für den Auftrieb von Flugzeugen dagegen sind die atmosphärischen Bedingungen in viel geringerem Maße wichtig.

Ein Kubikmeter Luft von 0°C vergrößert sein Volumen bei 20°C auf 1,073 m<sup>3</sup>, bei 100°C auf 1,366 m<sup>3</sup>, bei 300°C auf 2,098 m<sup>3</sup>. Wenn man also Luft auf genau 273°C erwärmt, so hat sich ihr Volumen verdoppelt und ihre Dichte um die Hälfte verringert. In einer Umgebung kälterer und damit schwererer Luft liefert erwärmte Luft einen statischen Auftrieb. Dieses Prinzip hat den Ballon der Brüder Montgolfier, der 230 kg Masse hatte und 600 m<sup>3</sup> Heißluft faßte, am 5. Juni 1783 in Annonay in eine Höhe von etwa 2000 m getragen.

Da bei der Vergrößerung des Durchmessers einer Kugel die Oberfläche nur im quadratischen Verhältnis, das Volumen aber im kubischen wächst, heißt das für die Ballonfahrt: Nur Versuche mit ausreichend großen Ballons sind erfolgversprechend. Wenn man den Ballon vergrößert, wächst die Oberfläche – die Masse der Hülle – weniger stark als das Volumen – der statische Auftrieb. Die Montgolfiers bauten anfangs nur kleine Ballons, von denen deshalb kein einziger fliegen konnte. Auch andere machten den gleichen Fehler, obwohl die geometrischen Beziehungen zwischen Durchmesser, Oberfläche und Volumen damals durchaus schon bekannt waren. Sie erreichten auch mit der Heißluft ihr Ziel erst, als sie, mehr aus Gefühl als aus Wissen, größere Ballons bauten.

Prof. Charles erkannte 1783 als erster die hervorragende Eignung des Wasserstoffs für den Ballonflug. Wasserstoff hat gegenüber Luft (1293 g/m<sup>3</sup>) nur eine Dichte von 89 g/m<sup>3</sup>. Ein Kubikmeter dieses Füllgases liefert einen statischen Auftrieb von 1,2 kg, das gleiche Volumen Heißluft dagegen nur etwa 0,4 kg.

Ein Einfluß, dem nur die statische Luftfahrt unterliegt, ist die Wärmeeinstrahlung durch die Sonne. Bei Sonneneinstrahlung erwärmt sich das Gas in der Hülle, nicht aber die umgebende Atmosphäre, so daß das Füllgas gegenüber der umgebenden Luft leichter wird. Beim nicht prall gefüllten Ballon vergrößert sich das Volumen, d. h.,



Die Auftriebskraft von Wasserstoff ist größer als die von heißer Luft. Die mit  $35\text{ m}^3$  Wasserstoff gefüllte,  $30\text{ kg}$  schwere und im Durchmesser  $4\text{ m}$  betragende »Charliere« (linke Abb.) erfährt bei  $20^\circ\text{C}$  einen Auftrieb von  $39\text{ kg}$ . Die gleichgroße und -schwere »Mongolfiere« (rechte Abb.) wurde mit der gleichen Menge Heißluft von  $180^\circ\text{C}$  gefüllt. Der Auftrieb beträgt bei gleicher Temperatur nur  $15,3\text{ kg}$  – die »Mongolfiere« bleibt am Boden.  
 1 – Lufttemperatur  $20^\circ\text{C}$ ; 2 –  $30\text{ kg}$  Gewicht; 3 –  $39\text{ kg}$  Auftrieb;  
 4 – kein Auftrieb

der Auftrieb nimmt weiter zu. Beim prall gefüllten Ballon entweicht der Gasüberschuß, und die Masse des Füllgases vermindert sich. Bei Abkühlung, z. B. durch Wolkenschaten, zieht sich das Gas wieder zusammen, und das Volumen, d. h. der Auftrieb, wird geringer. Dieser Einfluß ist sehr stark, und zum Ausgleich des Auftriebsverlustes muß dann Ballast abgegeben werden. Das ist ein Problem, mit dem sich auch die Luftschiffahrt der Zukunft beschäftigen muß.

Neben den vorgenannten statischen Gesetzen machen den Luftfahrern noch einige andere Probleme zu schaffen, so z. B. der Widerstand der Luft gegenüber bewegten Luftfahrzeugen, Gewitter und Sturm, Regen- und Eisbelastung.

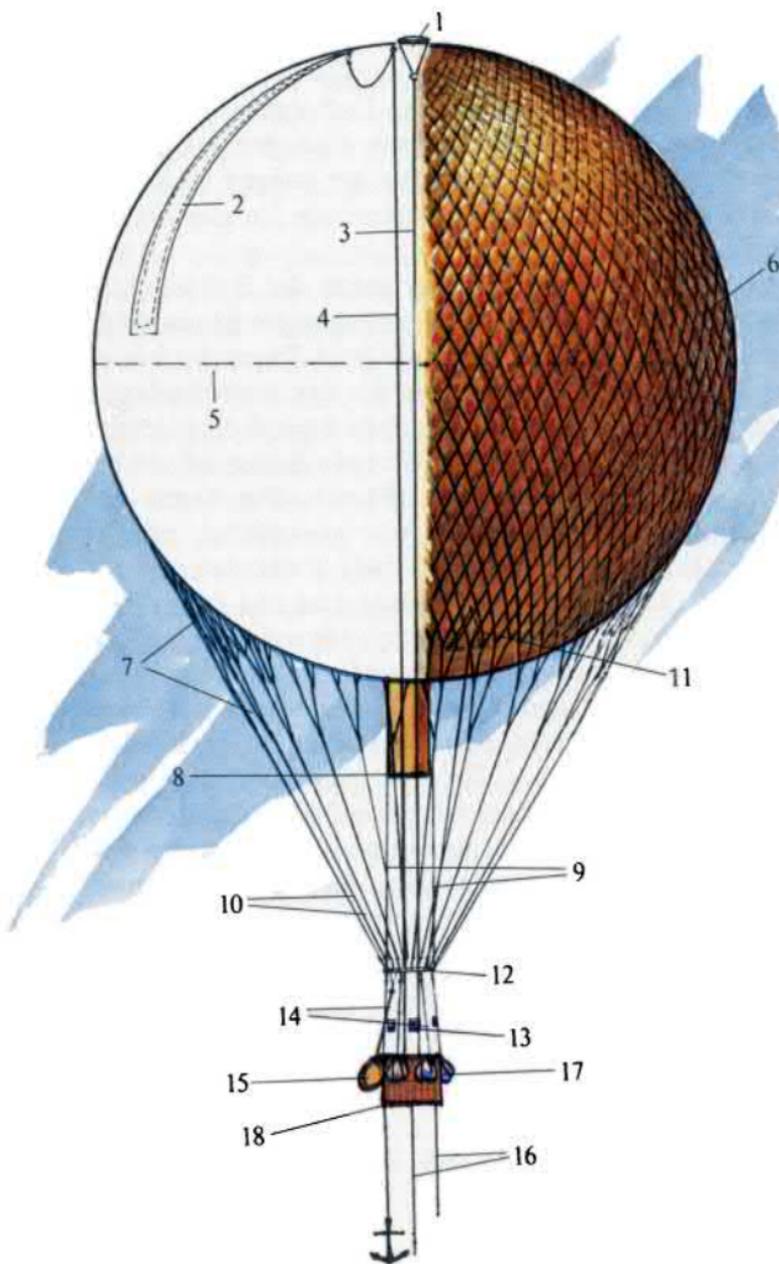
## Wie fährt der Freiballon?

Der Heißluftballon war zunächst im vertikalen Schnitt oval, im horizontalen jedoch kreisförmig. Aufbauend auf der Konstruktion von Prof. Charles wurde aber dann die Kugelform als die bessere erkannt. Die »Charliere«, der frei, ungefesselt aufsteigende Ballon, hat seit seiner Entstehung im Jahre 1783 nur geringe Änderungen erfahren und enthielt im Prinzip bereits alles, was den heutigen Freiballon auszeichnet. Über die kugelförmige Hülle ist ein Netz gespannt, das die Last gleichmäßig auf die Hüllenoberfläche verteilt und unten in einem Korbring endet. Daran ist mit Leinen der Ballonkorb aufgehängt, der neben der Besatzung auch Instrumente und Geräte aufnimmt. An der Korbaußenseite hängt der Ballast – mit Sand gefüllte Säcke zu 15 kg – und das Schleppseil. Der Gasballon mündet unten in einen Schlauch, den Füllansatz, durch den das Traggas eingelassen wird. Er bleibt während der Fahrt offen, damit das Traggas bei Ausdehnung ausströmen kann. Am oberen Pol des Ballons befindet sich das Ventil. Durch mehr oder weniger starkes Ziehen der Ventilleine, die durch den Ballon zum Korbring läuft und unter diesem durchhängt, wird eine größere oder kleinere Gasmenge abgelassen, der Ballon sinkt entsprechend. Ein Dreieckssektor in der Ballonhülle, die Reißbahn, ist so durch Ösen verschnürt und zugeklebt, daß er zur raschen Entleerung des Ballons bei oder nach der Landung mit dem Reißbahngurt – der ebenfalls unter dem Korbring durchhängt – aufgerissen werden kann. Der Ballast wird abgeworfen, wenn der Ballon steigen soll.

Jede Ballonbesatzung muß heute über folgende Navigationsinstrumente verfügen: Variometer (zeigt das Steigen und Sinken in m/s an), Barometer (Höhenmesser), Barograph (Höhenschreiber), Thermometer, Kompaß, Funk-sprechgerät, bei Fahrten über 4000 m Höhe Sauerstoffgerät. Im Notfall, z. B. bei einem Riß in der Ballonhülle, können die beiden Füllansatzleinen, die bis zum Ballonkorb reichen und dort befestigt sind, mit dem Fallmesser gekappt werden, wodurch sich die untere Hälfte der Hülle in die obere stülpt und der Ballon so zu einer Art Fallschirm wird. Ein Ballon wird nur für eine begrenzte

*Der moderne Freiballon (Kugelgasballon).*

1 – Manövrierventil; 2 – Reißbahnzunge; 3 – Ventilleine; 4 – Reißleine; 5 – Äquator; 6 – Ballonhülle mit Ballonnetz; 7 – kleine und große Gänsefüße; 8 – Füllansatz (Appendix) mit Poeschel-Ring; 9 – Füllansatzleinen; 10 – Auslaufleinen; 11 – Notöffnung mit Notreißbahn; 12 – Korbring; 13 – Instrumentenbrett mit Barograph, Barometer und Statoskop; 14 – Korbleinen; 15 – Schlepptauschürze mit Schlepptau, eventuell mit Anker; 16 – Halteseile; 17 – Ballastsäcke; 18 – Korb



Zeit oder Fahrtenzahl zugelassen und dann erneut überprüft; insgesamt macht er etwa 200 bis 300 Fahrten.

Der Starttermin hängt von einer günstigen Wetterlage, einem geeigneten Standort bzw. Startplatz und bei Gasballons von der Nähe einer Füllstation ab. Das Aufrüsten eines Ballons dauert Stunden, bevor der Ballonmeister, der mit den Startern das Bodenpersonal bildet, das Startzeichen geben kann: „Anlüften“ – „Aufziehen“ – „Laßt los“. Die Kommandogewalt geht dann an den Ballonführer über. Der Ballon steigt so lange, bis seine Masse einschließlich der Zuladung mit der verdrängten Luftmasse im Gleichgewicht steht. Dann genügt schon eine geringe Menge abgeworfenen Ballastes, um ihn weiter steigen zu lassen, oder ein kurzes Ziehen der Ventilleine, um ihn zum Sinken zu bringen.

Durch diese Vertikalsteuerung sucht der Ballonführer Höhen auf, in denen die Luftströmungen die gewünschte Richtung haben. Auch Landschaft und Tageszeit beeinflussen die Fahrt eines Ballons. In den verschiedenen Luftschichten ist auch die Windgeschwindigkeit unterschiedlich. Bei »flottem« Wind fährt ein Ballon mit 40 bis 50 km/h, sonst durchschnittlich 18 km/h. Die Kunst des Ballonfahrens besteht darin, eine möglichst gleichbleibende Höhe einzuhalten, Wind, Veränderung des Wetters, Wechsel der Temperaturen und das damit verbundene Auf und Ab im voraus zu berechnen und den Ballast ökonomisch zu verwalten. Geht der Ballast zu Ende, muß gelandet werden. Das Gelände wird mit Ferngläsern geprüft, das Schlepptau als eine Art Treibanker abgeworfen, der Ballon auf Tieffahrt gebracht, bis er durch Ventilzüge oder mit der Reißbahn zum Stehen kommt. Der Landestoß entspricht normalerweise einem Sprung aus Tischhöhe. Mit dem »richtigen« Wind ist eine Landung auf 100 m Zielraum möglich. Für Dauerfahrten bietet der Winter bessere Voraussetzungen als der Sommer mit seiner lebhaften Thermik. Zu Alpen- oder anderen Höhenfahrten wird der Ballon nicht prall gefüllt gestartet, denn beim Steigen dehnt sich die Traggasfüllung aus, und er steigt schneller bis zu seiner »Prallhöhe«. Alpine Fahrthöhen reichen etwa bis zu 5500 m.

Ballonfahrer berichteten, daß ihre Ballons von einer

gleichmäßigen Fahrt nach oben plötzlich in ein unkontrollierbares Emporschnellen bis in lebensgefährliche Höhen übergangen und anschließend mit großer Geschwindigkeit auf die Erde zustürzten. Dafür gibt es mehrere Ursachen, die weder für sich noch in ihrem Zusammenwirken vorausberechnet werden können. Die eine Ursache liegt in vertikalen Luftströmungen (Auf- und Abwinden) begründet, die in verschiedenen Wolkenformen 10 bis 30 m/s Steiggeschwindigkeiten erreichen können. Dazu kommt der statische Auftrieb des Ballons, so daß ein Ballon bis 30 m/s steigen und in wenigen Minuten in die Tropopause (8 bis 12 km Höhe) eindringen kann. Vertikale Abwinde können ähnliche Geschwindigkeiten entwickeln.

Eine zweite Ursache kann die Ausdehnung des Füllgases mit zunehmender Höhe sein, wenn der Ballon in Schichten geringeren Luftdrucks gerät: die Ballons platzen. Prof. Charles, dem dieses Mißgeschick als erstem widerfuhr, ließ deshalb den Einfüllstutzen offen, damit überschüssiges Füllgas in der Höhe entweichen konnte. In Bodennähe fehlte das Traggas dann, und man mußte, um den »Fall zu bremsen«, sehr viel Ballast abgeben. Später füllten die Höhenforscher deshalb ihre Ballons nur zur Hälfte, so daß sie birnenförmige Gestalt annahmen oder einer senkrecht stehenden Wurst glichen. Der Ballon wurde dann durch das sich ausdehnende Gas prall gefüllt und die Gefahr des Platzens gebannt.

Nun hängt der statische Auftrieb auch von der Menge der verdrängten Luft ab. Ein Ballon, der ständig größer wird, entwickelt auch ständig mehr Auftrieb und »schießt« förmlich empor. Drei Faktoren können aber dem schnellen Steigen entgegenwirken: die gesetzmäßige Abkühlung des Gases als Folge der Ausdehnung, die Kälte in höheren Luftschichten, die durch Nachlassen der Sonneneinstrahlung noch verstärkt werden kann, und die abnehmende Luftdichte. Die Folge kann sein, daß der schnelle Aufstieg ohne großen Übergang in einen raschen Absturz übergeht. Die wieder zunehmende Luftdichte und Temperatur sowie der Ballastabwurf reichen dann oft nicht aus, den Sturz zu bremsen.

Eine vierte Ursache können Witterungseinflüsse sein.

Manche Ballons saugten bei der Fahrt durch Regen oder Wolken Feuchtigkeit auf und nahmen dadurch an Masse zu. Anschließend Sonneneinstrahlung ließ die Feuchtigkeit verdunsten, der Ballon nahm an Masse ab und an Steiggeschwindigkeit zu. Als letzte Ursache wären Steuerungsfehler zu nennen, denn es gehören viel theoretisches Wissen und noch mehr praktische Erfahrungen dazu, alle Wirkungen dieser Faktoren rechtzeitig zu erkennen, vorzuberechnen und durch gute Steuerung aufzuheben bzw. zu mindern. Die meisten Steuerfehler waren zu frühes oder zu starkes Ablassen von Traggas, so daß beim Abstieg die Tragkraft bzw. der Auftrieb zum Bremsen nicht mehr ausreichte. Es wurde zu wenig Ballast mitgenommen oder zu viel abgegeben. Es gab dann auch hier keine Möglichkeit mehr, den Fall zu bremsen oder den Aufprall auf den Erdboden zu mildern.

## »Montgolfieren« und »Charlieren«

Die Ballons flogen fast von der Stunde ihres ersten Aufstiegs an gleichsam in drei Richtungen. Die einen steuerten den sportlich-abenteuerlichen Kurs, andere trieben den Militärs zu, und wieder andere nahmen den Wissenschaftler an Bord. Aus diesem Bordbuch der Geschichte der Ballonfahrten sollen stellvertretend für viele andere folgende genannt werden: Am 5. Juni 1783 fand der erste offiziell bestätigte unbemannte Aufstieg eines Heißluftballons ohne Nutzlast in Annonay/Frankreich durch die Brüder Jacques-Etienne und Joseph-Michael Montgolfier statt. Beide hatten Mathematik und Naturwissenschaften studiert und widmeten ihre Freizeit physikalischen und technischen Versuchen. Der Heißluftballon mit 10 m Durchmesser erreichte etwa 2000 m Höhe und fiel in 2 km Entfernung in die Weinberge. Der jahrtausendealte Wunsch des Menschen, zu fliegen, wurde in jenem Jahr gleich auf zwei Arten erfüllt, denn am 27. August erfolgte vom Marsfeld in Paris aus der zweite Ballonaufstieg der Geschichte und der erste Start eines Wasserstoffballons durch den Physikprofessor Jacques Alexandre Charles. Der Wasserstoffballon bestand aus Seidentaft, der innen



*Heißluftballon oder »Montgolfiere« der ersten Aeronauten der Geschichte, Pilâtre de Rozier und Marquis d'Arlandes (21. November 1783 in La Muette bei Paris)*

mit einer Kautschukgummilösung abgedichtet war. Er erreichte etwa 1000 m Höhe und ging 50 Minuten später in 22 km Entfernung in einem Dorfe nieder, wo Bauern ihn zerfetzten, in der Annahme, es handele sich um ein Ungeheuer.

Nach einem Mißerfolg – der an Seilen hochsteigende Heißluftballon (Fesselballon) wurde kurz nach dem Start durch ein Unwetter zerstört – ließen die Brüder Montgolfier am 19. September in Versailles einen Ballon mit drei Tieren aufsteigen. Die Fahrt der »Besatzung« dauerte 8 Minuten, und Hammel, Hahn und Ente landeten wohlbehalten in 4 km Entfernung. Am 21. November startete ein Heißluftballon mit Pilâtre de Rozier und dem Marquis d'Arlandes im Jardin des Lustschlosses La Muette und flog in 25 Minuten etwa 8 km weit über die Dächer von Paris. Der Ballon hatte eine beachtliche Größe: seine Höhe betrug 21 m, sein Durchmesser 14 m und sein Volumen  $20\,000\text{ m}^3$  (rund zwanzigmal so groß wie ein durchschnittlicher Ballon unserer Tage). Einhunderttausend Pariser erlebten dieses Schauspiel des ersten Menschenfluges.

Noch im gleichen Jahr, am 1. Dezember, erfolgte von den Tuileries in Paris aus der zweite Aufstieg eines Wasserstoffballons mit Charles und Robert an Bord. Nach einer Zwischenlandung bei Nesle, 40 km vom Startplatz entfernt, folgte der Alleinflug von Charles (35 Minuten). Die Gesamtflugzeit betrug 4 Stunden und 20 Minuten und die dabei erreichte größte Höhe 2700 m. Diesmal waren 300 000 Zuschauer herbeigeeilt. Der Jubel kannte keine Grenzen. Das Ballonfieber ergriff nun ganz Europa. Am 4. Juni 1784 erfolgte der erste Aufstieg einer Frau. Madame Thible flog in einer Montgolfiere über Lyon mit und bewies ihr Wohlbefinden durch Absingen einer Arie.

Nur vierzehn Monate nach dem historischen Aufstieg von Rozier und d'Arlandes über Paris erfolgte die erste Kanalüberquerung. Der Franzose François Blanchard und ein gebürtiger Amerikaner, Dr. John Jeffries, starteten am 7. Januar 1785 in Dover. Nach abenteuerlicher Fahrt, bei der sie infolge Gasverlustes alles Entbehrliche, wie Anker, Proviant, Ballast und schließlich sogar Blanchards Hosen, über Bord geworfen hatten, um Höhe zu gewinnen, landeten beide schließlich frierend, aber wohlbehalten bei

Calais auf französischem Boden. Goethe, der 1783 selbst Ballons aufsteigen ließ und dessen Ballonexperimentiergeräte 1975 von Bauarbeitern in einem Haus am Markt in Weimar entdeckt wurden, verfolgte mit großem Interesse diese Epoche, »eine der aufregendsten und umwälzendsten in der Geschichte der Menschheit« (Brief an Lavater 1783, an Frau von Stein 1784). Viele Jahre später erinnert sich Goethe: »Wer die Entdeckung der Luftballone miterlebt hat, wird ein Zeugnis geben, welche Weltbewegung daraus entstand, welcher Anteil die Luftschiffer begleitete, welche Sehnsucht in so viele tausend Gemüter hervordrang, an solchen längst vorausgesagten, immer geglaubten und immer ungläublichen, gefährvollen Wanderungen teilzunehmen; wie frisch und umständlich jeder einzelne glückliche Versuch die Zeitungen füllte, zu Tagesheften und Kupfern Anlaß gab; welchen zarten Anteil man an den unglücklichen Opfern solcher Versuche genommen.«

Das erste unglückliche Opfer war der erste fliegende Mensch, Pilâtre de Rozier, der knapp zwei Jahre nach seinem ersten Aufstieg, am 15. Juni 1785, bei einem Versuch, den Kanal von Boulogne aus zu überqueren, tödlich abstürzte. Am 22. Oktober 1797 erfolgte der erste Höhenab sprung mit Fallschirm. Garnerin sprang aus 1000 m Höhe mit einem selbstkonstruierten Fallschirm ab und landete heil. 1821 füllte Charles Green als erster einen Ballon mit Leuchtgas. Dieses Gas liefert zwar nur 0,7 kg Auftrieb pro Kubikmeter, aber es ist billig und einfach zu beschaffen. Am 7./8. November 1836 fuhren Green, Holland und Mason im Ballon »Royal-Vauxhall« von London nach Weilburg/Nassau in Deutschland und legten in 18 Stunden Tag- und Nachtflug 722 km zurück.

Zwei Jahre danach erfolgte ein wichtiger Fortschritt im Ballonbau. John Wise führte als erster die Reißbahn ein, und am 6. Juli 1847 wurde der Ballon sogar zum Rettungsfallschirm. Den englischen Ballonfahrern Coxwell und Gypson, die zwei Passagiere an Bord hatten, platzte in 2000 m Höhe der Ballon. Sie durchschnitten während des Absturzes ein Seil, wodurch sich der untere Teil des Ballons nach oben stülpte, und landeten mit diesem Notfallschirm heil – eine Rettungsmaßnahme, die noch heute angewendet wird. Zwei Jahre später, am 7. Oktober 1849,



*Wasserstoffballon mit Pilâtre de Rozier und Pierre Romain am 15. Juni 1785 beim Start zum Flug über den Kanal (abgestürzt durch Explosion)*

fand der erste Flug über die Alpen durch Francisque Arban statt, der im Gasballon von Marseille in Frankreich nach Turin in Italien flog. Die erste 1000-km-Fahrt im Ballon absolvierte John Wise mit drei Mann an Bord seines Gasballons von St. Louis nach Henderson/USA und legte in 20 Stunden, 40 Minuten eine Strecke von 1292 km zurück. 1878 schließlich wurde der Ballon endgültig zu einer Attraktion der Massen. Während der Pariser Weltausstellung wurden in dem Riesen-(Fessel)Ballon von Henry Giffard 50 Besucher gleichzeitig auf rund 600 m Höhe gebracht. Insgesamt machten 35 000 Fluggäste von dieser Möglichkeit Gebrauch.

## Wissenschaftler an Bord

Während des auf die Pionierzeiten folgenden 19. Jahrhunderts und in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts bestimmten der menschliche Ehrgeiz und die politischen Interessen in vielfältiger Weise über das Luftfahrtgerät »Ballon«. Neben den sportlichen und mitunter abenteuerlichen Leistungen der ersten Pioniere und denen der Luftakrobaten, die in riskanten Wagnissen für Geld ihr Leben aufs Spiel setzten, ragten die wissenschaftlichen Leistungen der Meteorologen, Chemiker, Physiker, Mediziner, Geographen und anderer Forscher heraus, deren Aufstiege in den unbekanntem Luftraum Expeditionen glichen.

Bereits 1784 stellte Lavoisier im Auftrag der Pariser Akademie ein Programm für wissenschaftliche Luftfahrten auf. Als Jeffries und Blanchard 1784 in London eine rein wissenschaftliche Ballonfahrt bis 2700 m Höhe unternahmen, schrieb Jeffries in seinem Bericht: »Mir schien es, daß sich in der neuen Erfindung ein gewaltiges Feld darböte, auf dem wichtige Forschungen zu machen sind. Mein Wunsch war dabei, Zustände der Atmosphäre und deren Temperatur in verschiedenen Höhen, die wechselnden Richtungen der Luftströme in gewissen Schichten zu erforschen und ein neues Licht in die Theorie der Winde im allgemeinen zu werfen.«

Tatsächlich führte man bis Ende des 19. Jahrhunderts

zur Erforschung der bodennahen und weiter entfernten Luftschichten der Atmosphäre zahlreiche wissenschaftliche Freiballonfahrten durch, bei denen man Barometer, Thermometer, Hygrometer und andere Instrumente und Geräte mitnahm. Aus diesem wissenschaftlichen »Bordbuch« der Ballonfahrten sind folgende Ereignisse bemerkenswert: Prof. Charles nahm bereits 1783 bei einer Fahrt in 3000 m Höhe wissenschaftliche Instrumente mit. Im folgenden Jahr brachten der Franzose Blanchard und der Amerikaner Jeffries in einem Glasgefäß Luftproben mit zur Erde, deren Analyse die gleiche Zusammensetzung wie die der bodennahen Luftschichten ergab. 1804 führten die beiden französischen Gelehrten Gay-Lussac und Biot bei Höhenforschungsfahrten Untersuchungen des Pulsschlages, der Atmung, der Lufterlektrizität, der Wärme, der Wolkenformationen und des Verhaltens von Tieren, wie Bienen, Grünlingen, Tauben und Fröschen, durch. Die Naturforscher Barral und Bixio stellten 1850 zum ersten Mal Vereisungen am Ballon fest. Sie maßen Temperaturen bis  $-39^{\circ}\text{C}$ . 25 Jahre später unternahmen die französischen Luftschiffer Croce-Spinelli, Sivel und Tissandier die erste Hochfahrt mit Sauerstoff und erreichten 9000 m Höhe. Sivel und Croce-Spinelli bezahlten diesen Vorstoß mit dem Leben, und Tissandier wurde taub. 1897 fand der erste Versuch einer Polarfahrt mit Ballon statt. Der Schwede S. A. Andree versuchte mit zwei Gefährten, von Spitzbergen aus den Nordpol zu erreichen. Leichen, Tagebücher und Fotos wurden 1930 von einem norwegischen Polarforscher auf der Vitö-Insel nördlich von Spitzbergen aufgefunden. Die beiden Meteorologen, der Deutsche Robert Süring und der Pole Artur Berson, erreichten mit dem Ballon »Preußen« eine Rekordhöhe von 10 800 m; sie waren die ersten, die sich vor ihrem Flug im Jahre 1901 Luftdrucktests in einer pneumatischen Kammer unterzogen. Im Jahre 1914 unternahm der Deutsche H. R. Berliner von Bitterfeld aus seine Weltrekordfahrt über 3000 km und landete, nachdem er Spitzengeschwindigkeiten bis zu 270 km/h erlebte und interessante meteorologische Beobachtungen gemacht hatte, wohlbehalten im Ural.

Ab 1892 wurden in Frankreich auch die Registrier-Freiballons (Ballon-Sonden) durch Hermite und Besançon

konstruiert, um in noch größere Höhen vorstoßen zu können. Diese führten nach der Entwicklung des Gummi-ballons durch den Deutschen Assmann zusammen mit dem Franzosen Teisserence de Bort im Jahre 1901 zur Entdeckung einer neuen Schicht der Atmosphäre. Teisserence de Bort gab ihr den Namen »Stratosphäre« und nannte die darunter liegende Schicht »Tropopause«. Es dauerte also etwa ein Jahrhundert, bis man nach der Erfindung der Aerostaten aus der vereinzelt bereits erkannten Bedeutung der kleinen, unbemannten Signalballons die Konsequenzen zog und für die den Freiballons nicht zugänglichen Höhenschichten entsprechende Ballons und Aufstiegsmöglichkeiten entwickelte. Damals war auch der Fesselballon in seiner Bedeutung für die Forschung, als Hilfsmittel der Meteorologie, noch nicht erkannt und wurde nur vereinzelt eingesetzt. So wurden die häufig bei gewerblichen Unternehmen gesammelten Erfahrungen des Kugel-Fesselballons erst in der nachfolgenden Periode beim Registrier-Fessel- und Registrier-Drachenballon für die Meteorologie von Nutzen. Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts wurde nicht nur die Pilotballonaufstiegs- und -beobachtungstechnik für die Höhenwindforschung, sondern auch die Ausbildung trigonometrischer und später photogrammetrischer Methoden zur Bestimmung von Ballonhöhen und Ballonflugbahnen vorgenommen.

Mit Hilfe des Freiballons, des unbemannten Registrierballons, des Pilotballons sowie des kugelförmigen Fesselballons und des Drachenballons konnten im 19. Jahrhundert insbesondere in dem als Aerologie bezeichneten Zweig der Meteorologie wesentliche Fortschritte erzielt werden, die neue wertvolle wissenschaftliche und technische Erkenntnisse brachten und die unter anderem auch die Grundlagen für die spätere tägliche Wettervorhersage schufen. Das Ende dieser klassischen Periode der wissenschaftlichen »Ballonfahrt« fällt etwa mit dem Ende des ersten Weltkrieges zusammen und mit der Entwicklung des Flugzeuges, der Radiosonde und der Ausbildung neuer indirekter Meßmethoden im dritten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts.

## Ballons auf Kriegskurs

Frühe Erfinder hatten die militärische Verwendung der Ballons und Luftschiffe vorausgesehen, als diese Luftfahrzeuge »leichter als Luft« in der Praxis noch gar nicht existierten. So ist es verständlich, daß Ende des 18. Jahrhunderts, als die erste französische Republik mit mehreren europäischen Staaten in einen Krieg verwickelt wurde, vom »Wohlfahrtskomitee«, das nach der Revolution gegründet worden war und dessen Aufgabe es unter anderem war, die militärische Bereitschaft zu stärken, der Vorschlag kam, bei den militärischen Operationen zur Unterstützung des Revolutionsheeres Beobachtungsballoons einzusetzen. So entstand neben einem Schloß bei Paris im März 1794 die erste Ballonkompanie und der erste militärische Beobachtungsballon der Geschichte.

Dieser erste 300 m<sup>3</sup> große Kugelballon erhielt den Namen »L'Entreprenant« (Der Kühne) und wurde 1794 vor der Festung Maubeuge bei Charleroi in der zehnstündigen Schlacht von Fleurus mit Erfolg eingesetzt, desgleichen bei der Belagerung von Mainz. Die mit dem Beobachtungsballon erzielten Erfolge führten zur Bildung weiterer Ballonkompanien, deren Ballons bei Stuttgart, Donauwörth, Augsburg und Würzburg in Aktion traten. Beim Feldzug gegen Ägypten (1797–1799) begleitete General Bonaparte eine Ballonkompanie, »um die einheimische Bevölkerung zu erschrecken«. Die Ballons gingen bei Abukir verloren, als das Transportschiff versenkt wurde. Nach seiner Rückkehr nach Frankreich löste General Bonaparte 1799 alle Ballonkompanien auf, eine Entscheidung, die sich bei Waterloo rächte.

Auch in England, wo Admiral Knowles Fesselballons auf Kriegsschiffen einsetzen wollte, hielt man nicht viel von den militärischen Ballontruppen und lehnte die Verwirklichung solcher Pläne zunächst ab. Die Bombardierung von Ballons aus versuchten erstmals die Österreicher 1849 bei der Belagerung von Venedig, wo die italienischen Truppen für die Befreiung ihres Landes von österreichischer Fremdherrschaft kämpften. Es wurden Heißluftballons aus Papier zum Abwurf von 15 kg schweren Bomben benutzt, die eine halbe Stunde in der Luft bleiben

konnten. Der Wind sollte sie über die Stadt treiben. Glücklicherweise erreichte keiner der zwanzig Ballons sein Ziel, die Mehrzahl fiel ins Wasser und in die Lagunen.

Auch im amerikanischen Sezessionskrieg (1861–1865) wurden Ballons auf der Seite der Nordstaaten zur Beobachtung und zu Luftaufnahmen für militärische Zwecke eingesetzt. Am Ende des Krieges verfügten sie über sieben Ballons, die in der Größe von 425 bis 900 m<sup>3</sup> variierten und in einer Höhe von 1500 m gehalten wurden. Bei zwei Gelegenheiten retteten Luftbeobachtungen die Streitkräfte der Nordstaaten vor ernsthaften Niederlagen. Für den jungen Grafen von Zeppelin, der während des Sezessionskrieges das Geschehen in den USA auf der Seite der Nordstaaten beobachtete, sollte Lowe's Ballonkorps von großer Bedeutung werden. In diesem Krieg wurde vom Heer der Nordstaaten zum ersten Mal auch ein Ballon-Mutterschiff eingesetzt. Zur Nachrichtenübermittlung vom Ballon aus bediente man sich des gerade erfundenen Telegraphen, und aus der vom französischen Luftfahrer Felix Nadir bereits 1858 eingeführten Luftfotografie machte man ein Instrument der militärischen Luftaufklärung. Auf der Seite der Südstaaten kam es zu den ersten Gegenmaßnahmen der Luftaufklärung, zur ersten Verdunklung durch Löschen der Lampen und Zeltfeuer und zum ersten Tarnungsmanöver durch die Anordnung von Zeltattrappen und Scheinfeuerstellen.

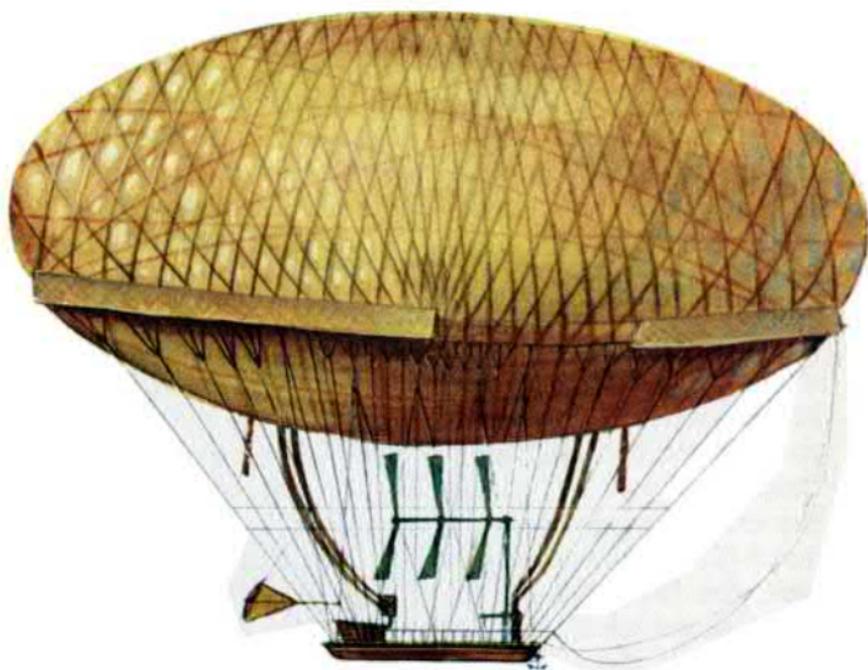
Eine besondere Episode in der Geschichte der militärischen Ballonfahrt war die Luftverbindung, die während der deutschen Belagerung von Paris im Krieg 1870/71 errichtet wurde und die die einzige Verbindung zwischen der Hauptstadt und dem Hinterland darstellte. Zwischen dem 23. September 1870 und dem 28. Januar 1871 verließen 66 Ballons die belagerte Stadt, insgesamt 164 Personen (einschließlich Ballonführer), 10 675 kg Post (2,5 Millionen Briefe zu je 4 g), 381 Brieftauben und 5 Hunde mit sich führend. Nur sechs Ballons landeten im besetzten Gebiet, zwei Ballons gingen über dem Meer verloren. Die umgekehrte Verbindung wurde durch die Brieftauben hergestellt, die fotografisch verkleinerte Botschaften, die Vorläufer der heutigen Mikrofilmtechnik, zurückbeförderten, die anschließend durch

eine »Laterna magica« (Bildwerfer) vergrößert und abgeschrieben wurden. Einen eigenwilligen Verlauf nahm dabei die Fahrt der Franzosen Rolier und Deschamps, die nach einer Nachtfahrt von 14 Stunden und 40 Minuten im 3000 km entfernten Lifjeldet/Kongsberg in Norwegen glücklich endete. Die tapferen Kommunarden benutzten im Mai 1871 kleine Freiballons, um Flugschriften von Paris aus ins besetzte Hinterland zu transportieren.

Die praktische Verwendung des Ballons im britischen Heer nahm 1878 ihren Anfang, und es gelangten zum ersten Mal Stahlzylinder zur Aufbewahrung und zum Transport von Wasserstoff zum Einsatz, die die Mobilität der Ballontruppen erhöhten. So nahmen 1885 drei Ballons an der militärischen Niederwerfung des Betschuanalandes (Südafrika) und im gleichen Jahr ein Ballon an den Aktionen im östlichen Sudan teil. Ende des Jahres 1899 setzten die Engländer im Burenkrieg bei der Annexion der Freistaaten Oranje und Transvaal (Südafrika) ebenfalls Ballons ein. Die Signalmittel waren primitiv und bestanden aus Flaggen, mit denen man die Meldungen zur Erde »morste«. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß Ballons als militärisches Aufklärungsmittel auch im Amerikanisch-Spanischen Krieg (1898), im Russisch-Japanischen Krieg (1904/1905), im Italienisch-Türkischen Krieg um Tripolis und die Cyrenaika (1911–1912) eingesetzt wurden.

## Gefesselter Drachenballon

Die gefesselten Freiballons für gewerbliche Unternehmungen und für wissenschaftliche Forschungen sowie gefesselte Beobachtungsballons für militärische Zwecke, die bis etwa Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt wurden, waren alle vom klassischen kugelförmigen Typ. Der gefesselte Kugelballon hatte den Nachteil, daß er schon bei schwachem Wind unruhig in der Luft stand und dadurch eine genaue Beobachtung erschwerte. Bei Windstärken über 36 km/h war er wegen seines großen Luftwiderstandes nicht mehr verwendungsfähig. Er erreichte durch die starke Windversetzung nur geringe Höhen, die Hülle wurde deformiert, und nicht selten wurde der ganze Ballon



*Die erste Verwendung des Ballonnetts durch Meusnier (1784)*

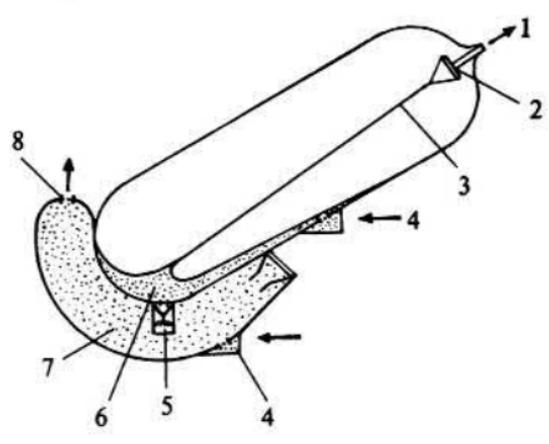
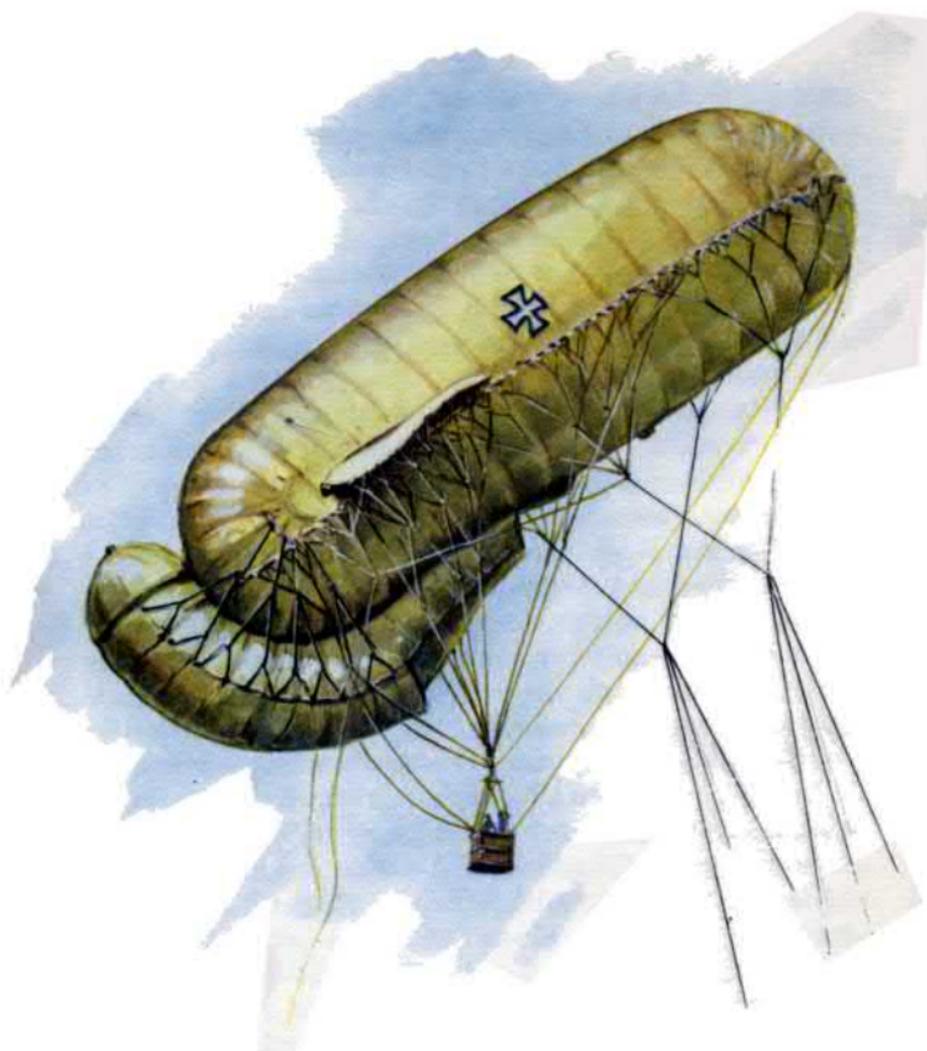
bis zum Erdboden herabgedrückt. Durch das Schütteln und Stampfen des Ballons war der Aufenthalt für die Beobachter alles andere als behaglich. Zwei Deutsche, August von Parseval und Bartsch von Sigsfeld, suchten deshalb, einen verbesserten Typ des Fesselballons einzuführen. Sie nannten ihn »Drachenballon«, weil er die Vorzüge eines Freiballons mit denen eines Drachens in sich vereinte.

Die Idee des Drachenballons war nicht neu, wurde allerdings niemals vorher mit Erfolg ausgeführt. So hatte der Franzose Jean-Baptiste Meusnier 1784 vorgeschlagen, dem Ballonkörper eine längliche Form zu geben und das Ballonett-Prinzip anzuwenden, das darin besteht, innerhalb der äußeren Hülle des länglichen Ballonkörpers einen zweiten, aber mit wesentlich kleinerem Volumen, anzuordnen. Der im Innenraum des länglichen Ballonkörpers untergebrachte kleine Ballonkörper (das Ballonett) sollte mit Luft gefüllt werden, während der Raum zwischen dem Ballonett und der äußeren Hülle des länglichen Ballonkörpers Wasserstoff als Traggas aufnehmen sollte.

Parseval und Sigsfeld, die seit 1893 mit verschiedenen Modellen in Größen von 600 bis 1200 m<sup>3</sup> Versuche anstellten, ließen den Standardtyp ihres Drachenballons erstmals 1898 aufsteigen. Da ein Drachen zum Steigen eine gewisse minimale Geschwindigkeit benötigt und seinen Auftrieb durch die Schrägstellung seiner Fläche zur Windrichtung erhält, entwickelten Parseval und Sigsfeld eine längliche »wurstförmige« Hülle aus gummiertem Baumwollgewebe, die sie an den Haltetrossen ebenfalls schräg in einem Winkel von 30 bis 40 Grad gegen den Wind stellten. Sie nutzten den Druck des Windes gegen den Rumpf zum Emporsteigen aus und verliehen ihm so einen zusätzlichen dynamischen Auftrieb. Um die Stabilität des Drachenballons zu gewährleisten, wurde hinten ein Steuersegel angebracht. Später wurde das Steuersegel durch einen sogenannten Steuersack ersetzt. Dieser Luftsack, dem Windsack auf Flugplätzen ähnlich, wurde vom Wind aufgeblasen, stabilisierte den Drachenballon und sorgte dafür, daß sich seine »Nase« stets gegen den Wind richtete. Ein Ballonett bewirkte, daß die Ballonhülle auch nach Gasverlusten noch prall gefüllt blieb. Das Ballonett innerhalb des Ballonkörpers ist eine Art »Windfalle«: Die Luft wird durch einen Windfang hineingepreßt, kann aber erst bei einer bestimmten Druckhöhe durch ein Überdruckventil wieder heraus. Außer mit dem Steuersack hatten Parseval und Sigsfeld die Hülle noch mit Steuerseglern auf beiden Seiten des Rumpfes versehen, um seine Drehung um die Längsachse zu verhindern. Außerdem hatten sie eine lange Schwanzleine angeordnet, an der bis zu fünf fallschirmartige Segel (Luftsäcke) angebracht waren, die zusammen mit dem Steuersack den Ballon auch bei stärksten Winden stabilisierten. Die Aufstiegshöhe des Drachenballons betrug je nach gewähltem Volumen des Ballonkörpers bis zu 2000 m.

*Beobachter-Fesselballon (Drachenballon) aus dem ersten Weltkrieg; Längsschnitt.*

1 – Ventilöffnung; 2 – Gasventil; 3 – innere Ventilleine; 4 – Windfänge für Luft- und Steuersack; 5 – Überdruckventil; 6 – Luftsack (Ballonett); 7 – Steuersack; 8 – Entleerungsöffnung des Luftsackes



Die Vorteile des Drachenballons wurden in erster Linie zu militärischen Zwecken genutzt, so durch das imperialistische kaiserliche Deutschland im ersten Weltkrieg zur Erkundung im Stellungskrieg (Feuerlenkung) und als Sperrballon gegen Luftangriffe. Bei stärkeren Winden wurde der Ballon häufig durch mehrere gekoppelte Flächendrachen, sogenannte Drachenzüge, ersetzt. Auf deutscher, russischer und französischer Seite waren im Verlauf des ersten Weltkrieges etwa 5500 Drachenballons im Einsatz.

Der französische Ingenieur und Offizier Albert Caquot hatte im ersten Weltkrieg auf der Basis des deutschen Drachenballons einen neuen und besser geformten Typ konstruiert, der unter anderem mit drei Steuersäcken versehen war, die voneinander um 120 Grad versetzt waren und noch größere Stabilität verliehen. Zwei der entwickelten Typen wurden von der französischen Marine an Bord kleinerer Schiffseinheiten zur Erkundung deutscher U-Boote eingesetzt. Die im Heer eingesetzten Drachenballons konnten bei Fliegerangriffen mit einer Geschwindigkeit von etwa 6 m/s heruntergeholt werden.

In England wurden Drachenballons für Ballonsperren in einem solchen Maß zur Anwendung gebracht, das nicht ohne Einfluß auf die Kriegsführung in der Luft blieb. So hatte man im Sommer 1918 eine Ballonsperre um London gelegt, die sich über 82 km erstreckte. Diese Netzsperrre oder »Schürze« bestand aus Ballons, die zu dritt untereinander mit Stahlkabeln verbunden waren, aus denen eine ganze Reihe loser, etwa 300 m langer Kabel herabhingen. Auch andere Nationen griffen diese Ideen auf. So hatte man in Italien bereits 1916 rund 3000 m hohe Ballonsperren um Venedig gelegt.

Die Aerologen verstanden es wiederum, die als Luftsperrballons verbesserten Drachenballons für meteorologische Zwecke zu nutzen. Diese wurden mit ihren 100 bis 200 m<sup>3</sup> großen Volumen ein wertvolles wissenschaftliches Hilfsmittel. Sie ermöglichten unter anderem den Übergang zur Methode der Fixpunktaufstiege, d. h. zu lang dauernden Registrierungen an einem raumfesten Punkt der freien Atmosphäre. Sie gestatten vor allem auch Messungen in großer Höhe mit schwerem Gerät. Drachen-

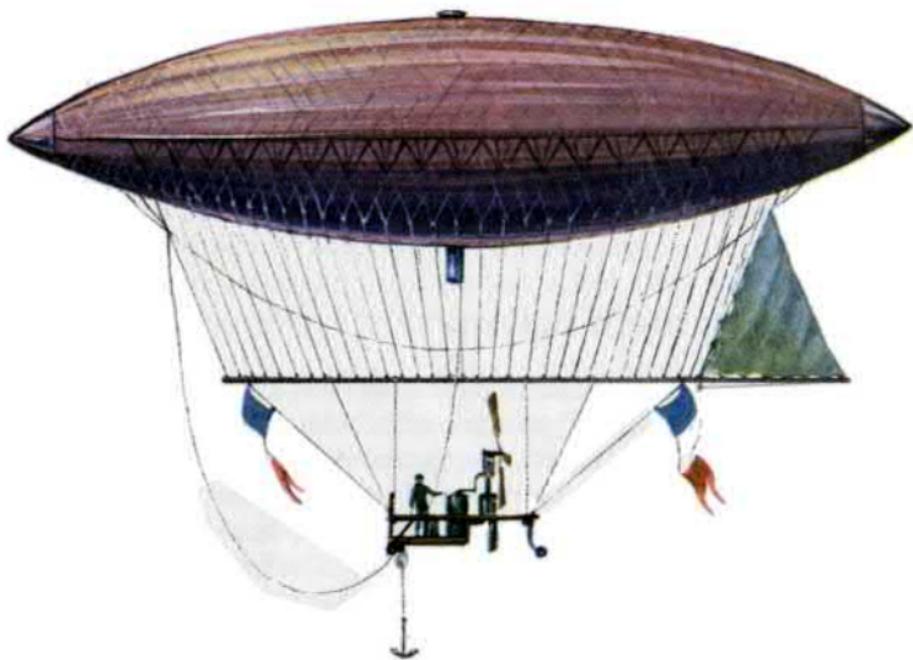
ballons mit 400 bis 450 m<sup>3</sup> Volumen wurden in der Sowjetunion für Untersuchungen von Schwankungen der horizontalen Komponenten der Windgeschwindigkeit mit Venturidüsen bis 5 km Höhe in Tschkalow und bei Moskau sowie für Sondierungen über den Wüsten Mittelasiens eingesetzt.

## Der lenkbare Ballon

Der Weg zum lenkbaren Ballon, wie das Luftschiff früher genannt wurde, ist gekennzeichnet durch eine Unmenge von Ideen und Plänen, von denen die meisten fehlerhaft durchdacht waren oder reine Theorie blieben. Nicht wenige enthielten brauchbare Vorschläge, aber auch ihnen fehlte letzten Endes die geeignete Kraftquelle als Voraussetzung für eine horizontale Fortbewegung in der Luft. Es ist bewundernswert, mit welchem Einfallsreichtum und welcher schöpferischen Kraft diese Aeronauten, Physiker, Techniker und Erfinder unablässig nach Möglichkeiten suchten, diesem generellen Mangel abzuhelfen.

Ein Teil der Vorschläge basiert auf einem Antrieb durch Segel. Dieser Gedanke war wahrscheinlich der schwächste von allen. Beim Segelboot entsteht ja nur deshalb eine gegen den Wind erfolgende Vorwärtsbewegung, weil sich der Rumpf des Bootes im Wasser befindet und dort »abstützen« kann. Andere Vorschläge basierten auf der Ausnutzung des Luftwiderstandes. Joseph Montgolfier schlug vor, einen aufwärtsgleitenden Heißluftballon durch schräggestellte Steuerflächen gleichzeitig auch vorwärts zu bewegen. Sein zweiter Vorschlag, verschiedene Windrichtungen auszunutzen, war zwar theoretisch richtig, und ganze Ballonfahrergenerationen fuhren danach, aber für einen lenkbaren Ballon war auch diese Idee praktisch nicht verwertbar.

Wieder andere Pläne sahen einen Antrieb durch Rückstoß vor. Der Gedanke, ausströmende Heißluft zu verwenden, wurde zuerst von den Franzosen Miolan und Janinet geäußert. Abgesehen von dem ungeheuren Brennstoffverbrauch, wäre die Ausströmgeschwindigkeit der



*Giffard verwirklichte 1852 zum ersten Mal das Prinzip des lenkbaren Ballons, der erstmalig auch mechanisch (mit Dampf) angetrieben wurde.*

Heißluft viel zu gering gewesen, um einen nutzbaren Rückstoß zu erzielen. Bei den Vorschlägen zum Antrieb durch Muskelkraft waren Ruder, Schaufelräder, Schlagflügel, Schwingen (Schwirrflügel), Luftschrauben und Hubschrauben vorgesehen, weiterhin Muskelkraftantriebe mit Kraftverstärkung durch Pferde, durch »athletisch gebaute Männer« und durch abgerichtete Adler. Die erzeugte Kraft war bei allen Antriebsmethoden dieser Art zu schwach, obwohl verschiedene Teilerfolge erzielt werden konnten. Meusnier erreichte 1784 mit drei sich drehenden Rudern 4 km/h Eigengeschwindigkeit. Der Aeronaut J. Degen schaffte 1810 und 1812 mit seiner Kombination von Ballon und Schlagflügeln etwa 5 km/h. Henri Dupuy de Lôme's von acht Männern angetriebener lenkbarer Ballon schaffte während eines Probefluges am 2. Februar 1872 sogar eine Geschwindigkeit von 11 km/h, aber auch seine Konstruktion wurde schon bei mäßigem Wind hilflos umhergetrieben.

Reine Theorien bleiben auch die Vorschläge der Russen Tetresski und Jir sowie des Engländers Nye, einen lenkbaren Ballon durch Preßluft oder Raketen in horizontale Bewegung zu versetzen. Viele der vorgelegten Motorantriebe erreichen ebenfalls nicht den gewünschten Antriebseffekt. So unternahm H. Giffard am 24. September 1852 seine erste Fahrt mit einem Dampfmaschinenantrieb. Der französische Uhrmacher Pierre Jullien demonstrierte 1850 auf einer Ausstellung in Paris ein Modell-Luftschiff, dessen Propeller durch ein Uhrwerk angetrieben wurde. 1865 ließ sich der Mainzer Ingenieur Paul Haenlein die Verbindung eines Gasmotors mit dem Luftschiff in England patentieren und baute 1872 in Brünn (Brno) eine 50 m lange Konstruktion, die erfolgreich Probefahrten durchführte. Wegen einer Börsenkrise und dem Konkurs der Baugesellschaft wurde das Luftschiff demontiert und das Material versteigert.

So war es schließlich Charles Renard und Artur Krebs vorbehalten, am 9. August 1884 das torpedoförmige 50 m lange Luftschiff »La France« vorzuführen, das mit dem von W. Siemens erfundenen Elektromotor und einer 4,6 m langen Luftschaube imstande war, erstmals mit 20 km/h eine Strecke von 7,5 km zurückzulegen.

Von den in dieser Zeit entworfenen, gebauten und geflogenen lenkbaren Ballons und Luftschiffen lassen sich drei Typen in der Konstruktion unterscheiden: das unstarre, das halbstarre sowie das Starrluftschiff. Die beiden erstgenannten Konstruktionen wurden auch als Prall-Luftschiffe bezeichnet. Die unstarren Luftschiffe waren Ballons in länglicher Form, deren Gondel an einem Netz hing, das man über die Hülle gezogen hatte. Die Form wurde ausschließlich durch den Überdruck des Füllgases in der Hülle aufrechterhalten. Wurde das Füllgas abgelassen, sank die Hülle in sich zusammen. Santos-Dumont passierte es, daß durch Schrumpfen des Gases sein unstarres Luftschiff die Form verlor und in der Mitte einknickte. Das Netz rutschte heraus, und Santos-Dumont stürzte mit der Gondel ab. Um einen geringeren Innendruck und eine günstigere Gondelaufhängung zu erzielen, ordnete man bei einigen Prall-Luftschiffen unter der Hülle oder in der Hülle einen starren Kielträger an.

Der Nachteil der unstarren und halbstarren Prall-Luftschiffe war, daß das Volumen des Füllgases nicht gleichblieb und sich bei zunehmender Höhe, ändernder Temperatur und Luftdichte ausdehnte oder zusammenschrumpfte und die Konstruktionen deshalb schnell ihre Form verloren. Abhilfe schuf hier das Ballonett, das schon 1784 von Meusnier vorgeschlagen und noch im gleichen Jahr durch die Brüder Robert und den Herzog von Chartres in einem Wasserstoffballon erprobt wurde.

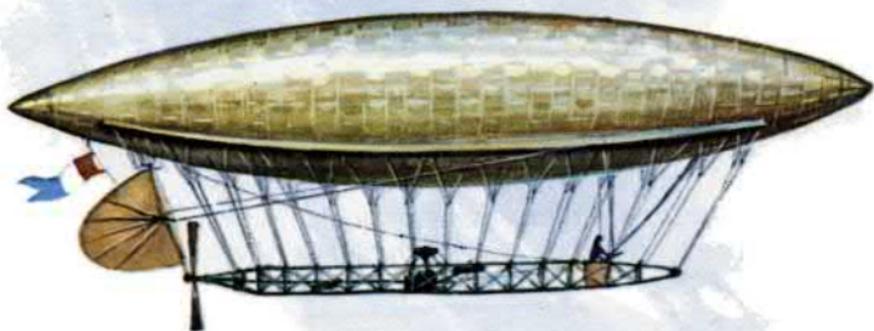
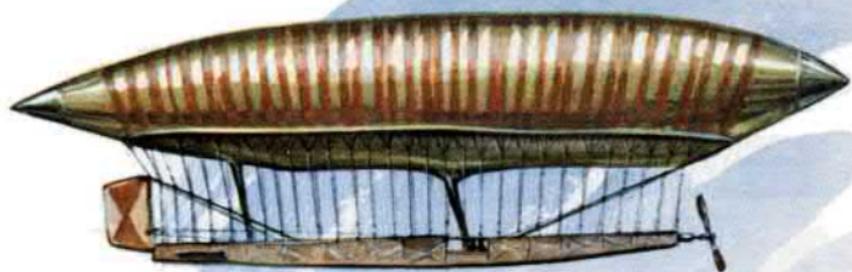
Die bekanntesten Luftschiffe waren die Starr- oder Gerüst-Luftschiffe, die vor allen Dingen durch die Verbilligung der Aluminiumproduktion um 1900 möglich wurden. Sie haben ein mit Stoff überzogenes Gerüst, in dem sich die Gaszellen befinden und das die äußere Form stets aufrechterhält sowie alle Beanspruchungen aufnimmt.

Sie können beliebig groß gebaut werden. Starrluftschiffe benötigen jedoch große Hallen sowie komplizierte Landevorrichtungen, einen großen Stamm an Bodenpersonal; und sie können nicht abgerüstet oder am Boden transportiert werden.

Hauptvertreter der starren Bauweise mit Stoffumhüllung waren die Luftschiffe von Johann Schütte und Karl Lanz mit einem Holzgerüst und die des Grafen Zeppelin mit einem Metallgerüst. Starrluftschiffe mit einer tragenden Metallaußenhaut entwickelte und baute David Schwarz. Schließlich wäre noch Albert Paul Veeh mit seinem »Stahlflugzeug« zu nennen, der bei seiner Konstruktion, die 1913 mehrmals flog, die Vorteile des starren und des unstarren Systems zu verbinden suchte.

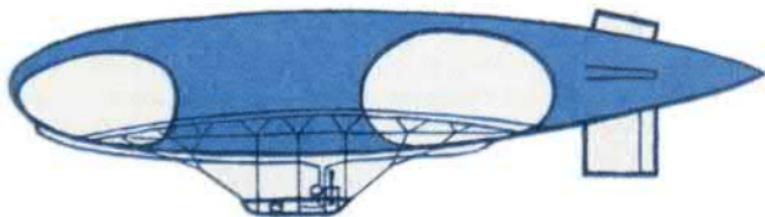
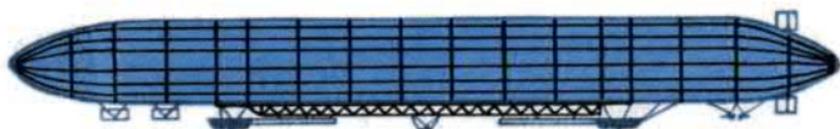
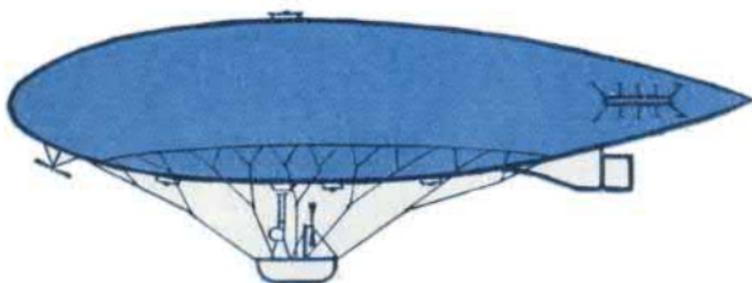
Als am 2. Juli 1900 der erste »Zeppelin« LZ-1, mit 128 m Länge, 11 m Durchmesser und einem Traggasvolumen von 11 300 m<sup>3</sup> in insgesamt 17 Gaszellen mit 32 km/h Geschwindigkeit seine erste Fahrt durchführte, war das über

*Das elektrisch angetriebene Luftschiff »La France« von Renard und Krebs auf dem Flug von Chalais-Meudon nach Paris, 1885 (oben). Das erste Aluminium-Ganzmetallluftschiff von Schwarz, das 1897 bei Berlin abstürzte (Mitte). Santos-Dumonts Luftschiff »Nr. 6«, mit dem er 1901 den Eiffelturm umflog (unten)*



ein Jahrhundert andauernde Ringen um den »lenkbaren Ballon« beendet. Das Starrluftschiff mit der benzingespeisten Verbrennungsmaschine, dem Otto-Motor, begann sich durchzusetzen.

*Schema der Luftschiffotypen. Von oben nach unten:  
unstarres Luftschiff (Parseval-Luftschiff);  
halbstarres Luftschiff (fester Laufgang mit durchgehendem Leitwerk im Gasraum);  
starres Luftschiff (Zeppelin);  
unstarres Luftschiff mit den beiden Ballonets*



## Silberne Zigarren in der Luft

Im Gegensatz zum Ballon kann sich das Luftschiff, das durch eine entsprechend große Luftverdrängung und den Auftrieb des Füllgases in der Luft in der Schwebelage gehalten wird, aus eigener Kraft durch maschinengetriebene Luftschrauben vorwärtsbewegen. Zum Steuern hat es große Ruderflächen oder wie bei Flugzeugen – Leitwerke aus einer festen Flosse und einem beweglichen Ruder. Durch das Seitenleitwerk kann es unbeschränkt und durch das Höhenleitwerk nur bedingt gesteuert werden. Die Steuereinrichtung des ersten Zeppelins hatte noch seine Tücken, denn der schlanke, zigarrenähnliche Rumpf besaß die unangenehme Eigenschaft, sich bei der Vorwärtsbewegung in Richtung der Längsachse querzustellen. Deshalb wurden, ähnlich wie bei einem gefiederten Pfeil, am Heck des Schiffes große Dämpfungsflächen angebracht.

Wie beim Ballon ist auch beim Luftschiff der statische Auftrieb oder die Auftriebskraft gleich dem Gewicht der verdrängten Gasmenge bzw. Luft. Zieht man vom Gewicht der verdrängten Luft das Gewicht des Füllgases (Wasserstoff, Helium) ab, so erhält man die Hubkraft. Sie ist um so höher, je größer das Volumen der Füllgaszellen und je leichter das Füllgas (Traggas) ist. Die Differenz zwischen Hubkraft und Leergewicht (Masse aller Konstruktionsteile des Luftschiffes) ist der Nutzauftrieb oder ausnutzbare Auftrieb, der bei großen Luftschiffen 50 bis 65 % der Hubkraft betragen kann. Dieser ausnutzbare Auftrieb wird von der Dienstlast (Besatzung, Treibstoff, Ballast, Proviant u. a.) und der Nutzlast (Fluggäste, Fracht) in Anspruch genommen. Außer der statischen Hubkraft durch das Füllgas läßt sich beim Luftschiff im Fahrzustand, der eine Anströmkomponente entgegen der Fahrtrichtung liefert, durch das Höhenruder eine veränderliche dynamische Hubkraft bzw. Tauchkraft erzeugen.

Durch die ungleichmäßige Verteilung von Auftrieb und Gewicht über die Länge des Rumpfes entstehen Biegebeanspruchungen im Luftschiffkörper und durch die Fortbewegung ein Druck auf seiner Stirnfläche am Bug. Diese und andere Belastungen mußte das Gerüst des Zeppelins aufnehmen. Dieses Gerüst wurde aus Quer-

spannten oder Querrippen (Ringträger), die mit Längsträgern verbunden waren, gebildet. Die Versteifung wurde mit Versteifungsbändern und mit einer großen Menge von Spanndrähten erzielt. Zwischen den Ringträgern waren die Gaszellen angebracht, die jede für sich sozusagen ein wasserstoffgefüllter Ballon war. Diese gesamte Gitter- oder Gerüstkonstruktion aus einer Aluminiumlegierung wurde mit Leinwand überzogen, die mit einem Lack versehen wurde.

Die ersten Zeppeline verfügten noch über zwei für Passagiere und Besatzung getrennte Gondeln, die starr mit der Gerüstkonstruktion des Luftschiffes verbunden waren. Zur Verbindung zwischen den Gondeln und zur Besichtigung der Füllgaszellen war unter dem Rumpf ein Laufgang vorhanden, der am Anfang der Entwicklung nur ein leichter Steg, später dann eine feste Brücke war und schließlich ganz in das Innere der Luftschiffhülle verlagert wurde. Nur beim zuletzt konstruierten Zeppelin befanden sich die Fahrgast- und Mannschaftsräume im Innern des Rumpfes. Beim ersten Zeppelin gab es auch noch ein Laufgewicht, das, an einer langen Seilschleife hängend, zur Lagestabilisierung (Schwerpunktlage) von einer Gondel zur anderen gezogen werden mußte. Das Laufgewicht wurde dann in den Laufgang verlegt. Später wurde das Ausbalancieren des Luftschiffes durch Umpumpen von Wasser oder Treibstoff ersetzt.

Die Propeller waren auf der Höhe des Luftwiderstand-Mittelpunktes an beiden Seiten des Rumpfes angebracht und wurden über ein doppeltes Kegelradgetriebe von Otto-Motoren aus, die an den Gondeln befestigt waren, in Bewegung gesetzt. Diese umständliche Art der Leistungsübertragung wurde gewählt, um ein mögliches Kippen des Rumpfes zu verhindern. Später wurden Motoren und Propeller in Motorengondeln einfach unter dem Schiffskörper angebracht. Das Luftschiff hatte zur Höhen- bzw. Tragkraftregulierung Ventile in den Füllgaszellen sowie abwerfbaren Ballast an Bord.

Der Bau eines fahrtüchtigen Luftschiffes ist untrennbar mit dem Namen Ferdinand Graf von Zeppelin (1838–1917) verbunden, dessen Name »Zeppelin« im Laufe der Zeit auch zur populären Sammelbezeichnung für große Starr-

luftschiffe wurde. Zwei günstige Bedingungen ermöglichten Zeppelin, seine Luftschiffe zu bauen. Das war einmal das Sinken der Aluminiumpreise (1855 : 1000 RM/kg, 1900 : 2 RM/kg) und zum anderen das ständig besser werdende Masse-Leistungsverhältnis der Benzin-Motoren (1895 : 800 kg/20 PS; 1900 : 25 kg/PS; 1908 : 4 kg/PS). Außerdem war Zeppelin zielstrebig, ausdauernd, technisch begabt, zutiefst von der Richtigkeit seiner Idee überzeugt, und er verfügte auch über genügend eigenes Vermögen, diese durchzusetzen.

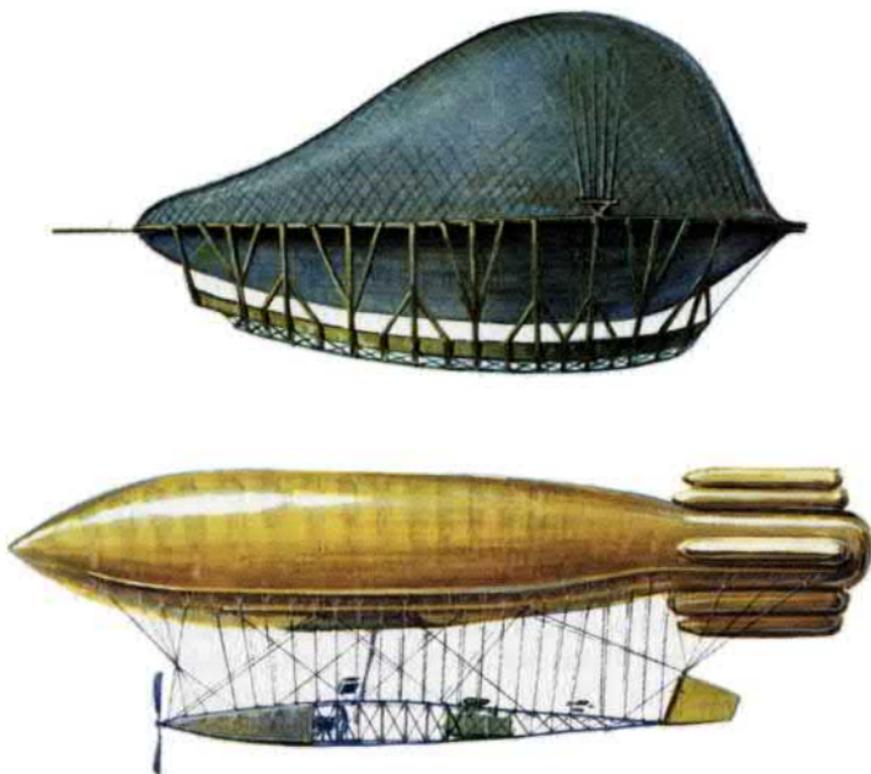
Obwohl seine Pläne von Experten verworfen und verlacht wurden, stieg das Interesse an seiner Idee besonders in militärischen Kreisen; nicht zuletzt deshalb, weil der »Erzfeind« Frankreich eine ganze Reihe geglückerter Fahrten mit unstarren Luftschiffen durchgeführt hatte. 1898 gelang es Zeppelin, ein Kapital von 800 000 Reichsmark zur Gründung einer Gesellschaft zur Förderung der Luftschiffahrt zu beschaffen – 420 000 Reichsmark brachte er aus seinem eigenen Vermögen ein. 1899 wurde mit dem Bau des LZ-1 in einer schwimmenden Halle, die im Bodensee in der Nähe von Friedrichshafen auf 95 Pontons ruhte, begonnen.

Der erste Probeflug mit dem LZ-1 erfolgte am 2. Juli 1900. Nach einer glatt durchgeführten Notlandung auf dem Wasser stieg Zeppelin im Herbst des gleichen Jahres noch zweimal auf. Er war auf diesen drei Fahrten insgesamt zwei Stunden in der Luft. Als das Kapital verbraucht war, wurde der LZ-1 Anfang 1901 demontiert. Es würde ein ganzes Buch füllen, wenn man die Reihe von Niederlagen und Triumphen und die nicht enden wollenden finanziellen Misere des Zeppelinluftschiffbaues niederschreiben würde. Eines steht heute fest: Die Zeppeline wurden von Anfang an als militärische Kampfmittel geplant und gebaut, auch wenn einige unter ihnen Passagierfahrten durchführten. Bis zum August 1914 wurden insgesamt 25 Zeppeline gebaut, davon wurden zwölf vom Heer und drei von der Marine übernommen. Von der »Deutschen Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft« (DELAG) wurden sieben Luftschiffe gekauft, die restlichen drei Zeppeline blieben im Besitz des Luftschiffbaus Friedrichshafen.

Das Schicksal dieser 25 Zeppeline ist recht aufschlußreich. Bis zum August 1914 wurden 8 durch Unwetter und 3 durch Explosionen zerstört. 4 Luftschiffe mußten wegen ihres schlechten technischen Zustands außer Dienst gestellt werden. Der LZ-10 »Schwaben« (Baujahr 1911) war das erste erfolgreiche Verkehrsluftschiff. Er legte vom Juni bis November 1911 eine Strecke von 17 000 km zurück. Die »Schwaben« hatte ein Gasvolumen von 17 800 m<sup>3</sup>, eine Länge von 140 m, einen Durchmesser von 14 m. Drei Motoren von je 145 PS verliehen dem Zeppelin eine Geschwindigkeit von 76 km/h. Die Nutzlast betrug 6,5 Tonnen, die Steighöhe 2450 m und der Aktionsradius 1600 km. In den Jahren von 1910 bis 1914 wurden von den Zeppelin in über 16 000 Fahrten etwa 37 000 Passagiere befördert und in 3200 Fahrtstunden eine Strecke von insgesamt 150 000 km bewältigt. Die Erfolge der Zeppeline veranlaßten auch ausländische Ingenieure und Firmen und die hinter ihnen stehenden privaten und militärischen Kreise zum Bau von Luftschiffen ähnlicher oder anderer Art.

## Wunderwaffe »Luftkreuzer«

Die ungleichmäßige Entwicklung der kapitalistischen Staaten und die um 1900 beendete Aufteilung der Welt führte zur Verschärfung aller kapitalistischen Widersprüche und zum Kampf um die imperialistische Neuaufteilung der Erde, der schließlich 1914 zum ersten Weltkrieg führte. Im Starrluftschiff des Grafen Zeppelin sahen die deutschen Militärs ein strategisches Fernkampfmittel, das für Heer und Marine gleichermaßen neue Möglichkeiten der Kriegsführung versprach, zumal die von der DELAG durchgeführten Fahrten die Brauchbarkeit dieser Konstruktion bewiesen hatten. Nicht wenige dieser Fahrten dienten der getarnten Ausbildung und der militärischen Erprobung. Bereits 1906 untersuchte der deutsche Generalstab den Einsatz von Luftschiffen bei der Verwirklichung des sogenannten Schlieffenplanes, der den Einmarsch deutscher Truppen in Frankreich und den Durchmarsch einer Heeresgruppe durch Belgien vorsah.



*Russische Luftschiffe aus der Zeit vor dem ersten Weltkrieg. Leppigs Kriegsluftschiff, 1812 (oben); »Clément-Bayard I«, 1907 (unten)*

Durch die Untersuchungen vieler Militärhistoriker wissen wir heute, daß die maßgebenden militärischen Kreise des kaiserlichen Deutschlands den Vorsprung im Bau starrer Luftschiffe gegenüber dem Ausland und die militärischen Möglichkeiten des Zeppelins maßlos überschätzten und sich derartig auf einen strategischen Luftschiffkrieg gegen Rußland, Frankreich und England eingestellt hatten, daß sie bei der Einsatzplanung der Militärluftschiffe den Boden der Realität völlig verließen. Es entstand aber nicht nur eine Luftschiff-Einsatzkonzeption, die von vornherein zum Scheitern verurteilt war, sondern als Folge dieser Fehlentscheidungen des General- und Admiralstabes wurde der Flugzeugbau in Deutschland jahrelang vernachlässigt; die deutschen Jagd- und Bombenflugzeuge blieben

zunächst weit hinter der Entwicklung entsprechender englischer und französischer Typen zurück.

In der Armee sollten die Zeppeline zur Bombardierung strategisch wichtiger Ziele im Hinterland des Gegners eingesetzt werden. Truppenaufmärsche sollten nicht nur erkundet, sondern auch gestört werden. Die Oberste Heeresleitung nahm an, daß einzelne Zeppeline in der Lage seien, Truppenansammlungen auseinanderzusprengen, Festungen zur Kapitulation zu zwingen, Rüstungsstätten zu zerschlagen und die Versorgung zu lähmen, Großstädte in Panik zu versetzen und die Moral der Truppen und Bevölkerung zu untergraben. Nach 1915 setzte sich diese Auffassung auch in der Marine durch.

Von den bis Kriegsausbruch gebauten 25 Zeppelinen waren noch 10 vorhanden. Sie wurden von August 1914 bis März 1915 eingesetzt, einige davon nur für Schulungszwecke. Es waren im militärischen Sinne fast hilflose Konstruktionen, die je nach den meteorologischen Bedingungen mit 40 bis 60 km/h Geschwindigkeit fuhren und selten mehr als 1200 m Operationshöhe erreichen konnten. Bei dem Versuch, ihre Bombenlast loszuwerden, verlor das Heer in den ersten drei Kriegswochen durch französische und russische Artillerie und Infanterie 4 Zeppeline. Ein Zeppelin der Marine entging dreizehn Tage nach Kriegsausbruch beim ersten Zusammenstoß mit leichten britischen Seestreitkräften mit Mühe und Not der Zerstörung durch Geschützfeuer. Feld- und Schiffsgeschütze sowie die BAK (Ballonabwehrkanonen) waren in dieser Phase noch die Hauptgegner der Zeppeline. Sie flogen dann nur noch in der Dämmerung und nachts ihre Angriffe. Gleichzeitig begann man beim Zeppelinkonzern, verbesserte Typen zu bauen, die über eine größere Reichweite, Gipfelhöhe und Geschwindigkeit verfügten und mehr Bombenlast tragen konnten.

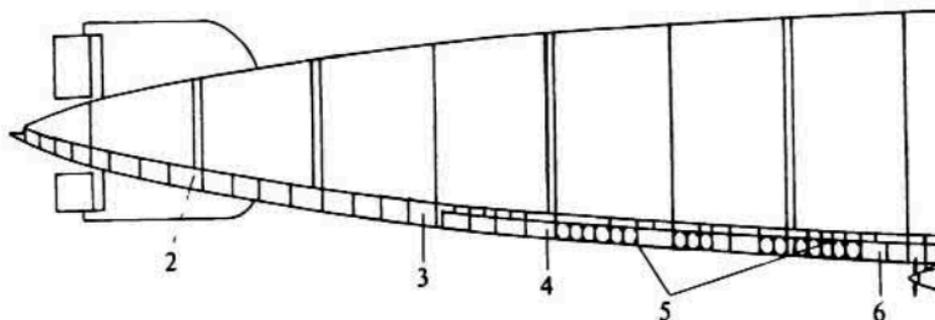
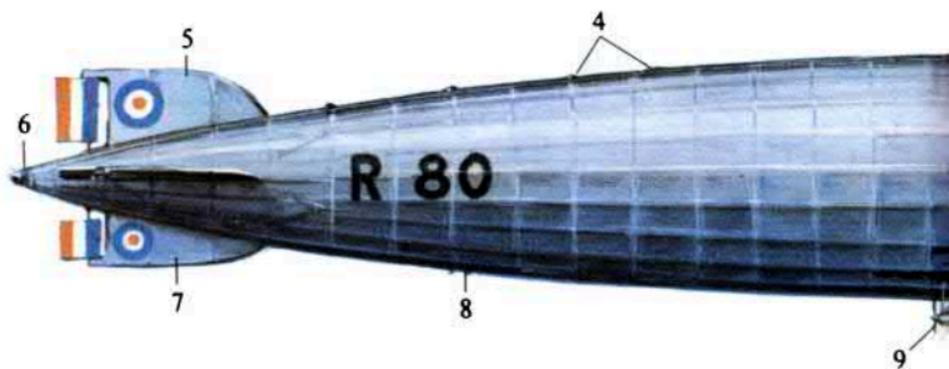
In dieser zweiten Phase vom März 1915 bis Dezember 1916 erhielten die Marine und das Heer Luftschiffe mit wesentlich verbesserten Leistungen. Von LZ-36 wurde der Traggasinhalt auf fast 25 000 m<sup>3</sup>, ab LZ-38 auf 31 900 m<sup>3</sup> erhöht. Der LZ-38 besaß 3900 m Gipfelhöhe, hatte einen Aktionsradius von 2150 km, war 163 m lang und 19 m im Durchmesser und konnte 16 Tonnen Nutzlast tragen.

840 PS Motorenleistung verliehen ihm eine Geschwindigkeit von 95 km/h. Armee und Marine gingen in dieser Periode zum Gruppen- und Geschwadereinsatz über, wobei England das erklärte Ziel ihrer Bombenangriffe war.

Die von Vollgeschossen getroffenen Zeppeline sanken mehr oder weniger langsam herab und erreichten in vielen Fällen noch das eigene Hinterland, wo sie dann oft zu Bruch gingen. Diese Verluste wurden aber nur als »Strandungen« oder »Notlandungen« gemeldet. Im Juni 1915 wurde der erste »Zepp« von einem Jagdflugzeug abgeschossen — der LZ-37 fiel als lodernde Fackel vom Himmel. Das mit Brandmunition kämpfende Jagdflugzeug wurde zum gefährlichsten Gegner im System der Luftschiffabwehr. Ein einziger Treffer genügte jetzt, um die »Luftkreuzer« in eine Flammenhölle zu verwandeln. Als im Februar 1916 ein französisches Jagdflugzeug den LZ-47 durch Le-Prieur-Brandraketen vernichtete, kam es zum ersten Einsatz von Luft-Luft-Raketen in der Kriegsgeschichte.

Obwohl der Zeppelin als Kampfmittel immer fragwürdiger wurde, gingen immer neue Aufträge beim Zeppelinkonzern ein. Mit jedem Luftschiffverlust stiegen die Dividenden, wurden Neubauten notwendig. Mehr als 8000 Menschen arbeiten an ihrer Herstellung. Die Ausbeutung der Arbeiter in den Werften Friedrichshafen, Potsdam und Staaken war enorm: Die Bauzeit eines Zeppelins ging von 45 Tagen bis auf 36 zurück. Es gab Monate, da wurden mehr Luftschiffe ausgeliefert, als Hallenplätze und Mannschaften in den Einsatzbasen zur Verfügung standen. Die Verluste über England und Frankreich stiegen so sprunghaft an, daß Luftschiffe dort abgezogen und zu neuen Einsatzhäfen in Bulgarien und Ungarn in Fahrt gesetzt wurden. Von dort aus sollten sie Ziele im Süden Rußlands, in Rumänien und anderen Balkanstaaten angreifen.

Gegen Ende des Jahres 1916 war die Abwehr so eindeutig überlegen, daß zum Bau von fast 200 m langen »Super-Zeppelinen« übergegangen werden mußte. Mit 24 m Durchmesser, 55 200 m<sup>3</sup> Volumen, 6 Motoren mit zusammen 1440 PS präsentierte sich der Prototyp dieser

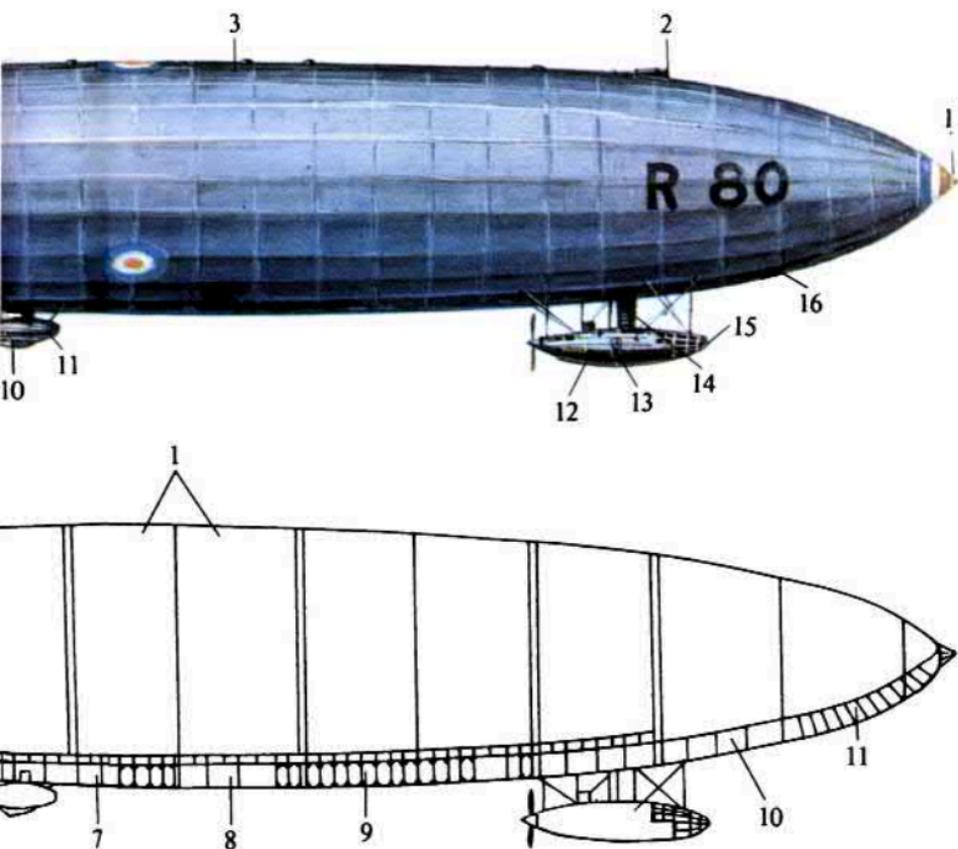


**Starres Militärluftschiff R-80 (England).**

1 – Mastfesselgeschirr; 2 – MG-Stand; 3 – äußerer Laufgang; 4 – Ventile; 5 – obere Seitenflosse mit Ruder; 6 – Beobachtungs- und MG-Stand am Heck; 7 – untere Seitenflosse mit Ruder; 8 – Entleerungsöffnung für Wasserballast; 9 – Motorgondel mit Luftschraube; 10 – Schalldämpfer; 11 – kombinierter Landepuffer und Schwimmsack; 12 – vordere Motorinstallation; 13 – Tür und Plattform für Fallschirmabsprung; 14 – Verbindungsschacht; 15 – Kommandobrücke; 16 – Entleerungsöffnung für Wasserballast

**Längsschnitt.**

1 – Gaszellen; 2 – Laufgang vom Kiel zum Heck; 3 – Wasserballast (Notversorgung); 4 – Laufgang durch die gesamte Kiellänge; 5 – Brennstofftanks; 6 – Wasserballast zu Manövrierzwecken; 7 – Aufenthaltsräume für die Besatzung; 8 – Offiziersmesse und Kajüten; 9 – Wasserballast zu Manövrierzwecken; 10 – Wasserballast (Notversorgung); 11 – Korridor, der vom Ankermast aus Zutritt zu allen Teilen des Luftschiffes gestattet



Reihe, der aerodynamisch von fast vollendeter tropfenförmiger Gestalt war. Der LZ-62 erreichte eine Geschwindigkeit von 103 km/h, eine Spitzenhöhe von 5400 m, einen Aktionsradius von 3700 km und konnte in zwei Bombenkammern 5 Tonnen Sprengstoff mitführen. Die defensive Bewaffnung der Super-Zeppeline bestand aus 10 Maschinengewehren.

Die dritte und letzte Phase des kaiserlichen Luftschiff-einsatzes erstreckte sich etwa vom Januar 1917 bis zum Ende des Krieges im November 1918. Obwohl sich die Überlegenheit der Luftstreitkräfte und der Luftabwehr der Entente längst durchgesetzt hatte, wurde weiter am strategischen Konzept festgehalten und wurden wieder neue Typen mit größerer Leistung gebaut, die aerodynamische Güte der Konstruktion weiter verfeinert, und man führte

bedeutende Einsparungen am tragenden Gerüst durch Tragfähigkeit und Steighöhe konnten dadurch vergrößert werden, der Nutzauftrieb war auf 60 % des statischen Auftriebs angestiegen. Bei gleicher Motorenleistung wurden trotz Verzichts auf einen sechsten Motor 108 km/h Geschwindigkeit erreicht. Durch die neuen Höhenmotoren lag die erreichbare Gipfelhöhe bei 6000 m. Aber auch im Sommer 1918 hatte die Abwehr diesen Vorsprung wieder aufgeholt. Daran änderte auch die Vergrößerung der Zeppeline auf fast 62 000 m<sup>3</sup> Volumen, 211 m Länge und 130 km/h Geschwindigkeit nichts.

Der Zeppelinkonzern baute von 1900 bis Juli 1918 insgesamt 113 Luftschiffe, davon wurden im Krieg 101 Stück dieser »Wunderwaffe« eingesetzt – 66 in der Marine und 35 im Heer. Diese Zeppeline legten auf rund 4720 Einsatzfahrten in 25 000 Stunden eine Gesamtstrecke von 1,66 Millionen km zurück. Im groben Durchschnitt ergibt das je Luftschiff etwa 16 500 km für 46 Fahrten in 250 Stunden bei etwa 60 km/h Geschwindigkeit. Größtenteils machten aber die eingesetzten Zeppeline bis zu ihrer Zerstörung nicht mehr als 13 Fahrten.

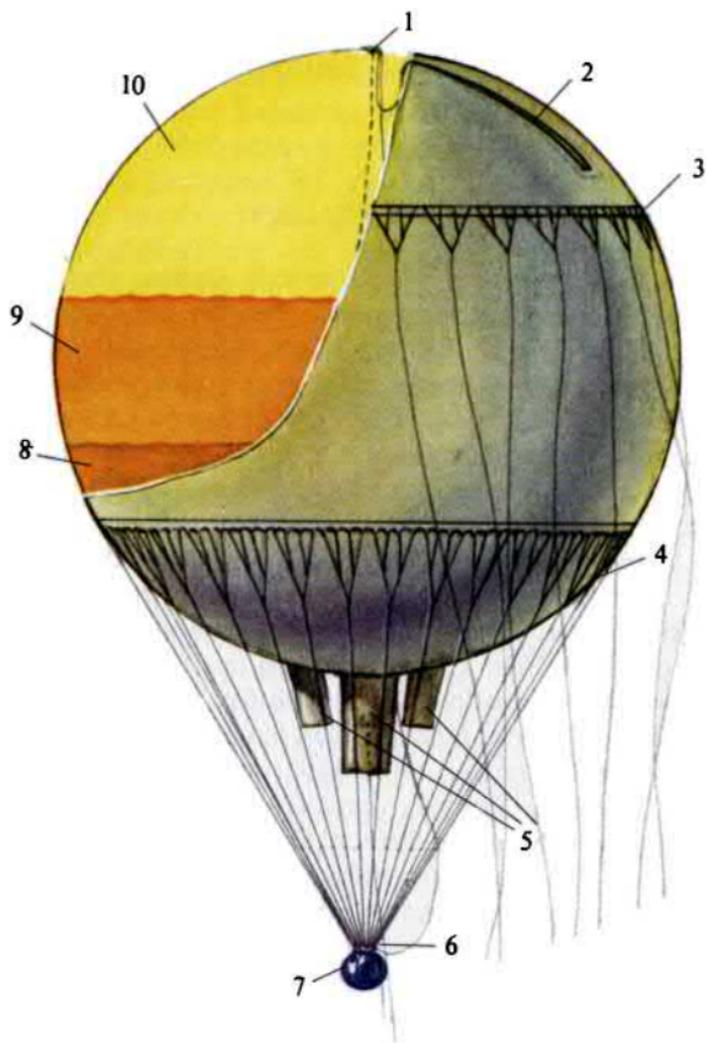
Die Zeppeline des kaiserlichen deutschen Heeres führten rund 100 Angriffe durch und warfen dabei etwa 150 Tonnen Bomben über Ziele in Rußland, den Balkanländern, Italien, Frankreich, Belgien und England ab. Die Marineluftschiffe fuhren 1348 Einsätze. Bei 159 Angriffen gegen England wurden 220 Tonnen Bomben abgeworfen, die 1357 Engländer verwundeten, 556 töteten (darunter 281 Frauen und Kinder) und einen materiellen Schaden von etwa 30 Millionen Goldmark anrichteten. Von den 101 eingesetzten Luftschiffen wurden 79 durch Bodenabwehr, Jagdflugzeuge, Bomben oder andere Ursachen zerstört. Die »Luftkreuzer« erfüllten keine der ihnen zugedachten strategischen Aufgaben, und der geringe Erfolg stand in keinem Verhältnis zum Aufwand. Auch solche flugtechnischen Leistungen dieser Kriegszeppeline, wie die Dauerfahrt des LZ-120 über 101 Stunden, der Höhenrekord von L-55 von 7300 m und die Streckenfahrt von L-59 über 6757 km, können nur unter dem Aspekt gesehen werden, daß dieser imperialistische Krieg den beteiligten Völkern mehr als 10 Millionen Tote, 20 Millionen Ver-

wundete und Krüppel und zerstörte Städte und Dörfer hinterließ.

## Bezwinger der Stratosphäre

Etwa 120 Jahre lang schenkte der Ballon allein dem Menschen den Traum vom Fliegen, die Erfüllung einer uralten Sehnsucht, aber auch das Mittel, als Sportler, Abenteurer und Wissenschaftler sich diese neue dritte Dimension zu erschließen. Mit dem Bau von Luftschiffen und durch die nach dem ersten Weltkrieg verstärkt einsetzende Entwicklung des Flugzeuges wurde es recht still um dieses Luftfahrzeug. Mit Flugzeugen gelang es schließlich dem Amerikaner J. A. McReady 1921 mit 10 520 m und dem Franzosen Sadi Lecoq mit 11 145 m, bis an die untere Grenze der Stratosphäre vorzustoßen und damit eine größere Höhe zu erreichen als je zuvor ein Mensch in einer Ballongondel. Der Engländer Hawthorne Grey versuchte 1927, mit einem Ballon in einer offenen Gondel mit Sauerstoffatmung, diese Höhe zu erreichen. Er stieg bis auf 12 800 m, aber sein Vorstoß in die Stratosphäre ohne Druckausgleich endete tödlich. Dieser Aufstieg von Grey zeigte, daß die Grenze des offenen Freiballons erreicht war und daß der Mensch ohne weitere technische Hilfsmittel, z. B. in Form einer Druckkammer oder -kugel, in diesen Höhen nicht überleben kann.

Einer der ersten, der diesen neuen Ballontyp praktisch erprobte, war der geborene Schweizer Prof. Auguste Piccard. Der erste Aufstieg mit seinem Stratosphärenballon »FNRS« im September 1930 konnte nicht stattfinden, da die Gondel und die 55 m hohe Hülle durch einen Sturm beschädigt wurden. Erst am 27. Mai 1931 erhob sich der neue und größere, nur mit 2800 m<sup>3</sup> Wasserstoff gefüllte Ballon mit einem Fassungsvermögen von 14 130 m<sup>3</sup> vom Boden und erreichte mit dem Professor und seinem Assistenten Paul Kipfer in einer hermetisch geschlossenen Druckkugel in 28 Minuten eine Höhe von 15 781 m über dem Meeresspiegel. Die schwarze, kugelförmige Gondel aus geschweißtem Aluminiumblech von 3,5 mm Dicke hatte einen Durchmesser von 2,10 m. Sie besaß ein »Mannloch«



*Der Stratosphärenballon »FNRS« von Auguste Piccard.*

*1 – Ventil; 2 – Reißbahn; 3 – Füllgurt; 4 – Traggurt; 5 – Füllansätze; 6 – Traging; 7 – luftdichte Kabine; 8 – Luft, die nicht zur Wärmeregulierung dient; 9 – Luft, die zur Wärmeregulierung dient; 10 – Wasserstoff*

und war mit 8 Aussichtsfenstern versehen. Nach 17stündiger Fahrt landeten beide schließlich wohlbehalten auf einem Gletscher in den Tiroler Alpen. Am 18. August 1932 starteten Prof. Piccard und Max Cosyns bei Zürich vor 30 000 Zuschauern zu einer weiteren Fahrt und erreichten mit ihrem fliegenden Laboratorium eine Höhe von 16 940 m.



*Formveränderung des »FNRS«  
mit zunehmender Höhe*



Sowjetische Ballonfahrer und Forscher errangen vor dem Großen Vaterländischen Krieg 17 von insgesamt 24 Ballonweltrekorden. Am 30. September 1933 hielten Rotarmisten den Stratosphärenballon »UdSSR-1« an den Seilen. Die halbgefüllte Ballonhülle stand 75 m hoch über dem Flugfeld. Die Wissenschaftler Prokofjew, Birnbaum und Godunow waren mit ihren Instrumenten und Hilfsgeräten ebenfalls in einer Druckkugel untergebracht, die, als das Kommando »Gondel los« erfolgte, in weniger als einer Stunde 18 500 m Höhe erreichte.

Zu einem tragischen Unfall kam es am 30. Januar 1934, als sowjetische Forscher zum ersten Mal die 20 000 m-Grenze überschritten. Die Stratonauten Fedossenko, Usyskin und Wassenko stiegen auf die Gipfelhöhe von 22 000 m und beobachteten vom Stratosphärenballon »Ossoawjachim-1« atmosphärische und kosmogene Erscheinungen, maßen Luftdruck, Temperatur, Strahlung und andere Daten. Die falsche Zeitkalkulation rächte sich bitter, denn der lange Aufenthalt in dieser Höhe ließ bei untergehender Sonne das Traggas in der Kälte schrumpfen. Der Ballonkörper stürzte und erreichte eine so hohe Fallgeschwindigkeit, daß teilweise die Schwerkraft aufgehoben wurde und sich die Gondel vom Ballon löste. Noch ehe die Lukenschrauben gelöst waren, um mit dem Fallschirm abspringen zu können, zerschellte die Druckkugel mit den drei Wissenschaftlern am Boden.

Ein Unglück ähnlicher Art, wenn auch nicht mit so tragischem Ausgang, ereignete sich in den USA mit dem Stratosphärenballon »Explorer-1«. Am 28. Juni 1934 starteten Kepner, Stevens und Anderson mit einem 85 000 m<sup>3</sup> großen Ballon und erreichten sehr schnell die Höhe von 18 300 m, als die Ballonhülle einen Riß bekam und der unfreiwillige Abstieg begann. In 200 m Höhe zerbarst die Hülle vollständig, aber die drei Insassen konnten sich noch mit ihren Fallschirmen retten. Der »Explorer-2« stand im Sommer 1935 bereit. Sein Volumen von 104 774 m<sup>3</sup> war nur mit 6370 m<sup>3</sup> Helium gefüllt. Im prallen Zustand hatte er einen Durchmesser von 58 m. Die Druckkugel hing während des Starts an einer 96 m hoch emporragenden Hülle. Die Gondel war mit Instrumenten bis oben hin gefüllt und beherbergte außerdem verschiedene Formen von Bakte-

rien und Pflanzenkeimen. Zur Sicherheit war auf der Kugel ein Fallschirm von 25 m Durchmesser befestigt. Am 11. November 1935 stieg der Ballon mit Stevens und Anderson auf 22 612 m Höhe. Nach einem Aufenthalt von annähernd acht Stunden setzte die Gondel etwa 200 km vom Startort entfernt sanft auf.

Der absolute Höhenrekord war aber damit noch nicht erreicht. Die früher für unmöglich gehaltenen »Weltraumflüge« in Höhen über 30 km dienten als Prüfstände zum Studium der Umgebungseinflüsse, denen Menschen, Ausrüstungen, Bauteile und anderes Gerät der Luft- und Weltraumfahrt unter ähnlichen Bedingungen wie im Welt- raum ausgesetzt sind. So gibt es kaum bessere Teststationen für die Anzüge der Höhenflieger und Raumpiloten als eine mit einer Luftscheleuse ausgerüstete Ballonkapsel unter wirklich raumähnlichen Bedingungen, die sich in Simulationsanlagen auf der Erde nur unvollkommen nachbilden lassen. Mit den an solchen Stratosphärenballons hängenden Konstruktionen erhält man auch brauchbare Daten über die psychologischen Reaktionen der Besatzungen von Höhenflugzeugen und Raumfahrzeugen auf die Streßbedingungen in der raumnahen Umgebung. So sind alle diese Aufstiege von Stratosphärenballons, wie »Man-High«, »Strato-Lab«, »Excelsior« oder »Stargazer«, Vorstufen zur Eroberung des Weltraums. Bemerkenswert an diesen Forschungsprogrammen war auch ein neuer Höhenrekord im Fallschirmspringen durch Joseph Kittinger am 16. August 1961 aus 31 330 m Flughöhe. Erst nach einem freien Fall von 26 000 m öffnete sich sein Fallschirm. Zwischen seinem Sprung aus der Gondel und seiner Landung am Fallschirm vergingen insgesamt 13 Minuten und 8 Sekunden, von denen die ersten 4 Minuten und 38 Sekunden im freien Fall zurückgelegt wurden. Als sich in 5300 m Höhe sein Hauptfallschirm automatisch öffnete, hatte Kittinger infolge der Erdbeschleunigung eine Fallgeschwindigkeit von etwa 200 m/s.

Zweck dieses Versuchs und einer Reihe ähnlicher Experimente war die Erprobung von Methoden und Ausrüstungen für Notlandemanöver künftiger Höhenflugpiloten und Raumfahrer. Einige der zu lösenden Probleme waren: Wann soll sich ein Fallschirm öffnen? Wie läßt sich



*Startablauf des birnenförmigen, heliumgefüllten Polyäthylenballons mit 56000 m<sup>3</sup> Volumen, der in 15 Minuten eine Höhe von 29300 m erreichte und 1957 im Rahmen des »Man-High«-Programms der USA gestartet wurde.*

*1 – Auslegen der Hülle; 2 – Auffüllen mit Gas; 3 – Lösen der Füll-Leitungen und Montage des Fallschirms mit der Druckkugel; 4 – vor dem Start; 5 – Lösen der Haltevorrichtung; 6 – Freigabe des Ballongespans zum Start*

ein gefährliches Pendeln und Trudeln des fallenden Körpers verhindern, und wie sind physiologische Probleme zu überwinden, die während eines lange dauernden Falls auftreten? Wie kann man einen Fallschirmspringer vor dem Erfrieren und vor Sauerstoffmangel schützen?

Kittinger trug bei seinem Sprung Isolierkleidung unter der Kombination, die nur stellenweise den Körper unter Druck hielt, ferner einen Druckhelm und elektrisch beheizte Handschuhe und Socken. Auf dem Rücken hatte er ein elektronisches Meßgerät, das vom Herzschlag bis zur

Temperatur der Kleidung an verschiedenen Stellen alles registrierte. Zur Stabilisierung während des freien Falls konnte Kittinger einen zwei Meter großen Hilfsfallschirm benutzen.

Neben diesem Programm »Excelsior« wurden noch weitere bemannte Höhengänge durchgeführt, die weltweit Beachtung fanden: am 19./20. August 1957 stieg David Simons 30 937 m hoch, hielt sich in dieser Region rund 32 Stunden auf und führte 25 verschiedene wissenschaftliche Aufgaben durch. Sein Plastikballon von 85 000 m<sup>3</sup> Volumen, der mit Helium gefüllt war, hatte eine Haut aus Polyäthylen, die nur knapp vier Hundertstel Millimeter dick war. Die Wissenschaftler Ross und Prather erreichten schließlich beim Unternehmen »Strato-Lab-5« am 4. Mai 1961 eine Höhe von 34 668 m und hielten sich dort 9 Stunden auf.

Die niedrigen Kosten dieser Kugeln und Ballons und die ständige Einsatzbereitschaft solcher Luftfahrtgeräte »leichter als Luft« machten sie zu einem attraktiven Hilfsmittel bei den Bemühungen des Menschen, in den Weltraum vorzudringen.

## Ohne Radiosonde kein Wetterbericht

Auch der Aufstieg der zuvor beschriebenen Höhenforschungsballe ist, wie der gesamte Luftverkehr und viele andere Bereiche der Wirtschaft aller Länder, an eine exakte Wettervorhersage gebunden. Gegenwärtig gibt es auf der Erde rund 10 000 größere Stationen, davon allein 4000 in der UdSSR, die das Wettergeschehen über einem Fünftel unseres Planeten regelmäßig beobachten. Auch der Meteorologische Dienst der DDR verfügt über ein gut ausgerüstetes Beobachtungsnetz von etwa 1300 Niederschlagsmeßstellen und 220 Bodenstationen. Neben einer leistungsfähigen Wetterbild-Satelliten-Empfangsstation hat dieses Netz vier Radiosondenstationen. Von diesen Stationen aus starten mehrmals täglich die in der UdSSR hergestellten Radiosonden, die in Verbindung mit einem Kurzwellensender von einem freifliegenden Ballon aus Druck, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit bis in die

Stratosphäre hinein messen. Durch Anpeilen der fliegenden Radiosonde errechnet man Windrichtung und -geschwindigkeit. Die von der Radiosonde ausgestrahlten Werte werden von der Bodenstelle aufgenommen, ausgewertet, verschlüsselt und durch Funk oder Fernschreiben an den Meteorologischen Dienst der DDR und an den international arbeitenden Wetterdienst weitergeleitet, der damit wichtige Informationen für die Beurteilung der Wetterlage und -entwicklung erhält.

Im Zeitalter der bemannten Freiballonfahrten des 18. und 19. Jahrhunderts wurden Beobachtungsdaten von den Wissenschaftlern selbst ermittelt. Diese dann veröffentlichten Angaben bildeten die Basis späterer wissenschaftlicher Arbeiten. Um in noch größere Höhen vorstoßen zu

#### *Aufstieg einer Radiosonde in Lindenberg/DDR*



können und um die Messungen frei von Beobachtungsfehlern zu halten, entwickelte man selbstregistrierende Instrumente wie Ballon-Meteorographen, Barographen und Hygrographen.

Im kaiserlichen Deutschland wurden um 1890 durch Kremser sehr leichte Ballons aus Seide oder Papier gestartet, und 1901 führte Assmann den Naturkautschukballon ein. Derartige unbemannte Freiballons, die mit Registriergeräten aufstiegen, wurden als Registrierballons oder Ballonsonden bezeichnet. Mit ihnen wurden schon 1931 Höhen über 32 600 m erreicht. Kleine, allseitig geschlossene Ballons ohne Meßgeräte, die zur Messung von Wolkenuntergrenzen und Luftströmungen aufgelassen wurden, sogenannte Pilotballons, wurden von russischen Seeleuten bei Weltumseglungen bereits 1806 vor Japan eingesetzt.

Um Kosten zu sparen und um schneller in den Besitz von Meßangaben zu kommen, ging man zu Fesselaufstiegen mittels Drachen oder Ballons über, die besonders bei ungünstigen Wetterlagen verwendet wurden. Vom Observatorium Lindenberg bei Beeskow in Brandenburg wurden vom März 1905 bis Februar 1945 täglich Aufstiege von Fesselballons und -drachen durchgeführt. Die größte Höhe, die je mit Fesselballons erreicht wurde, liegt bei etwa 9200 m, bei gefesselten Drachen bei 9740 m. Durch die immer größer werdenden Geschwindigkeiten der Flugkörper wurden aber die von ihnen gemessenen Werte in zunehmendem Maße verfälscht. Deshalb wurde die von H. Hergesell 1901 als »Radiosonde« bezeichnete neue Methode der Meßwertsammlung und -übermittlung verstärkt angewandt. Die erste Radiosonde wurde am 30. Januar 1930 von dem sowjetischen Wissenschaftler Moltchanow gestartet, die bei Slutzk 10 000 m Höhe meldete. Im gleichen Jahr folgten auch in Deutschland Radiosondeneinsätze durch Duckert. Moltchanow führte mit dem Deutschen Weickmann auch bei der Polarfahrt des »Grafen Zeppelin« im Juli 1931 verschiedene aerologische und photogrammetrische Arbeiten durch, unter denen vier Radiosondenaufstiege vom langsamfahrenden Luftschiff besonders bekannt geworden sind.

Mit der Radiosonde wird die Atmosphäre bis in Höhen

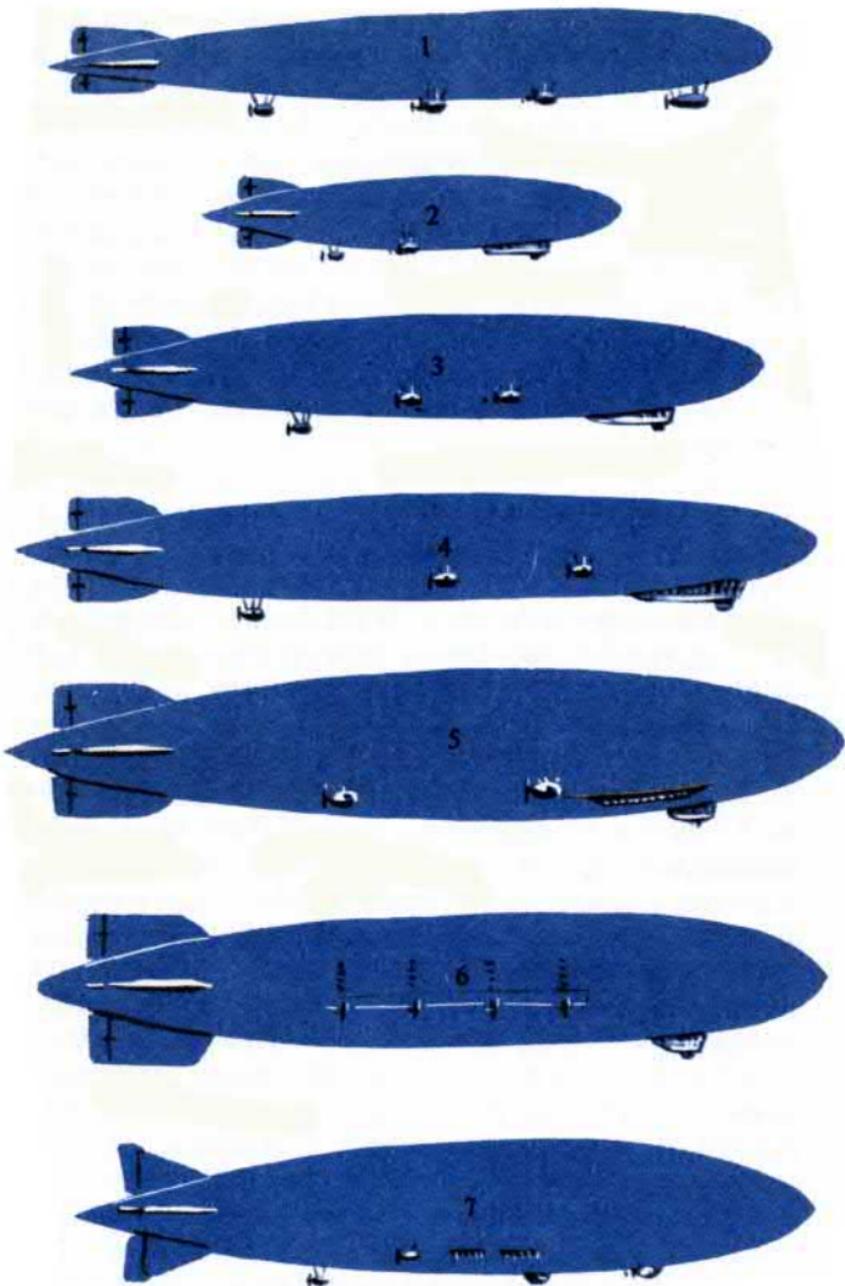
über 30 km durchmessen. Die maximalen Aufstiegshöhen liegen etwa bei 45 km. Um die Radiosonde in diese Höhen zu tragen, kommen – wenn man vom kostenaufwendigen Einsatz mit Kleinraketen absieht – ausschließlich wasserstoffgefüllte Ballons in Frage. Die Radiosonde selbst, die nach dem Platzen des Ballons in Gipfelhöhe an einem kleinen Fallschirm zur Erde zurückkehrt, besteht aus drei Baugruppen: den empfindlichen Meßinstrumenten, die primär die Veränderungen der zu messenden Zustandsgrößen anzeigen; der Vorrichtung, die die Anzeigen der Meßelemente in elektrische Signale umwandelt, und dem Sender mit Antenne sowie den dazugehörigen Batterien. Die in der DDR eingesetzten Radiosonden messen den Druck durch eine doppelte Druckdose, die Temperatur durch ein Bimetall und die Feuchte durch eine Haarharfe. Die Druckdose befindet sich im Gehäuse, während das Bimetall und die Haarharfe strahlungsgeschützt außerhalb des Gehäuses angebracht sind. Der zur Übermittlung der Meßwerte dienende Kleinstsender arbeitet im 10-m- bzw. 70-cm-Band und wiegt etwa 35 g. Die Anoden- und Heizspannungen werden durch entsprechend dimensionierte Batterien geliefert. Die Masse der Radiosonde mit Zubehör beträgt 650 bzw. 1200 g. Die Bodenempfangseinrichtung, die je nach der verwendeten Sondenart sehr verschieden sein kann, besteht im allgemeinen aus einem Empfänger mit Antenne und Hilfseinrichtungen (Schreibgerät), die die empfangenen Signale in die entsprechenden Werte der beobachteten Meßgröße umwandeln. Die große Zahl der verwendeten Radiosondenmodelle unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Art der Steuerung des Senders durch die meteorologischen Meßelemente. Danach gibt es Zeitsonden, Zeichensonden, Frequenzsonden, Radarsonden und die sogenannte Transosonde (Transozean-Radiosonde), die für die transozeanische und transkontinentale Forschung von großer Bedeutung ist. Verglichen mit den Registrierballon-Meteorographen bietet der Einsatz der Radiosonden große Vorteile. Die Meßergebnisse können von der Bodenstelle sofort abgehört und registriert werden, was eine wesentliche Zeitersparnis von mehreren Wochen oder Monaten bedeutet. Zum anderen lassen sich mit der Radiosonde auch Aufstiege in

solchen Gegenden ausführen, in denen man mit dem Wiederauffinden der Meteorographen in den seltensten Fällen rechnen kann: in Wüsten, Polargebieten oder auf dem Meer. Schließlich wurde es erst durch die Radiosonde möglich, Höhenwindmessungen mittels Funkpeilung auch dann durchzuführen, wenn die Wetterlage eine optische Verfolgung des Pilotballons nicht gestattet. Das gesamte Netz der Radiosondenstationen auf der Erde umfaßt zur Zeit etwa 500 bis 600 Aufstiegsstellen, an denen in der Regel täglich zweimal die Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung und viermal die Stärke und Richtung des Höhenwindes vom Boden bis zur Gipfelhöhe des Ballons gemessen werden.

## **Zeppeline, die »fliegenden Wale«**

Mit der Beendigung des ersten Weltkrieges war keineswegs der Bau von Luftschiffen zu Ende gegangen. Er verlor zwar seinen militärischen Charakter, aber in England, Deutschland, den USA und in Italien wie auch in der Sowjetunion begann man, Verkehrsluftschiffe zu bauen, die Passagiere und Fracht beförderten. In England wurden noch im Jahre 1919 die beiden Luftschiffe R-22 und R-34 fertiggestellt. Der 136 m lange R-34 startete am 2. Juli 1919 zur ersten Transozeanfahrt eines Luftschiffes und erreichte sein Ziel, Long Island, nach einer Fahrt von 108 Stunden über eine Distanz von 5632 km. Am 9. Juli 1919 ging er von Amerika aus auf Heimatkurs und erreichte drei Tage später wieder Pulham in England. Die Aussichten für einen Transitverkehr über den Atlantik waren erfolgversprechend, denn eine Zeiteinsparung von annähernd 30 % gegenüber dem Schiffsverkehr war bereits ein großer Fortschritt. In England wurde in dieser Zeit auch der Ankermast und mit diesem ein Verfahren zum besseren Befestigen und Heranholen entwickelt. Diese Neuerung verringerte die Zahl des Bodenpersonals und machte das Luftschiff von Hallen weitgehend unabhängig.

Von den beiden noch in England gebauten Luftschiffen R-100 und R-101 erwies sich das erste als das bessere. Am 16. Dezember 1929 startete die 216 m lange Konstruktion

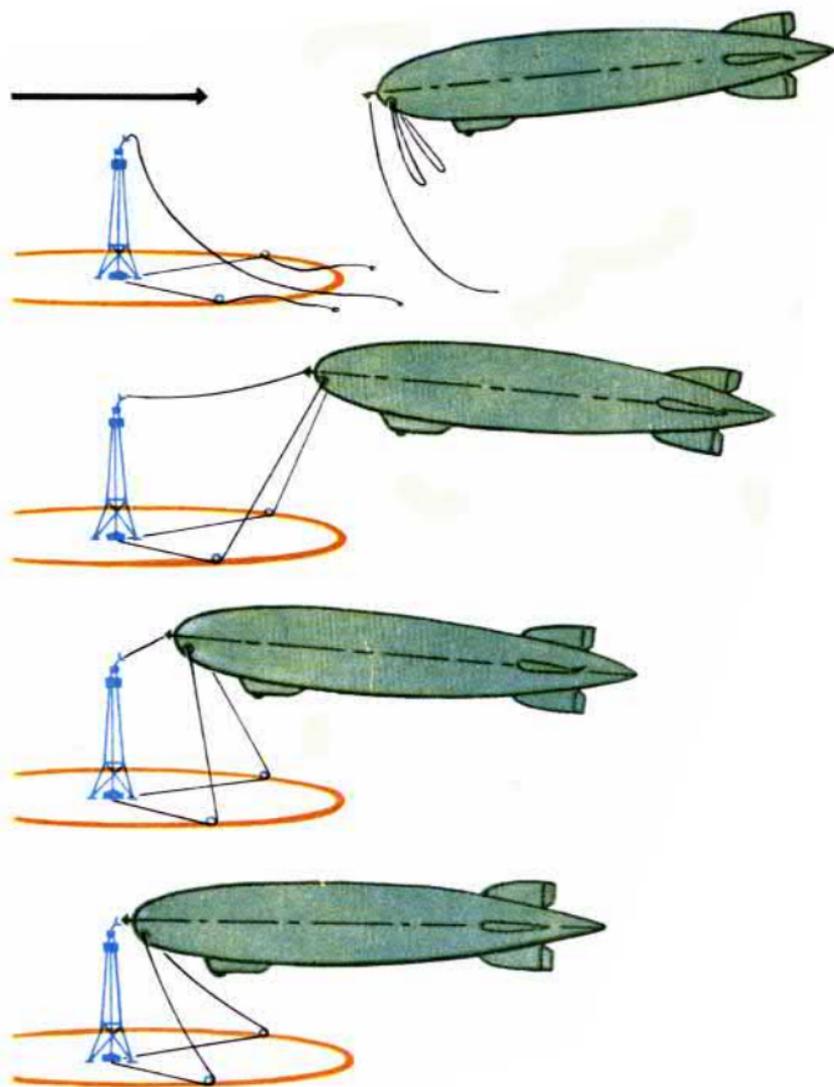


*Entwicklung der Luftschiffe nach dem ersten Weltkrieg. Größenvergleich.*

1 – LZ 113; 2 – LZ 120 »Bodensee«; 3 – LZ 126; 4 – LZ 127 »Graf Zeppelin«; 5 – LZ 129 »Hindenburg«; 6 – »Akron« (USA); 7 – R-101 (England)

zum ersten Probeflug, und bereits dreizehn Tage später löste sie sich vom Ankermast in Cardington und nahm mit 42 Mann und 13 Fahrgästen Kurs auf Kanada, wo die Ankunft knapp 79 Stunden später in Montreal erfolgte. Nach mehreren Fahrten über verschiedene Städte kehrte das 145 700 m<sup>3</sup> große Luftschiff R-100 nach 56 Stunden

*Schematische Darstellung des Start- und Landemanövers. Der Pfeil gibt die Windrichtung an.*



Fahrtdauer über den Atlantik wieder nach England zurück.

Am 4. Oktober 1931 sollte das Schwesterschiff, das 232 m lange Luftschiff R-101, die Route England – Indien eröffnen. Das unfertige Luftschiff wurde nach einer überstürzt angeordneten Probefahrt und mit einer übermüdeten Mannschaft auf die Reise geschickt, bekam in Frankreich Bodenberührung, zerbrach und explodierte – 48 Menschen kamen ums Leben. Nach diesem Unglück erlosch in England das Interesse an großen Starrluftschiffen.

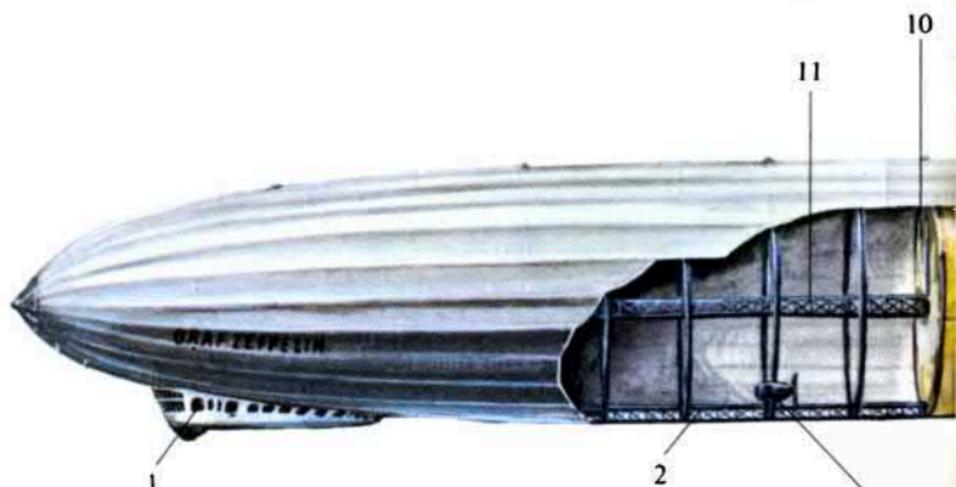
In Italien baute Umberto Nobile 1923 das nur 19 000 m<sup>3</sup> große halbstarre Luftschiff N-1, das von dem Polarforscher Roald Amundsen erworben wurde und den Namen »Norge« erhielt. Am 11. Mai 1926 startete die »Norge« mit 16 Mann Besatzung von der Basis Kingsbay auf Spitzbergen und kreuzte noch am gleichen Tag über dem Nordpol. Da Nobile sich mit Amundsen zerstritten hatte und das kleine Luftschiff keine wissenschaftlichen Geräte mitnehmen konnte, läßt er die N-4 »Italia« bauen. Am 14./15. April 1928 fuhr die »Italia« über Stolp, Vadsö zur Kingsbay und von dort weiter über Franz-Joseph-Land und Nowaja Semlja zum Nordpol, den sie am 24. Mai 1928 erreichte. Auf der Rückfahrt strandete das Schiff auf dem Eis, und das berühmte »Rote Zelt« mit den Überlebenden wurde das Ziel einer der größten Rettungsaktionen in der Geschichte der Luftfahrt, an der sich 23 Flugzeuge und die sowjetischen Eisbrecher »Krassin« und »Malygin« beteiligten. Am 17. Juni wurde das »Rote Zelt« entdeckt, aber erst am 11. Juli konnten die Überlebenden durch die Mannschaft des Eisbrechers »Krassin« gerettet werden. Nobile wirkte später in der UdSSR und in den USA als Berater beim Luftschiffbau.

Im Deutschland der Nachkriegszeit begann die Verkehrsluftschiffahrt mit dem Bau des LZ-120 »Bodensee«, der sich am 20. August 1919 zur ersten Probefahrt vom Boden erhob. Das nur 130 m lange Luftschiff mit einem Fahrgastraum für 30 Passagiere unternahm annähernd 533 Fahrten mit einer Gesamtstrecke von 52 000 km. Im Verlauf von nur drei Monaten beförderte dieses Starrluftschiff der DELAG zwischen Friedrichshafen und Berlin – mit einem Abstecher nach Kopenhagen –

2380 Passagiere, 30 Tonnen Fracht und 5 Tonnen Post. Auch das Schwesterschiff, der LZ-121 »Nordstern«, war zu dieser Zeit bereits fertiggestellt. Doch da wurde durch die Interalliierte Luftfahrtkommission der Luftschiffbau in Deutschland verboten. Diesem Verbot war die am 21. Juni 1919 erfolgte Selbstversenkung der in England internierten deutschen Kriegsflotte vorausgegangen. Das Personal der Luftschiffabteilungen zerstörte sieben Kriegsluftschiffe, um die Auslieferung an die Alliierten zu verhindern. Als Reparationsleistung wurde deshalb die Auslieferung von elf Luftschiffen verfügt, darunter waren die »Bodensee« und der »Nordstern«. Außerdem wurde die Zerstörung der etwa vierzig deutschen Luftschiffhallen angeordnet. Nur zwei, die in Friedrichshafen und Staaken, blieben erhalten. Diese Maßnahmen dienten weniger der Zerschlagung des militärischen Potentials als vielmehr der Unterbindung einer unerwünschten Konkurrenz auf dem Markt der Verkehrsluftfahrt.

Dem Nachfolger Zeppelins, Dr. Hugo Eckener, glückte es, die Arbeitsfähigkeit der Werft in Friedrichshafen dadurch aufrechtzuerhalten, daß die an Stelle eines zerstörten Luftschiffes zu zahlende Schadenersatzsumme von 3 Millionen Reichsmark an die USA für den Bau eines neuen Luftschiffes verwendet wurde, das dann an Stelle des zerstörten Luftschiffes an die USA ausgeliefert wurde. Dieses Schiff, der LZ-126 (ZR III), war Ende 1923 fertiggestellt. Am 12. Oktober 1924 startete es nach New York und legte die 7830 km lange Strecke mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 100 km/h zurück. In den USA erhielt das Schiff den Namen »Los Angeles« und führte viele erfolgreiche Fahrten durch.

1926 wurde der deutsche Luftschiffbau wieder freigegeben und die durch den Versailler Vertrag auferlegte Baubeschränkung aufgehoben. Dr. Eckener plante den Bau des bisher größten Luftschiffes, den LZ-127. Bezahlt wurde er durch eine Graf-Zeppelin-Eckener-Spende, die das deutsche Volk trotz Inflation und wirtschaftlicher Not aufbrachte. Das neue Luftschiff erhielt den Namen »Graf Zeppelin«. Seine Länge betrug 236 m, sein Volumen 105 000 m<sup>3</sup>, davon 35 000 m<sup>3</sup> in Brennstofftanks, die – im Gegensatz zur sonstigen Praxis – nicht Benzin, sondern

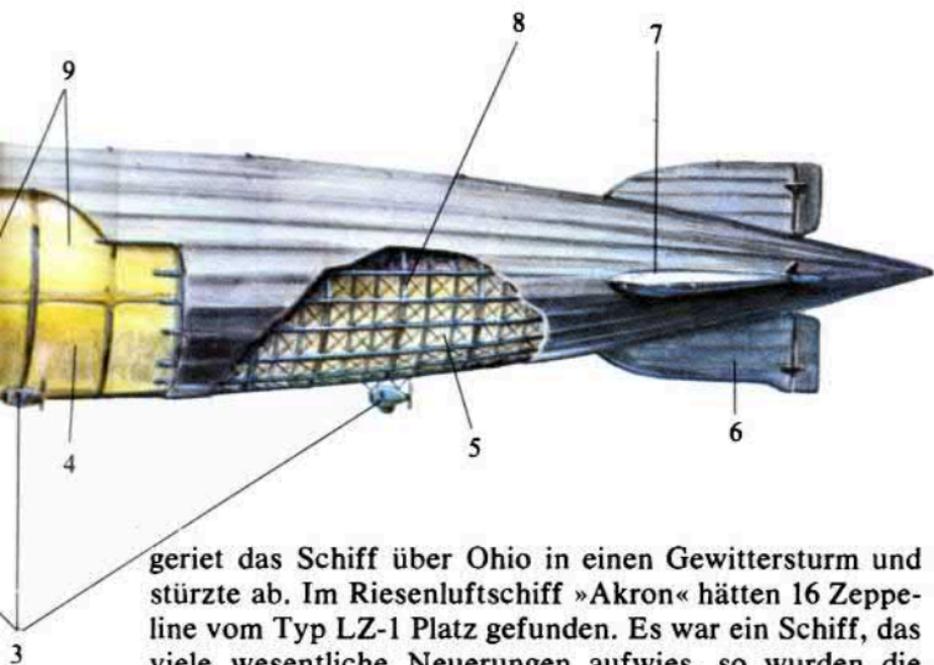


*Schema des LZ 127 »Graf Zeppelin«.*

*1 – Führungs- und Passagiergondel; 2 – unterer Laufgang; 3 – Maschinengondel; 4 – Kraftgaszellen; 5 – Drahtverspannung; 6 – Seitenruder; 7 – Höhenruder; 8 – Querringe; 9 – Traggaszellen; 10 – Gasschacht für den Gasabzug aus den Ventilen; 11 – Axialsteg zur Kontrolle der Gaszellen*

ein neues Treibmittel, das sogenannte »Blaugas«, enthielten. Der »Graf Zeppelin« war in insgesamt 590 Einsätzen über 1 690 000 km unterwegs und fuhr von Triumph zu Triumph. Seine insgesamt 144 Fahrten über den Süd- und Nordatlantik und den Indischen Ozean und seine vielen Reisen über Städte und Länder begeisterten Millionen von Menschen. Dieser »fliegende Wal« bewies von allen Luftschiffen am besten, daß die bis dahin geleistete Pionierarbeit bereits ein erster Schritt zur praktischen Entwicklung des Passagier- und Frachtverkehrs durch Luftschiffe war.

Trotz der zahlreichen und erfolgreichen Fahrten vieler Luftschiffe war die Luftschiffahrt niemals frei von tragischen Unglücken und Katastrophen. Die Ursachen lagen vor allem im Betriebssystem, von dem sich auch die Luftschiffe der Zukunft nicht werden freimachen können. In den USA blieben die großen Luftschiffe ebenfalls nicht von diesen Schicksalen verschont. Die »Shenandoah« machte zahlreiche Fahrten über dem gesamten Gebiet der USA und der Karibischen See. Am 3. September 1925



geriet das Schiff über Ohio in einen Gewittersturm und stürzte ab. Im Riesenluftschiff »Akron« hätten 16 Zeppeline vom Typ LZ-1 Platz gefunden. Es war ein Schiff, das viele wesentliche Neuerungen aufwies, so wurden die Motoren ins Innere der Hülle verlegt, und die Propeller konnten so um ihre Achse geschwenkt werden, daß die gleiche Wirkung wie beim Hubschrauber entstand. Nach vielen Fahrten stürzte es in der Nacht vom 3. zum 4. April 1933 in den Atlantik. Auch das Schwesterschiff, die »Macon«, die eine Länge von 240 m hatte und über eine Nutzlast von 72 Tonnen verfügte, erlebte das gleiche Schicksal. Am 11. Februar 1935 stürzte sie bei einem Sturm an der kalifornischen Küste ins Meer. In den USA unterblieb danach der weitere Bau von Starrluftschiffen, nur noch die »Blimps«, die unstarren und halbstarren Prall-Luftschiffe wurden in großer Serie gebaut. Allerdings sagen die möglichen und tatsächlichen positiven Erfahrungen, die in der Folgezeit bis in die Gegenwart hinein mit kleinen Luftschiffen gesammelt wurden, noch nichts aus über die künftigen Möglichkeiten der Großluftschiffe und darüber, ob die Zukunft der großen Luftschiffahrt genau so erfolgreich verlaufen wird wie die Vergangenheit und Gegenwart der kleinen Luftschiffe.

Angespornt von dem Erfolg mit LZ-127 »Graf Zeppelin« wurde in Deutschland noch ein »Gigant der Lüfte« auf Kiel gelegt, der LZ-129 »Hindenburg«. Er hatte eine Länge von

245 m und ein Traggasvolumen von 200 000 m<sup>3</sup>. In Auswertung der Ursachen vieler Unglücke sollte das Luftschiff nicht mit dem feuergefährlichen Wasserstoff, sondern mit dem sicheren Helium gefüllt werden, dessen alleiniger Hersteller damals die USA waren. Diese weigerten sich aber angesichts der gespannten politischen Lage – die Nazis waren 1933 an die Macht gekommen und bereiteten den zweiten Weltkrieg vor –, dieses strategisch wichtige Traggas außer Landes zu liefern. Am 4. März 1936 stieg das neuerbaute Luftschiff LZ-129 »Hindenburg« zu seiner ersten Fahrt auf. Die vielen technischen Neuerungen, die insbesondere den 72 Passagieren zugute kamen, machten das Luftschiff im wahrsten Sinne des Wortes zu einem fliegenden Hotel. Am 6. Mai 1937 verbrannte das Luftschiff in Lakehurst in den USA. Zur Zeit dieser Katastrophe war bereits ein neues Luftschiff im Bau, der LZ-130 »Graf Zeppelin II«, der in seinen Dimensionen denen des »Hindenburg« entsprach. Die erste Fahrt fand am 14. September 1938 statt. Bei den insgesamt 30 ausgeführten Fahrten handelte es sich ausschließlich um Werkstatt- und Probefahrten. Nach Ausbruch des zweiten Weltkrieges wurden LZ-130 und LZ-127 samt den beiden Luftschiffhallen in Frankfurt auf Befehl der Reichsregierung gesprengt und das Aluminium zum Bau von Flugzeugen verwendet. Auch die begonnenen Arbeiten am Luftschiff LZ-131, das für einen Gasinhalt von 223 000 m<sup>3</sup> konzipiert worden war, mußten eingestellt werden. Damit war auch in Deutschland die Ära der »fliegenden Wale« zu Ende.

## Aerostat und Dirishabl (Dirigeable)

Die Geschichte der russischen Ballon- und Luftschiffahrt begann mit einem Verbot durch Katharina II., die, als sie von den Erfolgen französischer Ballonfahrer hörte, im April 1784 alle Versuche mit »Montgolfieren« wegen Brandgefahr für die Holzhäuser zwischen dem 1. März und dem 1. Dezember eines jeden Jahres untersagte. Dieser Ukas mag die Berufsballonfahrer bewogen haben, ihre Vorführungen nicht in Rußland zu zeigen, und das hat die

Entwicklung der Luftschiffahrt nicht gefördert. Erst unter Zar Alexander I. kam es um 1803 zu Besuchen ausländischer Luftfahrer. Der Franzose Garnerin erzielte auf der Fahrt von Moskau nach Poltawa mit knapp 300 km sogar einen neuen Streckenrekord. Der russische Physiker Sacharow stieg am 30. Juni 1904 in Petersburg zusammen mit dem Flamen Robertson zur ersten wissenschaftlichen Ballonfahrt auf. Sie führten verschiedene Versuche durch, unter anderem über die Ausbreitung des Schalls. Der zweite Aufstieg führte sie bis zu einer Höhe von 2550 m. Im Jahre 1812 wurde in Woronzow bei Moskau nach den Plänen von Leppig an der Konstruktion eines lenkbaren Ballons gearbeitet, der ein Volumen von 10 000 m<sup>3</sup> erhalten und durch Schlagflügel fortbewegt werden sollte. Von diesem Luftschiff aus, das sich von ähnlichen utopischen Projekten jener Zeit vorteilhaft durch seine halbstarre Konstruktion unterschied, sollten auf die vorrückenden napoleonischen Truppen Bomben abgeworfen werden. Da aber die Übergabe und der Brand von Moskau 1812 das französische Heer zum Rückzug zwangen, wurde der Bau aufgegeben. Die Versuche des Generals Iwanin, die Vorzüge des Fesselballons durch seitlich angebrachte Stabilisierungsflächen zu erweitern, fielen etwa in die gleiche Zeit, wurden aber ebenfalls aufgegeben.

Mitte des 19. Jahrhunderts, durch revolutionär-demokratische Strömungen jener Zeit begünstigt, beschäftigten sich russische Ingenieure und Erfinder ebenfalls mit dem Problem des lenkbaren Ballons. Der Russe Emil Jir hatte als Antriebsart den Rückstoß mittels Preßluft, der die Konstruktion vorwärtsbewegen und steuern helfen sollte, vorgeschlagen. Tetresski sah 1849 vor, die lenkbaren Ballons mit dem Dampf von Alkohol oder Wasser anzutreiben. Diese »Wasserdampftraketen« werden heute als Starthilfen bei bestimmten Flugzeugen benutzt. Ihre Existenz beweist den realen Kern im Vorschlag Tetresskis. Auch sein Vorschlag, die Gondel im Innern der Hülle anzuordnen, verdient Interesse, denn in den letzten Luftschiffen der dreißiger Jahre wurde diese Anordnung verwirklicht.

Angeregt durch entsprechende Entwicklungen des Auslands setzte die russische Regierung eine »Kommission für

die Verwendung der Luftschiffahrt zu militärischen Zwecken« ein, die 1869 gebildet wurde und nach einigen Untersuchungen den Auftrag zum Bau von Fesselballons erteilte, die ausschließlich aus einheimischen Werkstoffen gebaut werden sollten. Der erste Ballon dieser Art mit  $1500\text{ m}^3$  Volumen, der sich aber als nicht funktionsfähig erwies, wurde 1870 fertiggestellt. Die Kommission wurde daraufhin 1876 aufgelöst. Als der russische Forscher Mendelejew vom Tod der französischen Ballonfahrer Sivel und Croce-Spinelli erfuhr, die zusammen mit Tissandier 1875 eine Höhe von 8000 m erreicht hatten, entwarf er noch im gleichen Jahr einen Stratosphärenballon mit druckfester Gondel, der in dieser Form aber erst in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts reale Gestalt annehmen sollte.

Als in den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts ein Aufschwung in der russischen Wirtschaft einsetzte, konnte Kostowitsch einen Betrieb zur Herstellung von Luftschiffmaterial gründen, in dem er unter anderem auch Signalballons für die Marine herstellte. Gleichzeitig beschäftigte er sich mit Plänen zum Bau eines  $5000\text{ m}^3$  großen Starrluftschiffes mit einem tragenden Gerüst aus Sperrholz. An der zylinderförmigen Konstruktion, die vorn und hinten zugespitzt war, ordnete er seitlich große Flächen zur Lagestabilisierung an. Das Triebwerk am Heck des Rumpfes sollte einen Motor von 80 PS Leistung erhalten, der ein Masse-Leistungs-Verhältnis von nur 3 kg/PS hatte. Sein Luftschiff hätte etwa eine Geschwindigkeit von 40 km/h erzielen können. Wie viele Luftschiffkonstrukteure jener Zeit mußte auch er seinen Plan aus finanziellen Gründen aufgeben.

Der Raumfahrtpionier Ziolkowski entwickelte in zweijähriger Arbeit den Plan zu einem Starrluftschiff mit einer tragenden Metallhülle, den er 1887 der Öffentlichkeit vorlegte. Er wollte die heißen Triebwerkabgase durch den Luftschiffkörper leiten, um durch Erwärmung des Wasserstoff-Füllgases Auftrieb und Veränderungen in der Höhe besser regulieren zu können. Die mit der Erwärmung erfolgende Volumenänderung sollte ein elastisches, über Umlenkrollen verstellbares Oberteil ausgleichen. Ziolkowski hatte die aerodynamisch günstige Form durch Versuche in einem Windkanal ermittelt.

Die in Rußland entwickelten sphärischen Fesselballons wurden 1904/1905 im imperialistischen Krieg zwischen Japan und Rußland um die Vorherrschaft im Fernen Osten zu Aufklärungszwecken eingesetzt. Wenn ein stärkerer Sturm ihren Einsatz unmöglich machte, griff man auch auf die bewährte Methode der bemannten Drachenaufstiege zurück. Später wurden dann dafür Drachenballons des neuen Systems Parseval/Sigsfeld eingesetzt. Damals wurde auch einer russischen Flotteneinheit ein Kreuzer zugeordnet, der besonders für Fesselballonaufstiege ausgerüstet war. Er kam aber nicht zum Einsatz, da er auf Grund von Maschinenschaden aus dem Flottenverband zurückgezogen werden mußte. Da es ständig Schwierigkeiten bereitete, das Traggas den operierenden Ballonkompanien nachzuführen, setzte man ein neues Verfahren ein, das die Herstellung von Wasserstoff in der unmittelbaren Nähe des Einsatzortes erlaubte.

Nach dem Russisch-Japanischen Krieg begann die russische Heeresverwaltung etwa ab 1909 mit dem Ankauf ausländischer und auch in Rußland selbst gebauter Luftschiffe. Letztere waren entweder reine Nachbauten ausländischer Konstruktionen, oder sie lehnten sich stark an diese an. Im April 1912 verfügte die russische Heeresverwaltung bereits über zehn Luftschiffe, davon waren sieben sogenannte Langgondelschiffe, bei denen zur Wahrung der Formbeständigkeit der Konstruktion eine lange Gondel die Masse der Nutzlast und der Triebwerke auf die Länge der Hülle verteilte. Sie sind eine frühe Form der halbstarren Luftschiffe. Unter den angekauften ausländischen Luftschiffen war ein Vertreter der Parseval-Konstruktion, der PL-7. Die 70 m lange Konstruktion war mit einer Funkeinrichtung für etwa 500 km Reichweite versehen und hatte deshalb an Stelle der sonst üblichen Stahlseile eine Hanftakelung. Als eine weitere Neuerung ist noch zu erwähnen, daß das Luftschiff durch Anlegen der Stabilisierungsflächen an den Rumpf in einer sehr kleinen Halle untergebracht werden konnte. Die aus Frankreich importierten Luftschiffe waren vom Typ »Clément-Bayard« und »Zodiac« sowie »Lebaudy«. Davon sind besonders die Schiffe »Dux«, »Lebedj« und »Rossija« bekannt geworden. Die in Rußland hergestellten Luft-

schiffe trugen die Namen »Jastreb«, »Goloub«, »Kobtchik« und »Sokol«.

1914, bei Ausbruch des ersten Weltkrieges, verfügte Rußland über etwa 15 Luftschiffe, deren Fahrtgeschwindigkeit häufig unter 50 km/h lag und die, bis auf wenige Ausnahmen, nur bei fast völliger Windstille eingesetzt werden konnten. Nur vier größere Konstruktionen entsprachen den damaligen militärischen Anforderungen, darunter das russische Langgondel-Luftschiff »Albatros«. Diese Konstruktion mit einem Volumen von 10 000 m<sup>3</sup> erreichte bei einer Gipfelhöhe von 2000 m etwa eine Geschwindigkeit von 75 km/h. Die Gondel konnte acht bis zwölf Personen aufnehmen. Die größeren Luftschiffe wurden überwiegend zur Fernaufklärung eingesetzt. Zur Feuerlenkung der Artillerie und zu sonstigen Beobachtungsaufgaben wurden gefesselte Drachenballons verwendet.

## Ballons mit dem roten Stern

Nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution erlebte auch die Ballon-Luftfahrt in der Sowjetunion einen bedeutenden Aufschwung. Lenins Anordnung vom 20. Dezember 1917 über die Aufstellung militärischer Luftfahrteinheiten war nicht nur ein Gebot der Stunde, sondern auch ein Programm weitsichtiger Planung, das sich insbesondere in der Zeit der Intervention und des Bürgerkrieges außerordentlich bewährte. Die damals in den Städten gebildeten »Sozialistischen Luftfahrerabteilungen« wurden später der Roten Armee angegliedert. Während der Intervention und des Bürgerkrieges konnte die junge sowjetische Militärluftschiffahrt bedeutende Erfolge erzielen. Hervorzuheben ist insbesondere das Zusammenwirken von Panzerzug- und Luftschifferabteilungen. Durch den Einsatz gefesselter Drachenballons konnte das Feuer der Panzerzüge, aber auch anderer Artillerieeinheiten, wirkungsvoller gelenkt werden. In der Zeit der Intervention und des Bürgerkrieges waren die sowjetischen Militärluftfahrer mit dem Roten Stern auf ihren Konstruktionen mit über 7000 Aufstiegen und 10 000 Flugstunden an den Kämpfen beteiligt.

Noch während des Bürgerkrieges startete am 27. Juli 1920 vom Roten Platz in Moskau aus der erste Freiballon, und im gleichen Jahr wurde an dem Staatlichen Moskauer Geophysikalischen Forschungsinstitut in der Nähe der Hauptstadt ein aerologisches Observatorium eingerichtet, dem weitere folgten und von dem aus neben Registrierballons und Fesselballons auch gefesselte Drachen zur Erforschung der unteren und oberen Atmosphärenschichten aufstiegen. 1922 ging der erste Freiballon sowjetischer Bauart auf seine mehr als 22 Stunden dauernde Reise, bei der mehr als 1000 km zurückgelegt wurden.

Im Jahre 1924 war die Entwicklung des sowjetischen Ballonsports bereits so weit vorangeschritten, daß die ersten Unionswettkämpfe ausgetragen werden konnten. Viele der in kapitalistischen Ländern ausgeschriebenen Weltrekorde im Freiballonsport wurden durch großartige Fahrten sowjetischer Ballonsportler überboten. So stellten 1935 die Ballonfahrer Sykow und Tropin mit 91 Stunden und 15 Minuten den Weltrekord im Dauerflug ein. Im gleichen Jahr erreichte der Ballonfahrer Romanow in einer offenen Gondel und mit Atemgerät eine Höhe von 9800 m und gelangte damit an die untere Grenze der Tropopause. Prof. Warigo, Christofel und Pilsuzki gelang es mit dem »Stratostat«, der an einem Ballon mit einem Volumen von 25 000 m<sup>3</sup> hing, bis in eine Höhe von 16 000 m und damit bis in die Stratosphäre vorzustoßen. Auch Frauen fuhren mit Freiballons und erzielten nicht weniger beachtliche Erfolge. Im Mai 1939 bewältigte die Aeronautin Kondratjewa in knapp 23 Stunden eine Strecke von 481 km.

Ebenso stürmisch wie im Freiballonsport verlief die Entwicklung im Luftschiffbau. Bereits 1920/21 hatte man ein Luftschiff von 9800 m<sup>3</sup> Tragkörpervolumen montiert und auf den Namen »Krasnaja Swesda« getauft. Der Erstaufstieg erfolgte am 2. Januar 1921. Luftschiffotypen wie der »Moskowski Chimik-Resintschik« und »Schestoi Oktjabr«, die 1924 und 1926 ihre erste Fahrt absolvierten, hatten ein Tragkörpervolumen von 1700 bzw. 2400 m<sup>3</sup>. Der W-3 »Krasnaja Swesda« war eine der besten Konstruktionen des jungen sowjetischen Luftschiffbaues und entstand im Ingenieurbüro für Versuchsluftschiffahrt, das im

Rahmen von Aeroflot gebildet wurde. Der W-3 wurde erstmals am 1. Mai 1932 während der Luftparade in Moskau der Öffentlichkeit vorgestellt. Der aerodynamisch gut durchgebildete Tragkörper und das großflächige Leitwerk verliehen diesem Typ sehr günstige Fahr- und Manövriereigenschaften. Bei einer Länge von 63,5 m hatte das Luftschiff einen größten Hüllendurchmesser von 10,3 m und ein Volumen von 6500 m<sup>3</sup>. Dem 7160 kg schweren unstarren Prallluftschiff verliehen zwei Kolbentriebwerke mit zusammen 480 PS eine maximale Geschwindigkeit von 100 km/h; die Nutzlast betrug 3000 kg.

Der W-3 »Krasnaja Swesda« wurde mehrere Jahre lang zur Ausbildung von Kommandanten, Navigatoren und Maschinisten verwendet und war außerdem eine Zeitlang dem Agitationsgeschwader »Maxim Gorki« zugeordnet und wurde dort zur Popularisierung der Luftschiffahrt in der UdSSR eingesetzt. Bei mehreren Fahrten erkundete der W-3 auch künftige Routen für den regelmäßigen Luftschiffverkehr, so die Strecke Moskau – Gorki – Moskau und Moskau – Kursk – Charkow – Slawjansk – Moskau. Zu den für Ausbildungs- und Agitationszwecke verwendeten Luftschiffstypen gehörten unter anderem auch der W-1, der UK-1 und der W-4 »Komsomolskaja Prawda«. Das Kleinluftschiff W-4 wurde damals von den Studenten der Höheren Aerodynamischen Lehranstalt in Moskau, dem späteren Luftfahrtinstitut MAI, gebaut. Finanziert wurde es durch eine Spendenaktion, zu der die »Komsomolskaja Prawda«, das Zentralorgan des Leninischen Jugendverbandes, aufgerufen hatte. Beim Bau des 2580 m<sup>3</sup> großen unstarren Kleinluftschiffes verwendete man Teile des nach einer Havarie abgewrackten Luftschiffes »Chimik-Resintschik«.

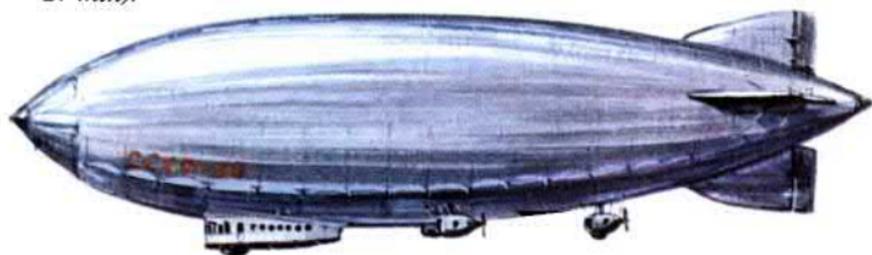
Das erste sowjetische, nach dem halbstarren System gebaute Prallluftschiff war der UK-1, der sich am 9. April 1932 zur Jungfernfahrt erhob. Der Entwurf zu diesem 2200 m<sup>3</sup> großen Luftschiff wurde von den Wissenschaftlern und Ingenieuren des Zentralen Aero-Hydrodynamischen Instituts ZAGI angefertigt. Der UK-1 ist vor allen Dingen durch seine Fernfahrten, so von Moskau nach Sewastopol, international bekannt geworden. Auf dem W-1 legte Wera Mitjagina am 7. April 1937

als erste Frau der Welt ihr Examen als Luftschiffkommandant ab.

Das Forschungsschiff W-6 »Ossoawiachim« war das größte der in den dreißiger Jahren hergestellten sowjetischen Luftschiffe. Der nach dem halbstarren System entwickelte W-6, der sich am 5. November 1934 zum ersten Mal vom Erdboden erhob, untersuchte die Möglichkeiten eines künftigen Luftschiffverkehrs und führte vor allen Dingen Expeditionsfahrten im hohen Norden der UdSSR durch. Der W-6 hatte eine Besatzung von 15 Mann, ein Tragkörpervolumen von 19 400 m<sup>3</sup> und eine Startmasse von 21 300 kg. Er war 104 m lang, hatte einen größten Durchmesser von 18 m und konnte eine Zuladung von knapp 10 000 kg tragen. Am 29. September 1937 begann er eine Dauerfahrt, die am 4. Oktober endete. Dabei umfuhr das Luftschiff unter der Leitung von Pankow mehrere Male Moskau und hielt sich bei ständig laufenden Motoren 130 Stunden und 27 Minuten in der Luft. Mit diesem Ergebnis überbot die Besatzung des W-6 die bisherige Dauerfahrleistung von 118 Stunden und 40 Minuten, die Dr. Hugo Eckener mit dem LZ-127 aufgestellt hatte. Der erfolgreiche W-6 wurde der Ausgangspunkt für eine ganze Reihe halbstarrer sowjetischer Luftschiffe, zu der auch der W-8 gehörte. Er wurde im Luftschiffbau-Kombinat »Dirishablstroj« hergestellt und besaß ein Tragkörpervolumen von 10 000 m<sup>3</sup>.

Als am 22. Juni 1941 der faschistische Überfall auf die UdSSR begann, wurde dem sowjetischen Freiballonsport und der zivilen Luftschiffahrt vorerst ein Ende gesetzt.

*Das Forschungsluftschiff W-6 »Ossoawiachim«, das größte der während der dreißiger Jahre hergestellten sowjetischen Luftschiffe. Es hielt lange Zeit den Rekord in der Dauerfahrleistung (130 h 27 min).*



Erst nach der siegreichen Beendigung des Großen Vaterländischen Krieges erfuhr man aus den Berichten sowjetischer Militärhistoriker von den wertvollen Diensten sowjetischer Ballon- und Luftschiffeinheiten während des zweiten Weltkrieges, aus einer Zeit also, in der die UdSSR bereits über eine große und schlagkräftige Luftwaffe verfügte.

Wie in fast allen in der Antihitlerkoalition kriegführenden Staaten waren auch in der UdSSR in den dreißiger Jahren die Fessel- und Sperrballons zugunsten von Beobachtungsflugzeugen mit weit größerer Beweglichkeit und daraus resultierender geringer Empfindlichkeit aus der militärischen Planung herausgelöst worden. Während des zweiten Weltkrieges wurden sie aber wieder mit dem Ziel eingesetzt, besonders wertvolle Objekte gegen den Angriff von Sturzkampfflugzeugen und niedrigfliegenden Flugzeugen zu schützen.

Es wurden sowohl mobile als auch statische Sperrballons eingesetzt. Die mobilen Sperrballons waren an Kraftfahrzeugen oder an schwimmenden Einheiten verankert und standen bis etwa 600 m hoch. Die stationären Sperrballons konnten entsprechend ihrer festen Verankerung in alle Höhen bis zu etwa 3000 m aufgelassen werden. Die Ballonsperren übten vor allen Dingen in der Dunkelheit einen wesentlichen moralischen Effekt auf die Besatzungen angreifender Flugzeuge aus. Beobachtungsballons wurden im zweiten Weltkrieg nur in den ersten Kriegsmonaten eingesetzt. Über die Wirksamkeit der geschilderten Ballonsperren gehen die Auffassungen der Militärhistoriker auseinander, nicht zuletzt bildeten aber solche Ballonsperren nur einen Teil eines ganzen Luftverteidigungssystems.

Hin und wieder hatten Fesselballons auch Arbeiten durchzuführen, die außerhalb ihres eigentlichen Verwendungszwecks lagen. Als in den Tagen der faschistischen Blockade Leningrad ständig im feindlichen Bombenhagel lag und sich das Feuer besonders an den herausragenden kulturhistorisch wertvollen Gebäuden orientierte, erhielten im Oktober 1941 Sowjetarmisten und Ballonfahrer den Auftrag, nachts mit Hilfe der Fesselballons diese Gebäude und Türme zu tarnen. Auf diese Weise wurden der 72 m

hohe Turm der Admiralität, die Nikolsker Kathedrale, die Peter-Pauls-Festung und noch andere Türme und Spitzen mit erdgrauen Stoffbahnen und Tarnnetzen versehen. Heute strahlen die vergoldeten Kuppeln und Zinnen dieser Bauwerke noch im alten Glanz.

Im Großen Vaterländischen Krieg waren auch Luftschiffe eingesetzt, die viele erfolgreiche Fahrten durchführten und deren Nutzen für die sowjetischen Streitkräfte, Partisanen und die Zivilbevölkerung bis heute unvergessen geblieben sind. So führten die elf Kleinluftschiffe, die zu Beginn des Krieges vorhanden waren und die schon in der Zeit von 1925 bis 1940 mehr als 6 Millionen km zurückgelegt hatten, noch mehrere Jahre Transportaufgaben im eigenen Hinterland durch. Die Luftschiffe »UdSSR« W-6 und W-12 sind besonders durch ihre Nachtflüge in Partisanengebiete bekannt geworden. Das 3000 m<sup>3</sup> große Luftschiff »UdSSR« W-12 führte 1943 über 550 solcher Fahrten durch. Der von drei Kolbenmotoren angetriebene »UdSSR« W-6 konnte mit seinem Rauminhalt von 19400 m<sup>3</sup> eine Nutzlast von 9,4 Tonnen tragen. Beide Luftschiffe transportierten über die Frontlinien hinweg Waffen, Geräte und Lebensmittel zu den Partisanen und nahmen auf dem Rückweg Kuriere, Gefangene und Verwundete mit. Der »UdSSR« W-12, der auch nach dem Krieg noch viele Fahrten durchführte, hatte im Großen Vaterländischen Krieg 1432 Fahrten ohne größere technische Störungen und ohne Verluste an Menschenleben durchgeführt; eine Bilanz, die sowohl für die Qualität dieser Konstruktion als auch für das militärische und fliegerische Können ihrer Besatzungen spricht. Kurz vor Kriegsende wurde noch die »Pobjeda« mit einem Traggasvolumen von 5000 m<sup>3</sup> gebaut, die aber nur wenige Einsätze leistete.

## »Blimps« und Ballonbomben

So wie alle gegen das faschistische Deutschland kriegführenden Nationen machte auch England im zweiten Weltkrieg Gebrauch von Sperrballons. Der erste »Abschuß« durch ein britisches Ballonkommando wurde be-

reits kurz vor Abschluß der Kampfhandlungen in Frankreich über Le Havre erzielt, als ein faschistisches Flugzeug zwischen den Stahlkabeln sein Ende fand. Gegen die Ballonsperren setzten die Faschisten sogenannte »Kabelbrecher«-Flugzeuge ein, die aber trotz der verstärkten Vorderkanten an den Tragflächen keine befriedigenden Resultate erzielten. Sperrballons erlangten nochmals im Luftkrieg über England eine große Bedeutung. Man setzte dabei besondere Formen ein, je nachdem, ob es sich um Flächenziele (Städte) oder Punktziele (Häfen, Fabriken) handelte, und die entweder als Ringsperren, Schachbrettsperren oder Nadelkissensperren ausgebildet waren.

Bereits bei Kriegsausbruch am 1. September 1939 existierte um London eine Sperre, die aus 444 Ballons bestand. 180 weitere Sperrballons waren auf andere kriegswichtige Ziele verteilt. Während des zweiten Weltkrieges wurden in England insgesamt 18 Ballonzentren gebildet, die über 47 Ballonstaffeln verfügten. Während des Luftkrieges über England standen rund 2400 Sperrballons in der Luft. Während der »Baedeker«-Angriffe, die die Bombardierung alter historischer Städte in England durch die faschistische Luftwaffe einleiteten, hatten die britischen Ballonkommandos, die ab 1942 zum größten Teil aus Frauen bestanden, besonders hohe Verluste an Menschenleben zu beklagen.

Die wohl größte Sperre der Geschichte, die aus 1750 Ballons bestand, wurde 1943 gegen die Bedrohung durch fliegende V-1-Bomben errichtet. Von den etwa 8000 V-1-Bomben, die über 80 Tage lang die britische Hauptstadt und andere wichtige Ziele in Südengland anfliegen, wurden immerhin etwa 280 Stück durch die Ballonsperren zum Absturz gebracht.

Später wurden fast alle Operationen der alliierten Streitkräfte, deren Ziel die Bildung von Brückenköpfen an den von Faschisten besetzten Küstenstrecken war, durch Einheiten des britischen Ballonkommandos unterstützt, so bei der Besetzung von Sizilien, Italien, Korsika, am Golf und bei Suez. Bei der Invasion in Nordfrankreich im Jahre 1944 waren ebenfalls Ballonkommandos mit 4000 Mann eingesetzt. Die englischen Sperrballons, die sogenannten Standard-Fesselballon-Typen LZ, die auf das französische

Caquet-Modell aus dem Jahre 1915 zurückgehen, wurden auch noch in der letzten Phase des Krieges verwendet, unter anderem in Holland und am Rhein.

Obwohl die USA im zweiten Weltkrieg keine direkten Luftangriffe zu befürchten hatten, wurden dennoch 6 Ballonstaffeln gebildet, die zum Schutz der Flottenstützpunkte längs der nordamerikanischen Atlantikküste stationiert waren. Zum Zeitpunkt des Überfalls auf Pearl Harbor durch die Japaner am 7. Dezember 1941 und der Kriegserklärung an das faschistische Deutschland und Italien am 11. Dezember 1941 verfügten die USA nur über sechs veraltete Militärluftschiffe verschiedener Muster und über eine größere Zahl von zivilen Reklame- und Kleinluftschiffen sowie über einen einzigen militärischen Stützpunkt in Lakehurst. Nach Beendigung des zweiten Weltkrieges im Mai 1945 lagen Militärluftschiffe an der nordamerikanischen Atlantik- und Pazifikküste, am Golf von Mexiko, im Karibischen Meer, in Südamerika bis Rio de Janeiro und darüber hinaus in der Kanalzone bis zum Mittelmeer. Alle diese Luftschiffe waren Weiterentwicklungen des sogenannten »Blimps«, Prall-Luftschiffe, die von der Goodyear Zeppelin Corporation in Akron hergestellt wurden.

Im Einsatz waren sechs Typen, die mit Großbuchstaben bezeichnet wurden. Die kleinen Typen L und G hatten eine Heliumkapazität von 3500 und 5600 m<sup>3</sup> und dienten vor allem als Schul- und Ausbildungsschiffe. Davon waren im zweiten Weltkrieg etwa 26 Stück im Einsatz. Am häufigsten waren die K-Typen vertreten, die eine Länge von etwa 77 m, einen Durchmesser von 19 m und ein Volumen von 11 900 m<sup>3</sup> hatten. Sie verfügten über 2 Motoren von je 400 PS, die Fluggeschwindigkeit lag bei 75 km/h, und der Aktionsradius betrug etwa 3200 km. Die Besatzung bestand aus 12 Mann.

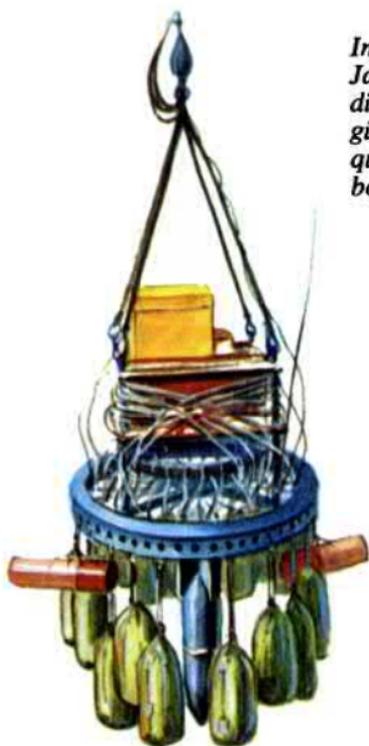
Die »Blimps« der K-Klasse wurden besonders deshalb von der Marine eingesetzt, weil sie über eine lange Flugdauer und einen großen Operationsradius verfügten. Ihre Empfindlichkeit war von geringerer Bedeutung, da sie hauptsächlich längs der nord- und südamerikanischen Küste eingesetzt wurden, wo keine feindlichen Flugzeuge operierten. Tatsächlich ging durch Kampfhandlungen

während des zweiten Weltkrieges nur ein einziges dieser Luftschiffe verloren. Der K-47 wurde am 18. Juli 1943 in einen Kampf mit dem faschistischen U-Boot 134 verwickelt. Das Luftschiff überraschte das aufgetauchte U-Boot vor Florida und wurde wie ein Sieb durchlöchert. Dank der unbrennbaren Heliumfüllung sank das Luftschiff langsam auf die Wasserfläche nieder, wo die Mannschaft bis auf einen Mann gerettet werden konnte. Erwähnenswert ist noch, daß die ersten unstarren Luftschiffe, die den Atlantik überquerten, zum K-Typ gehörten. Im Mai 1944 flogen sechs K-Modelle jeweils paarweise in 58 Stunden von South Weymouth, Massachusetts, über Neufundland und die Azoren bis nach Französisch-Marokko, um in Port Lyauty Dienst zu tun.

Im zweiten Weltkrieg wurden von der US-Navy insgesamt 500 dieser heliumgefüllten Prall-Luftschiffe eingesetzt, die sich hervorragend beim Küstenschutz und bei der U-Boot-Überwachung bewährten und im Karibischen Meer und im Atlantik insgesamt 89 000 Schiffen Geleitschutz gaben. Mit knapp 100 000 Dienstfahrten und insgesamt 6,7 Millionen Flugstunden haben sie ihre Eignung ausreichend unter Beweis gestellt.

Als 1942 zum ersten Mal auch japanische Städte durch amerikanische Flugzeuge bombardiert wurden und keine eigene Flotte mehr zur Verfügung stand, um an den Küsten der USA Vergeltung zu üben, kamen die Japaner auf die Idee, sogenannte »Fu-Go« (Ballonbomben) unter Ausnutzung günstiger Höhenwindverhältnisse zum nordamerikanischen Festland zu schicken. Da die östlichgehenden Winde von Oktober bis März vorherrschten, mußten diese »Fu-Go« auch innerhalb dieser Zeit zum Aufstieg gebracht werden. Sie brauchten etwa 50 bis 70 Stunden, um in einer Höhe von annähernd 9 km die rund 9600 km über den Stillen Ozean zurückzulegen.

Die Seidenpapierballons mit einem Volumen von 540 m<sup>3</sup> und 10 m Durchmesser waren mit Wasserstoff gefüllt und verfügten über eine Tragfähigkeit von 450 kg auf der Erde und 135 kg in der vorgesehenen Operationsflughöhe. Die Ballonbomben wurden in einer Stückzahl von etwa 10 000 von Schulkindern in der Nähe von Tokio hergestellt, aber nur etwa 9000 Stück wurden von den drei Startbasen an der



*Im zweiten Weltkrieg wurde von den Japanern die »Fu-Go«-Waffe gegen die USA eingesetzt; Ballons, die mit günstigem Wind den Pazifik überquerten und Brand- sowie Sprengbomben über den USA abwarfen.*

Ostküste der Insel Honshu in die Höhe gebracht. Die Ballonbomben erreichten tatsächlich Nordamerika und gaben militärischen und zivilen Dienststellen manches Rätsel auf, zumal zu dieser Zeit noch keine Vorrichtung entwickelt war, um Ballons konstant in solchen Höhen zu halten. Da aber in der amerikanischen Presse keine Meldungen über Ballonbombenfunde oder dadurch hervorgerufene Unglücksfälle veröffentlicht wurden, gaben die Japaner schließlich das Projekt »Fu-Go« wieder auf. Insgesamt hatte man bis zum Kriegsende 285 dieser Ballonbomben über ganz Nordamerika verstreut aufgefunden, wobei lediglich durch unsachgemäße Bergung Todesfälle oder materieller Schaden verursacht wurden. Die Ballonbombe wurde von den Japanern nach dem Krieg als erste interkontinentale Waffe bezeichnet. Am 1. Januar 1955, also fast zehn Jahre nach Kriegsende, wurde eine noch vollkommen intakte Ballonbombe in Alaska entdeckt, und es besteht die große Wahrscheinlichkeit, daß noch weitere Exemplare dieser »Vergeltungswaffe« in den USA oder Kanada gefunden werden.

## »Heiße Öfen« für den Ballonsport

Seit dem ersten Start der »Montgolfiere« und »Charliere« hat es nicht an Bemühungen gefehlt, das Freiballonfahren als eine ernstzunehmende Sportart in den großen Kreis der anderen Sportdisziplinen aufzunehmen. Aber erst als sich das Ballonfahren Anfang des 19. Jahrhunderts teils durch militärische, teils durch zivile Förderung in Ballonsportvereinen und in anderen gesellschaftlichen Formen zu organisieren begann, konnte von einem Freiballonsport gesprochen werden. Seit dieser Zeit begann man auch durch Festlegung verbindlicher, zum Teil recht strenger Richtlinien, den Bau und die Handhabung dieses Sportgeräts »leichter als Luft« zu ordnen. Es wurden regionale, nationale und internationale Wettbewerbe ausgeschrieben, denen man exakte Maßstäbe setzte, und Medaillen, Pokale und andere Preise wurden für die längste, die höchste und weiteste Fahrt von Freiballons gestiftet.

Das Ballonfahren war in relativ kurzer Zeit zu einem internationalen Luftsport herangewachsen. Die Pioniere der Ballonfahrt starteten mutig zu Nachtflügen, stiegen bei starkem Wind und anderen widrigen Wetterverhältnissen auf, und ihre Begeisterung und ihr Wille zum persönlichen Einsatz wuchsen mit der erreichten Höhe oder der Weite der Entfernung. Sie überquerten Länder und Meere und landeten in Narvik, Glasgow, Granada, Palermo, Constanta oder weit hinter dem Ural.

Vieles, was damals nur eine Frage der Leistungsmöglichkeit und Sicherheit des Ballonsportgerätes, des theoretischen und praktischen Wissens sowie des persönlichen Mutes war, gehört heute der Geschichte an und kann nicht wiederholt werden – auch wenn es immer wieder von Abenteurern aus Lust an der Sensation oder in Aussicht auf Profit versucht wird. Die Geschichte dieser Ballonfahrten ist aber auch gekennzeichnet durch tragische Unfälle und von sinnlosen, meist selbst verschuldeten Todesfällen. Erst im Juli 1976 wurde ein mehrere Tage lang als vermißt gemeldeter amerikanischer »Ballonfahrer«, der den Atlantik überqueren wollte, 570 km nordöstlich der Bermudas im Meer treibend, von einem sowjetischen Handelsschiff geborgen.

Das Verantwortungsbewußtsein des Ballonfahrers der Gegenwart wird erkennbar in der Einhaltung der gesetzlichen Auflagen des eigenen Landes und der bilateralen und internationalen Vereinbarungen, und die Persönlichkeit des Ballonfahrers von heute zeigt sich im Respektieren der Flugsicherheit in den mit anderen Fluggeräten und Flugzeugtypen überlasteten Lufträumen. Insbesondere gebieten auch die Staatsgrenzen den auf »Windwegen« dahinfahrenden Freiballons Einhalt.

Eine Analyse der Entwicklung des Ballonsports würde zeigen, daß viele Länder zwar als »ballonfahrende Nationen« bezeichnet werden können, aber trotzdem heute nicht viel mehr als 300 bis 500 Gasballons und 200 bis 300 Heißluftballons zu sportlichen Zwecken existieren. Dies ist in den kapitalistischen Ländern in erster Linie dadurch zu erklären, daß dort der Ballonsport der Sport einer kleinen, aber reichen »Elite« ist, die 40 000 Mark für einen Ballon und weitere Tausende Mark für die Traggasfüllungen bezahlen kann. Selbst diese »Sportler« lassen sich, bis auf einzelne Ausnahmen, finanziell durch Unternehmen und Firmen, deren werbeträchtige Namen das Äußere der Ballons zieren, unterstützen.

Eine weitere Rolle spielt die regionale Verteilung von Füllgasstationen für die Zahl der Ballons. Um 1900 wurde die Traggasversorgung mit dem kostengünstigen Leuchtgas durch Gasanstalten bestimmt. Darüber hinaus waren in dieser Zeit – z. B. in Deutschland –, abgesehen von dem in Bitterfeld erzeugten Wasserstoffgas, keine weiteren Möglichkeiten der Traggasversorgung gegeben. Die 1821 begonnene Epoche der relativ billigen Leuchtgasaufstiege ist unterdessen in vielen Ländern infolge des Einsatzes von Erdgas, das für ballonsportliche Zwecke nicht brauchbar ist, zu Ende gegangen. Wasserstoff kann zwar durch die fortgeschrittene Entwicklung der chemischen Industrie zum Teil in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden, ist aber kostenaufwendiger und gefährlich. Das sichere, aber gegenüber Wasserstoff wiederum teurere Helium kann nur in einigen wenigen Ländern aus den dort vorhandenen Rohstoffquellen technisch gewonnen werden und steht für ballonsportliche Zwecke nur in Ausnahmefällen zur Verfügung.



*Der Heißluftballon kommt wieder zu Ehren. Einer der Wiederentdecker der »Montgolfiere« war Don Piccard, ein Neffe des berühmten Stratosphärenforschers Auguste Piccard. Als Wärmequelle wird Propangas verwendet, das in die Verdampfungsspiralen eines Verbrenners geleitet wird. Der Transport des Gases erfolgt in Druckflaschen.*

Mit dem Heißluftballon scheint das Problem der Traggasversorgung gelöst zu sein. Dieser moderne Nachfolger der berühmten »Montgolfiere« wird nicht nur dem Ballonsport in den Ländern, wo Wasserstoff fehlt oder nicht in ausreichender Menge angeboten werden kann, neue Impulse geben. Seiner vorteilhaften Einsatzmöglichkeiten und den gegenüber Wasserstoffballons geringeren Kosten wegen wird er international bevorzugt werden.

Heizgas des Heißluftballons ist Propan, das verflüssigt in Gasflaschen im Korb mitgeführt wird und einfach zu handhaben ist, einen hohen Heizwert (11 000 kcal/kg) hat und relativ billig ist. Trotzdem kostet ein moderner Heißluftballon immerhin noch 10 000 bis 25 000 Mark, ein

Start 50 Mark. Die Idee des modernen Heißluftballons wurde insbesondere in den USA von Don Piccard, dem Neffen des berühmten Stratosphären- und Tiefseeforschers Auguste Piccard, wieder aufgegriffen, wo ihn zuvor die US-Navy für militärische Zwecke wiederentdeckt hatte. Die Birnenform des Ballons ist ein Kind der modernen Elektronik und wurde durch Computer berechnet.

Beim Wasserstoffballon schafft das spezifisch leichtere Traggas Wasserstoff den notwendigen Auftrieb. Die Mittelklasse hat ein Traggasvolumen von  $1000 \text{ m}^3$ . Die Gesamthöhe beträgt rund 23 m, die Tragkraft vier bis fünf Personen. Die Vorteile des Wasserstoffballons sind seine hohe Tragkraft, das weitgehend steuerungs- und manövrierfreie Schweben durch Ausnutzung von Laminarströmungen und Inversionsschichten, relativ einfache Technik, Geräuschlosigkeit während der Fahrt, eine Reisedauer von vier bis acht Stunden. Als Nachteile ergeben sich die lange Aufrüstzeit, die relativ teure Füllung, das schwere Gerätegewicht, das ein Verpacken an der Landestelle erschwert. Er ist für eine größere Zahl von Starts an die Nähe einer Wasserstoffproduktionsstätte gebunden, denn Starts an anderer Stelle verteuern die Aufstiege.

Bei modernen Heißluftballons, den »heißen Öfen«, sorgt die im Ballon durch einen Brenner erzeugte Heißluft von 90 bis  $100^\circ\text{C}$  für den Auftrieb. Die durch die Abkühlung der Heißluft eintretende Steigkraftminderung muß während der Ballonfahrt ständig durch neues Aufheizen in 15–20 Sekundenintervallen kompensiert werden. Die Mittelklasse hat ein Volumen von  $1800 \text{ m}^3$  Heißluft. Die Gesamthöhe beträgt etwa 20 m, die Tragkraft zwei bis drei Personen. Die Vorteile des Heißluftballons sind: bequemes Startklarmachen, er ermöglicht einen Aufstieg nach 20 bis 30 Minuten Vorbereitung (beim Wasserstoffballon dauert das mehrere Stunden!). Schnelleres Steigen und Sinken ist möglich durch Aufheizen und Abkühlen, und der Ballon ist bedingt steuerbar. Propangas ist relativ billig ( $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Kosten einer Wasserstofffüllung). Der Heißluftballon kann von jeder beliebigen, genügend großen Fläche aus gestartet werden und ist nicht an eine stationäre Gas-

quelle gebunden. Die Nachteile sind die zeitweise auftretenden Geräusche bei der Brennerbetätigung, reduzierte Tragkraft durch Mitführen der Propangasflaschen und des Brenners und eine erhöhte Windanfälligkeit beim Auf-rüsten. Als Kurzstreckenmodell genügt er den Anforderungen der Flugsicherheit.

## Riesen, Zwerge und Teleskope

Als zu Beginn der fünfziger Jahre unseres Jahrhunderts die ersten Stratosphärenballons aus dünnen Plastikfolien aufstiegen, begann eine neue Ära der wissenschaftlich-technischen Forschungen in der mittleren und äußeren Luft-hülle der Erde. Der Vorteil der Plastikfolie-Ballonhüllen bestand insbesondere im geringen Kostenaufwand auch riesiger Hüllen und im minimalen Gewicht. Dadurch erhielt man schon bei geringem Füllungsgrad einen großen freien Auftrieb, so daß die Prallhöhe dieser Ballons sehr hoch lag. Bei den wesentlich schwereren Ballons in herkömmlicher Bauweise lag das Verhältnis zwischen Ballonvolumen und Füllungsgrad beim Start beträchtlich niedriger und damit auch die erreichbare Fahrthöhe. Mit diesen Plastik-folieballons konnten nun Schwebeflüge in mittleren und großen Höhen über längere Zeit und größere Strecken mit kleinen und schwersten Lasten durchgeführt werden. Einige Beispiele sollen diese Entwicklung verdeutlichen.

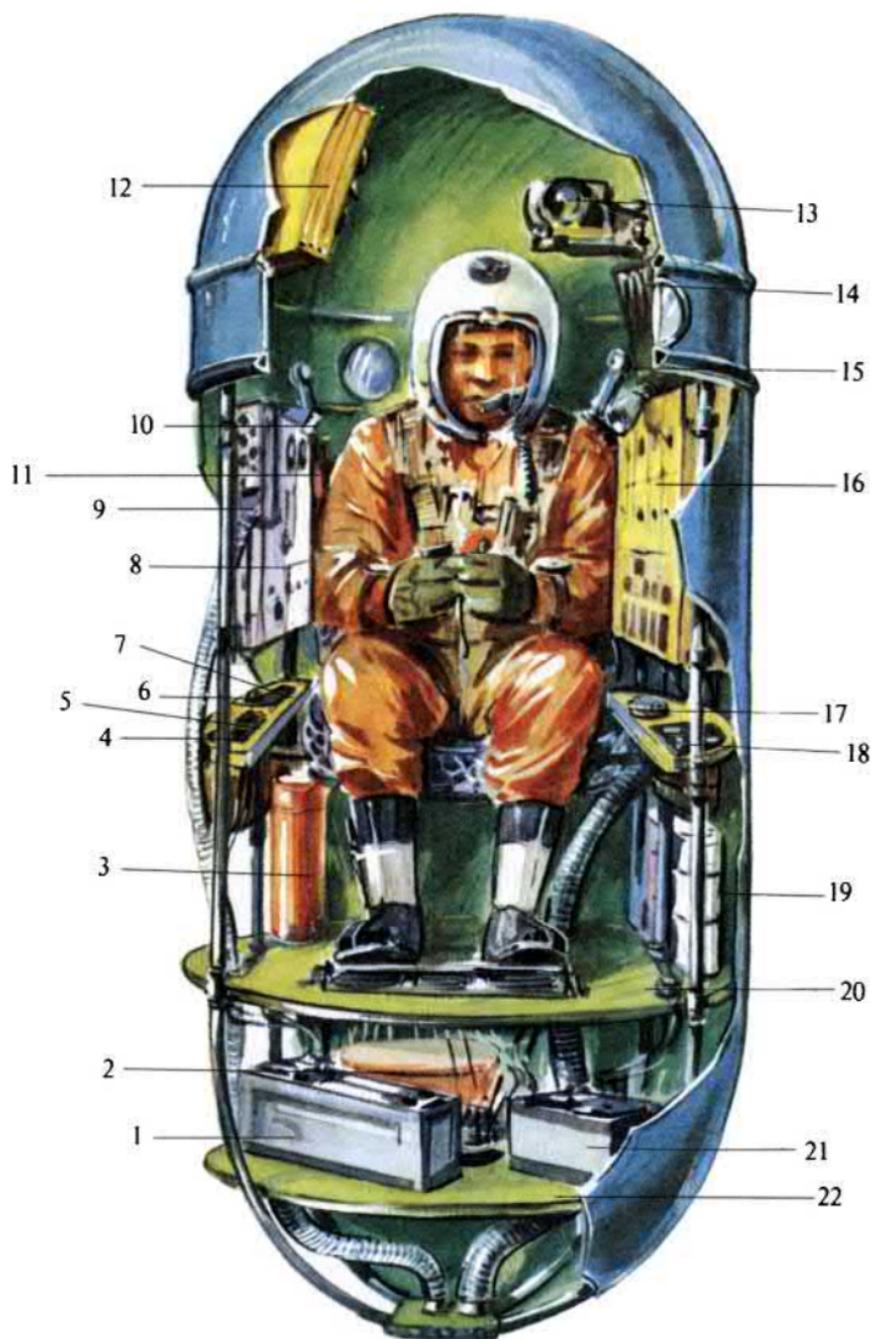
Am 11. September 1968 startete über Neu-Mexiko der größte Forschungsballon der Welt. Sein Durchmesser in Prallhöhe betrug 123 m und sein Prallvolumen  $812\,000\text{ m}^3$ . Der LZ-129 »Hindenburg« hatte ein Volumen von  $200\,000\text{ m}^3$ ! Am 10. April 1966 vollendete zum ersten Mal ein Ballon einen Nonstopflug rund um die Erde. Gestartet in Neuseeland, stieg der Ballon von 2 m Durchmesser wie vorgesehen auf eine Höhe von 12 km und wurde dort durch die Windströmungen über den Südpazifik, Südamerika, den Südatlantik und Australien getrieben, bevor er nach zehn Tagen seinen Umlauf über den Fidschiinseln beendete. Verfolgt von den Bodenstationen, die auch die gesendeten meteorologischen Daten empfangen, umkreiste er in der Folgezeit in 74 Tagen sechsmal den Südpol, bevor

der Radiokontakt endgültig verlorenging. Den Dauerrekord erreichte ein ähnlicher Ballon, der in konstanter Höhe von 11,78 km in mehr als sechs Monaten siebzehnmals die Erde umkreiste. Diese Ballonkonstruktionen aus 0,02 mm hauchdünnen Plastfolien, deren einzelne Bahnen miteinander verschweißt sind, können je nach Umfang des Traggasvolumens Lasten von 30 kg bis 6800 kg in die verschiedenen Schichten der Atmosphäre bringen.

Ballons dieser modernen Materialien und Konstruktionen spielen auch heute noch eine bedeutende Rolle bei der Eroberung des Weltraums, der Erhöhung der Sicherheit des Flugverkehrs und der Verbesserung der Genauigkeit von kurz- und langfristigen Wettervorhersagen. Diese Kunststoffballons wurden unter anderem bei der Durchführung von bemannten Aufstiegen in die Stratosphäre, für die Entwicklung von Druckkabinen und anderen druckdichten Geräten, für lange unbemannte Flüge zum Studium der kosmischen Strahlung und ihre Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere benutzt. Sie fanden ferner Anwendung beim Studium von Wiedereintritts- und Bergungsproblemen von Raketen und Raumfahrzeugteilen. Mit ihnen wurden auch Fahrten zum Testen von Fernseh- und Rundfunksystemen sowie Ortungsgeräten unternommen. Auch wurden Ballons auf eine Verwendung als Zielscheiben für Flugkörper hin untersucht.

Moderne Kunststoffballons dieser Art wurden zum Studium von Höhenwinden und Strahlströmen eingesetzt. Mit ihrer Hilfe gelang es auch, die zweimal im Jahr eintretende Windumkehrung in der Stratosphäre sowie andere Erscheinungen in der Meteorologie der Hochatmosphäre zu entdecken. Luftbildfotografie, Sichtverhältnisse sowie die Mikrowellenübertragung wurden mit ihnen studiert. Sie dienten auch zur Entwicklung von billigen Ballons für Übungsfahrten in geringen Höhen. Außerdem wurde ihre Eignung als passive Nachrichtensatelliten und vieles andere mehr untersucht. Abschließend sollen noch folgende Aufgaben genannt werden: die Entwicklung von Sonnenenergiesammlern für Raumfahrzeuge und eines neuen Raketensystems für Kleinraketen, das als »Rockoon« bezeichnet wird.

Die Höhengrenze wurde mit den Kunststoffballons von



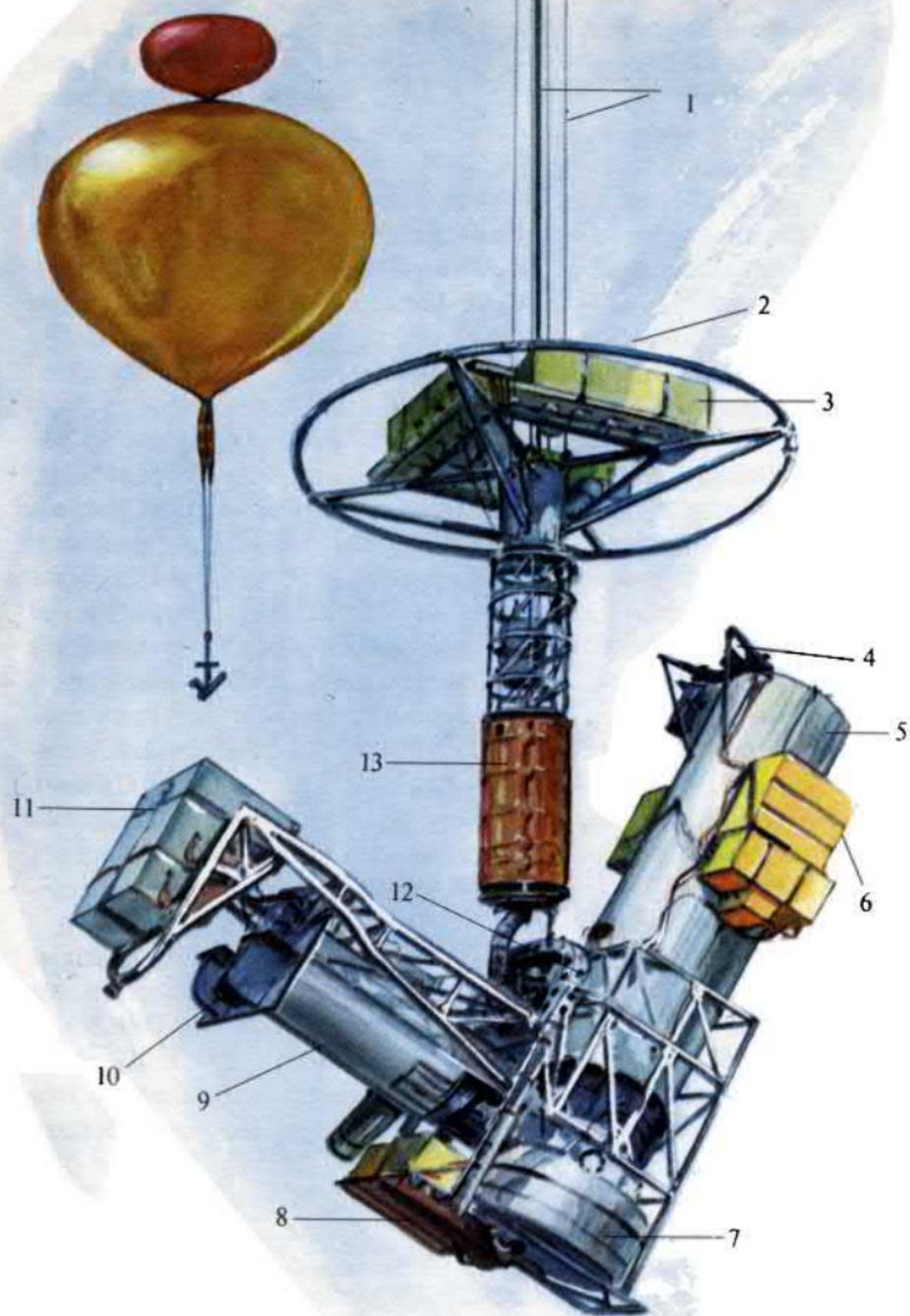
*Druckkabine des »Man-High«-Programms der USA.  
 1 – Ersatz- (Not-)batterie 12 V; 2 – Sauerstoffumwandler; 3 –  
 Sauerstoff-Ersatz- (Not-)vorratsbehälter; 4 – Telegraph (Mor-*

etwa 30 km erst auf 40 km und dann auf 50 km nach oben gerückt. Damit scheint auch für dieses Fahrzeug »leichter als Luft« die obere Entwicklungsgrenze erreicht zu sein. Durch das »Rockoon« wird auf eine relativ wirtschaftliche Weise auch der Bereich bis 100 km erschlossen. Dabei wird mit Hilfe eines solchen Kunststoffballons eine Kleinrakete in eine Höhe von 10 bis 20 km emporgetragen, wo dann der Raketenantrieb gezündet wird. Die Rakete, die sonst beim Abschuß von der Erde höchstens 30 km emporsteigen könnte, trägt die Instrumente nun bis in 100 km Höhe. Die Kosten des »Rockoon« betragen weniger als 1 % eines sonst erforderlichen Großraketeinsatzes.

In verschiedenen Ländern werden astronomische Beobachtungen mit Hilfe von Ballontelestropen durchgeführt, wobei auch hier die in der Praxis erprobte Regel gilt: ein Raketenexperiment ist etwa 10- bis 100mal und ein Satelliten- oder Raumflugexperiment etwa 100- bis 1000mal teurer als ein Ballonflug. In der typischen Flughöhe der Kunststoffballons zwischen 32 bis 45 km liegen mehr als 99 % der Lufthülle der Erde unterhalb des Ballontelestrops. Dadurch werden auch Beobachtungen in den vom Erdboden aus unzugänglichen Spektralbereichen des Infrarots, des Ultravioletts sowie der Röntgen- und Gammastrahlungen möglich. Die tonnenschweren Instrumente werden über Telekommando- und Fernsystem von der Bodenstation aus wie ein normales erdgebundenes Teleskop bedient.

So wurden im Juli 1973 Aufnahmen von einer gewaltigen Sonneneruption gemacht, auf denen noch Einzelheiten von etwa 100 km Durchmesser erkennbar waren. Die Bilder wurden von sowjetischen Astronomen mit Hilfe eines großen Stratosphären-Observatoriums aufgenommen. Der acht Tonnen schwere Gerätesatz war mit einem Strato-

*setaste); 5 – Rundfunkempfänger (VHF); 6 – Ersatz- (Not-)sauerstoffkontrolle; 7 – Licht-Fotometer-Batteriepaket; 8 – Sauerstoff-Kontrolltafel; 9 – chemische Luftaufbereitung; 10 – Beleuchtung; 11 – Feuerlöschapparat; 12 – Fototafel; 13 – Kamera; 14 – Thermostat; 15 – regelbare Lichtquelle; 16 – Elektrik-Kontrolltafel; 17 – Kaltluftversorgung; 18 – Rundfunkempfänger (HF); 19 – Trinkwasserversorgung; 20 – Fußboden; 21 – Batterie (24 V) für die Nachrichtenübermittlung; 22 – Fußboden, untere Ebene*



sphärenballon von einem Steppengebiet östlich der Wolga aus bis auf eine Höhe von 20,5 km befördert worden. Projekte ähnlicher Art in anderen Ländern waren z. B. die Ballontelekope »Thisbe« und »Stratoscope«, die mehrfach ihre Reise in die Stratosphäre unternahmen. Zur Durchführung solcher und anderer Unternehmen wurden neben der Entwicklung der Ballons selbst und der von ihnen getragenen Geräteträger auch gänzlich neue Techniken des Starts und der Landung notwendig.

Die überall in der Welt durchgeführten Ballonexperimente im Rahmen nationaler, bilateraler und großer internationaler Forschungskomplexe, so z. B. innerhalb des Globalen Atmosphärischen Forschungsprogramms (GARP), haben eine große Ausbeute an wissenschaftlichen, praktisch verwertbaren Erkenntnissen gebracht. Dabei hat sich gezeigt, daß für viele Aufgaben der Astronomie, Atmosphärenphysik, Weltraumforschung, Meteorologie und Erderkundung die Ballonplattformen als Geräte- und Instrumententräger eine ideale Voraussetzung bieten, schwere Nutzlasten über lange Zeit in große und mittlere Höhen zu transportieren und anschließend zur Wiederverwendung zu bergen. Weit davon entfernt, ein Fahrzeug der Vergangenheit zu sein, ist der moderne Plastikballon heute ein verbindendes Glied zu den Flugzeugen, Raketen und Satelliten bei der Erforschung der Erde und des Weltalls geworden.

*Ballongespann des US-amerikanischen Ballon-Teleskops »Stratoscope II«. Der Start erfolgt durch Auflassen eines zunächst am Seil gefesselten kleinen Hilfsballons (links oben). Der Hauptballon expandiert während des Aufstiegs in die Stratosphäre dann zu seinem vollen Volumen. Die Landung erfolgt durch Fallschirm. Das mehr als 4 t schwere Ballon-Teleskop »Stratoscope II«, das am 18. Mai 1968 mit einem Ballongespann (Tandem-Ballonsystem) von Palestine (Texas) aus gestartet wurde, schwebte mehr als 8 Stunden in 24 000 m Höhe und fotografierte drei galaktische Nebel.*

*1 – Antenne und Halteseil; 2 – Schleppring; 3 – Batterien; 4 – Weitwinkel-Fernsehempfänger; 5 – Haupttubus; 6 – Kommando- und Fernmeßeinheit; 7 – Parabolspiegel 91,5 cm d, Quarzglas; 8 – Stoßdämpfer; 9 – Seitentubus; 10 – Kamera; 11 – Lagepunkt-(Leitstern-)Kontrolle; 12 – Spezialgelenk; 13 – Quecksilber-Lagerung*

Freiballons, Fesselballons und andere Ballonkonstruktionen haben aber noch andere Anwendungen in Wirtschaft und Technik gefunden. Die Ballonsatelliten der »Echo«-Reihe, die länger als ein Jahr in Höhen zwischen 1033 und 1690 km die Erde umkreisen, fanden als passive Reflektoren zur Funksignalübertragung Verwendung. Sie hatten eine Masse von 76 bis 350 kg und wurden aus einer fest zusammengelegten, dünnwandigen Hülle durch chemische Gasentwicklung zu Durchmessern von 30 bis 40 m aufgeblasen. Mit »Echo«-2 wurden zwischen der Sowjetunion, England und den USA mehrere Funkverbindungsversuche durchgeführt. Zur Ausrüstung der »Gemini«-Astronauten gehörte der »Ballute«, ein Ballon, der wie ein Fallschirm getragen wird und sich im Notfall mit Gas füllt. Er wurde über der kalifornischen Wüste bei Sprüngen aus 14 km Höhe erprobt. »Ballute« setzt sich aus den Worten Ballon und Parachute (Fallschirm) zusammen. Zur Zeit wird auch an Projekten gearbeitet, gasgefüllte Aerostaten zur Erforschung der Venusatmosphäre einzusetzen.

Fesselballons tragen in großen sowjetischen Tagebauen »Riesen«-beleuchtungskörper und sorgen so für eine mobile Beleuchtung großflächiger Arbeitsplätze. In England werden mit 5 m langen Ballonkonstruktionen aus der Vogelperspektive Standfotos geschossen. Auf diese Weise kann man für nur 500 Mark Luftaufnahmen aller Objekte erhalten, die sich in einem Umkreis von 5 m bis 50 km befinden. In der DDR werden durch kleine gasgefüllte Ballons, die über den Kronen der Bäume schweben, Agrarflugzeugen und Hubschraubern bei ihren aviochemischen Arbeiten über Forstwirtschaftsflächen die richtigen Flugrouten gewiesen. In modernen Seenotausrüstungen kann man zigarrenkastengroße Päckchen finden, die zusammengefaltete Ballonhüllen enthalten. Im Seenotfall werden diese durch kleine Gaspatronen aufgeblasen und stehen dann, weithin sichtbar an einer Leine schwebend, über den Verunglückten.

Sehr gut bewährt haben sich Fesselballons und ballonähnliche Konstruktionen für den Holztransport in den USA, in Kanada und in der Sowjetunion. Diese Art des »schwebenden« Transports ist wirtschaftlich, da beim sonst üblichen Abschleppen der gefällten Stämme über den



*Holztransport mit Hilfe eines Fesselballons an Hängen und in unzugänglichen Schluchten*

Waldboden bis 40 cm tiefe Spuren entstehen, die die späteren Aufforstungsarbeiten erschweren. Weiterhin ist in großen Waldgebieten der Erde durch morphologische oder klimatische Bedingungen ein Holzeinschlag nach den herkömmlichen Verfahren zu unwirtschaftlich und zum Teil technisch nur unter sehr erschwerten Bedingungen möglich. Nach dem sowjetischen Verfahren werden die gefällten und entästeten Bäume in Bündeln an Fesselballons gehängt, die von leichten Kraftfahrzeugen zum Holzumschlagplatz oder Verarbeitungswerk gezogen werden. Kanadische und amerikanische Verfahren verwenden Fesselballons und fahrbare Winden. In Gebirgen mit



*Lenkbarer Ballon als Transportmittel und Montagegerät im Freien und in großen Werkhallen (Aerocrane)*

schwierigen Wegeverhältnissen kommt diesem Verfahren besondere Bedeutung zu. Die Fesselballons haben einen Durchmesser von 20 bis 40 m, eine Höhe von 25 bis 50 m und ein Volumen von 3500 bis 30 000 m<sup>3</sup>. Sie werden zum Transport von sperrigen oder schweren Einzellasten u. a. auch im Bergbau, beim Staudambau, auf Erdölfeldern und beim Fernleitungsbau in der Energiewirtschaft eingesetzt. Kugelförmige Ballons mit einer starren Leichtmetallkonstruktion im Innern der Hülle, die in Äquatorebene vier kreuzförmig angeordnete Stabilisierungsflächen haben und an deren Enden kleine Triebwerke angeordnet sind, werden als »Industriearbeiter« in Form von Luftkranen (Aerocrane) bei Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen, für Demontearbeiten und Reparaturen in großen Werkhallen oder auf Freianlagen eingesetzt

und sind dem Hubschrauberkranflug auch wirtschaftlich überlegen. Die Aufzählung solcher Konstruktionen, bei denen auch mehr oder weniger gelungene Kombinationen von Ballon- und Luftschiffen erkennbar sind, könnte noch fortgesetzt werden. Wie bei den bereits vorgestellten Konstruktionen beruhen ihre Einsatzmöglichkeiten hauptsächlich auf ihrer Fesselung, womit sich diese Ballons wesentlich, besonders auch in ökonomischer Hinsicht, von den Freiballons oder Luftschiffen unterscheiden.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz dieser und ähnlicher Konstruktionen für friedliche wissenschaftliche und wirtschaftlich-technische Aufgaben muß aber auch darauf hingewiesen werden, daß verschiedene Typen von Ballons, insbesondere von Freiballons, im »kalten Krieg« von kapitalistischen Staaten als Propagandamaterialträger, zu Sabotagezwecken und zur Spionage eingesetzt wurden. So wurde z. B. am 6. Februar 1956 eine sowjetische Protestnote in Bonn überreicht, durch die die Weltöffentlichkeit auf die Tatsache aufmerksam gemacht wurde, daß amerikanische Organisationen vom Boden der Bundesrepublik aus einen gefährlichen ideologischen »Luftkrieg« mitten im Frieden gegen die sozialistischen Staaten führen. So wurden allein in den Jahren 1954 und 1955 400 000 kleine Ballons mit antisowjetischem Hetzmaterial gestartet. Auch größere Konstruktionen »leichter als Luft« wurden in Tausenden von Exemplaren unter Ausnutzung günstiger östlich gehender Winde von 1951 bis 1955 auf ihre »schmutzige« Reise geschickt. Sie richteten nicht nur materiellen Schaden an, auch Verluste an Menschenleben waren dabei zu beklagen. Die von der amerikanischen Kriegsmarine unter der Deckbezeichnung »Moby Dick« aufgelassenen Ballons waren Spionageinstrumente, die aus großer Höhe Aufnahmen von strategisch wichtigen Zielen anfertigen sollten. In diesem Zusammenhang soll auch auf den ersten Elektronik-Aufklärungsflug in der militärischen Luftfahrtgeschichte hingewiesen werden. Dabei wurde 1938 in Deutschland ein Luftschiff eingesetzt, daß sich »offiziell« gerade in einem friedlichen Passagier- und Frachtdienst vor der englischen Kanalküste befand. Während die Deutschen vom Luftschiff aus den Frequenzbereich des zukünftigen Gegners entlang der Kanalzone abtasteten,

benutzten auch die Engländer dieses ideale Ziel für ihre Radarkette als Testflugkörper. Die genaue Zahl der Aufklärungsflüge der von der DELAG eingesetzten Luftschiffe, die viele Länder auf verschiedenen Routen überquerten, ist unbekannt geblieben. Es darf aber als sicher gelten, daß analog zu den damals stattgefundenen und bekannt gewordenen Spionageflügen der zivilen Lufthansa-Verkehrsmaschinen auch die Zeppeline auf ihren Fahrten von den Faschisten zu solchen Zwecken mißbraucht wurden.

## »Aufgeblasene Konkurrenz« fährt Reklame

Meist wird von der Annahme ausgegangen, daß Starrflügel-Flugzeuge und Hubschrauber die einzigen im täglichen Einsatz befindlichen Luftfahrzeuge sind und daß mit der Katastrophe des LZ-129 »Hindenburg« am 6. Mai 1937 in Lakehurst/USA auch das Ende der Luftschiffahrt überhaupt gekommen war und nach 1945 der Freiballonsport das einzige Überbleibsel der »aufgeblasenen Konkurrenz« sei. Diese Annahme steht nicht nur im Widerspruch zu den vielen erfolgreichen Luftschiffeinsätzen während des zweiten Weltkrieges in den Streitkräften der Antihitlerkoalition, sondern ebenfalls zu der Tatsache, daß auch nach 1945 in verschiedenen Ländern Luftschiffe in unstarrer und halbstarrer Konstruktion gebaut wurden, von denen sich auch heute noch eine nicht geringe Zahl im Einsatz befindet. Ohne Übertreibung kann man sagen, daß die Luftschiffahrt mit Prallluftschiffen seit dem ersten Flug eines solchen Systems dank der auch heute noch unbestreitbaren Vorteile niemals aufgehört hat zu bestehen.

So war das militärische Krieglufschiff mindestens bis 1961 noch fester Bestandteil der US-Navy. Eines dieser amerikanischen Marineluftschiffe von 104 m Länge, 27 600 m<sup>3</sup> Volumen und einer maximalen Geschwindigkeit von 140 km/h sowie enormer Reichweite und Flugdauer, der ZPG-2 »Snowbird«, war vom 4. bis 15. März 1957 ohne zusätzliches Auftanken 11 Tage und 14 Minuten in der

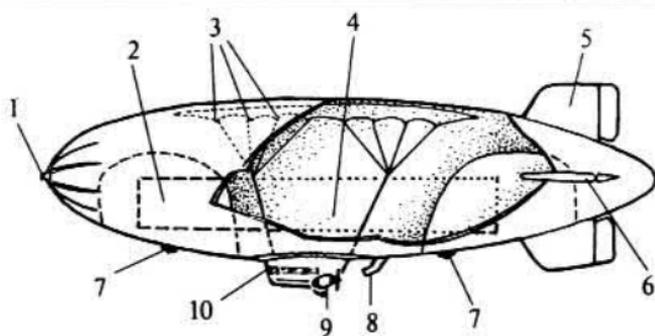
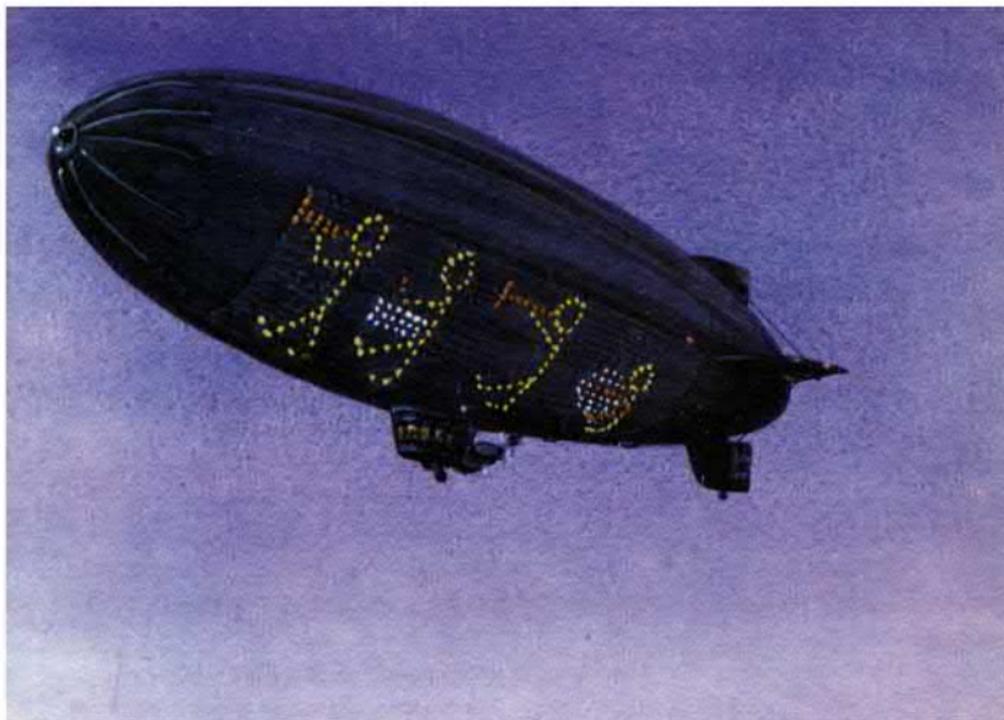
Luft, wobei die Grenzen der Fahrtdauer und -weite weniger durch den Kraftstoffvorrat, sondern vor allem durch die ständig zurückgehende Tragkraft des Luftschiffes infolge Diffusion des Traggases durch die »Wände« der Traggaszellen bzw. die Außenhaut des Luftschiffes gesetzt wurden. Der 12 600 km lange Nonstopflug über den Nordatlantik löste den vom LZ-127 »Graf Zeppelin« aufgestellten inoffiziellen Weltrekord aus dem Jahre 1929 von 4 Tagen und 15 Minuten über 9926 km ab. Viele der nach Kriegsende als überschüssiges Kriegsgerät abgestoßenen Luftschiffe der US-Navy und der ab 1961 von ihr aufgegebenen Typen werden heute in den USA für verschiedene Zwecke, meist aber für kombinierte Passagier- und Reklamefahrten eingesetzt. So unterhalten Privatfirmen Luftschiff-Flotten bis zu 30 Kleinluftschiffen. Eine einzige Reklamefahrt von 30 Tagen, z. B. für das »Wunderbrot«, bringt der Firma einen Profit von 20 000 Dollar ein, der aber im Anbetracht der hohen Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten von Luftschiffen nicht als überdurchschnittlich zu bewerten ist.

Die Goodyear Tire and Rubber Company in Akron/USA, die seit 1915 ohne Unterbrechung eine eigene große Reklame- und Rundfahrt-Luftschiffflotte unterhält, brachte als erste luftschiffbauende Firma das »Super-Skytacular«-System als neues Werbemittel heraus. Es handelt sich um 32 m mal 8 m große Werbeflächen, die mittels einer großen Zahl von Lampen laufende oder stehende Schriften und Bilder schaffen. Diese computergesteuerte farbige Lichtreklame ist etwa 100 km weit zu sehen. Von den Goodyear-Kleinluftschiffen für Reklame- und Passagierrundfahrten sind insbesondere die »Mayflower III« (1968), die »Columbia II« (1969) und die »America« (1969) weltweit bekannt geworden. Innerhalb der sechs Sommermonate eines jeden Jahres legen diese drei Luftschiffe fast 300 000 km zurück. Die Kleinluftschiffe des Goodyear-Konzern beförderten innerhalb von zwanzig Jahren etwa 250 000 Fluggäste ohne einen Unfall. 50 Luftschiffe, die etwa gegenwärtig in den USA existieren, werden mit gutem Erfolg außer für die vorgenannten Zwecke noch als Arbeitsplattformen für Fernseh- und Filmaufnahmen bei großen Massenveranstaltungen, als Geräteträger für wis-

senschaftlich-technische Experimente und Untersuchungen, für Kontrollen des Umweltschutzes, im Polizeidienst und für geologisch-geographische oder forst- und landwirtschaftliche Meß- und Luftbildarbeiten eingesetzt.

In der Sowjetunion wurden nach dem zweiten Weltkrieg die noch verbliebenen militärischen Luftschiffe insbesondere zu Minenräumarbeiten in Seegebieten und bei ähnlichen nachkriegsbedingten Aufgaben verwendet. Das Luftschiff »UdSSR« W-12 fuhr 1945 etwa 60mal in die nördlichen Regionen und nach Fernost, um Expeditionen abzusetzen, aufzunehmen und zu versorgen sowie forstwirtschaftliche Meß- und Luftbildaufnahmen durchzuführen. Von den für wissenschaftliche und wirtschaftlich-praktische Arbeiten in der Forstwirtschaft eingesetzten Kleinluftschiffen ist der Typ LL (Leningradskij Lesnik, Leningrader Förster) am meisten bekannt geworden. Der LL-1 trägt zwei Piloten und drei Fahrgäste, ist 50 m lang und kann eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h entwickeln. Das nach 1945 auch im Kirower Gebiet eingesetzte Luftschiff »UdSSR« W-12 taxierte mit seiner Mannschaft in sechs Flugtagen ein Gebiet von 225 000 Hektar. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wären unter gewöhnlichen Umständen fünf Trupps zu je zwanzig Mann ein Jahr lang unterwegs gewesen. Angesichts der hohen Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten sowie noch anderer Faktoren zeigen diese Leistungen aber auch die begrenzten Möglichkeiten eines Kleinluftschiffes auf, denn eine Luftbildvermessung per Flugzeug hätte einen noch geringeren Aufwand verursacht. Im Kaukasus wurden drei Jahre lang Kleinluftschiffe und andere mobile Ballonkonstruktionen mit dem Ziel getestet, Holz vom Einschlagplatz zu den Verarbeitungswerken zu transportieren. Auch hier sind Ergebnisse ermittelt worden, die eher gegen als für einen Einsatz dieser Technik sprechen. Deshalb ging man in der UdSSR vom Einsatz dieser Apparate ab.

In England begann der Luftschiffbau der Nachkriegszeit im Jahre 1950 mit dem Kleinluftschiff »Bournemouth«, das etwa 30 m lang war, einen Durchmesser von 8 m und ein Traggasvolumen von 1260 m<sup>3</sup> hatte. Am 19. Juli 1951 startete es zur Jungfernfahrt, aber bereits auf seiner zweiten



Das französische Pralluftschiff »Europa« N2A (Höchstgeschwindigkeit 80km/h), das zur Fernsehübertragung von Sportveranstaltungen, für Touristen-Rundreisen und Werbezwecke eingesetzt wird

Längsschnitt.

1 – Leichtmetall-Leisten zum Schutz der Hülle am Bug; 2 – Luftballast zum Manövrieren in Luftkammern. (Ballonnetts); 3 – Trageleine für die Kabine; 4 – Leucht wand mit 7560 Glühlampen für Werbezwecke; 5 – Höhenflosse mit Ruder; 6 – Seitenflosse mit Ruder; 7 – Entlastungsventile; 8 – Ansaugrohr zum Auffüllen des Ballonnetts mit Luft; 9 – zwei Triebwerke mit je 210 PS; 10 – Gondel

Fahrt stürzte es ab. Das zweite englische Luftschiff war ein Import aus den USA, das im März 1972 in Cardington, dem traditionsreichen Luftschiffhafen vergangener Jahrzehnte, nach der Montage mit Helium gefüllt und einem ersten Fahrtstest unterzogen wurde. Die »Europa« ist 58 m lang, 18 m hoch und hat ein Volumen von 5740 m<sup>3</sup>. Sie kann eine Reisegeschwindigkeit bis zu 60 km/h entwickeln und bis 800 km weit operieren. Im Jahre 1973 machte die »Europa« die Besucher des Luft- und Raumfahrtsalons in Paris-Le Bourget über dem Ausstellungsgelände augenscheinlich darauf aufmerksam, daß die Luftfahrzeuge »leichter als Luft« noch existieren. Die Nutzlast der »Europa« beträgt maximal bis 2000 kg. Obwohl eine Luftfahrt mit ihr sicherlich reizvoller und erlebnisreicher als eine Eisenbahn- oder Autofahrt ist, befördert doch heute noch jeder Lkw bzw. Omnibus Güter und Personen schneller und ökonomischer als ein Luftschiff dieser Bauart und Größenordnung.

Das erste französische Kleinluftschiff war 1950 über Paris zu sehen. Es war von der bekannten Ballonbaufabrik Société Zodiac gebaut worden, hatte ein Volumen von etwa 1000 m<sup>3</sup> und erreichte 70 km/h. Der Bau französischer Fesselballons großer Dimensionen erstreckt sich insbesondere auf den Bau von Flugkörpern, die zum Testen von Kernspaltungs- und Kernsynthesewaffen auf dem Mururoa-Atoll zur Anwendung kommen. Sie tragen Kernsprengköpfe in große Höhen, damit bei der Explosion und durch den Feuerball kein Bodenstaub mitgerissen wird, und, wie die französischen Kernwaffenvertreter zynisch schrieben, »die gefährlichen Spaltprodukte nur in kleinen Portionen zur Erdoberfläche zurückkehren«.

In der BRD tauchten nach der Wiederzulassung der Luftfahrt durch die Alliierte Kontrollbehörde ebenfalls Werbeluftschiffe auf, die zum Teil aus den USA importierte »Blimps« oder Eigenentwicklungen waren. Sie sind unter den Namen D-Lisa, Schwab, D-Lemo, D-Leda, Trumpf, Musketier, Sixtant, Underberg und anderen Bezeichnungen bekannt geworden, je nachdem, wer sie gekauft, gebaut oder gemietet hatte.

Bei den starren Luftschiffen ist das Verhältnis von Gesamtauftrieb zur Nutzlast sehr ungünstig. Die Nutzlast

beträgt beim Starrluftschiff nur 20 bis 30 % des Gesamtauftriebs. Dieser Faktor, der für die Wirtschaftlichkeit von Luftschiffen große Bedeutung hat, ist beim Prallluftschiff wesentlich günstiger und liegt bei Konstruktionen zwischen 60 000 bis 70 000 m<sup>3</sup> Traggasvolumen bei 50 % und mehr des Gesamtauftriebs.

Diese Überlegungen und der inzwischen erreichte Fortschritt auf allen Gebieten der Forschung, Wissenschaft und Technik ermutigten auch die Westdeutsche Luftwerbung (WDL) in Mühlheim, mit dem Bau von Luftschiffen zu beginnen. Ziel ist, über verschiedene Entwicklungsreihen ein Prallluftschiff von 60 000 bis 70 000 m<sup>3</sup> Volumen und einer Länge von 120 bis 140 m zu bauen. Der Entwicklungsträger I, der WDL-1/PI 6001, mit 60 m Länge, 14 m Durchmesser und einem Volumen von 6000 m<sup>3</sup> wurde bereits fertiggestellt. Er verfügt ebenfalls über ein computergesteuertes Lichtfeld für Nachtreklame, das unter anderem aus 400 km Kabel und 10 000 Glühlampen besteht. Bevor mit dem Bau der Entwicklungsträger II und III begonnen werden konnte, trafen Nachbestellungen dieses universell verwendbaren Typs ein, von denen vier bereits nach Japan, Frankreich und Südafrika ausgeliefert wurden. Die Entwicklungsarbeiten der WDL erstrecken sich insbesondere auch auf den Einsatz eines neuen Start- und Landesystems, die Verbesserung des Steuerungssystems und auf die Entwicklung einer Gondel-Tragkonstruktion, die es zuläßt, die für den internationalen Frachtverkehr genormten Container zu verwenden, die nach einem Baukastensystem den Austausch von Fracht- und Passagier»containern« zulassen. Außerdem wird eine Motoraufhängung erprobt, die ein Drehen der Antriebe um die Querachse ermöglicht. Auf diese Weise kann man eine zusätzliche vertikale Komponente zum Operieren gewinnen.

Trotz vielseitiger und intensiver Bemühungen ist es auch in anderen Ländern, so in Schweden, Dänemark, Holland, Belgien und Italien sowie in einigen südamerikanischen Ländern und in Japan, lediglich gelungen, die bekannten Prallluftschiffe zu den bereits genannten Zwecken in die Luft und in Fahrt zu bringen. Ein großer Teil dieser Luftschiffe sind zudem Importe aus den USA, deren Firmen

bis heute die einzigen Großhersteller solcher Konstruktionen »leichter als Luft« sind.

## Luftschiffe für die Zukunft

Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges schien zunächst der Gedanke an eine Wiederaufnahme eines Luftschiffverkehrs endgültig begraben zu sein.

Nachdem der inzwischen erreichte Fortschritt in Wissenschaft und Technik – so in der Leichtbautechnik, bei der Herstellung hochwertiger leichter Plast- und Elastwerkstoffe, durch Einführung neuer Bearbeitungs- und Fügeverfahren – auch erste Möglichkeiten zeigte, die Nachteile der bisherigen Luftschiffkonstruktionen auszugleichen und Schwierigkeiten im Betriebssystem und in der Betriebstechnik überwinden zu können, gibt es gegenwärtig kein industriell hochentwickeltes Land, in dem nicht an neuen Plänen gearbeitet wird und in dem keine Diskussionen über pro und kontra Luftschiff stattfinden.

Übereinstimmend herrscht bei den Wissenschaftlern, Technikern und Ökonomen sowie Luftverkehrsexperten die Meinung vor, daß bei Verwendung des sicheren Traggases Helium sowie neuer Technologien, Werkstoffe und Steuerungs-, Navigations- und Antriebseinheiten – die größtenteils aus der inzwischen weit fortgeschrittenen Luftfahrt- und Raumfahrttechnik entlehnt werden sollen – das Luftschiff auch als Großluftschiff und in starrer Bauweise mit dem geringsten Sicherheitsrisiko aller Verkehrsmittel überhaupt und für ganz bestimmte Aufgaben auch wirtschaftlicher als diese gebaut und betrieben werden kann.

Die vielen Entwürfe neuer Luftschiffe, die nach 1945 bis heute vorgelegt wurden, spiegeln einerseits eine Weiterführung bestimmter Typen aus der Vergangenheit, aber auch Neuentwicklungen wider.

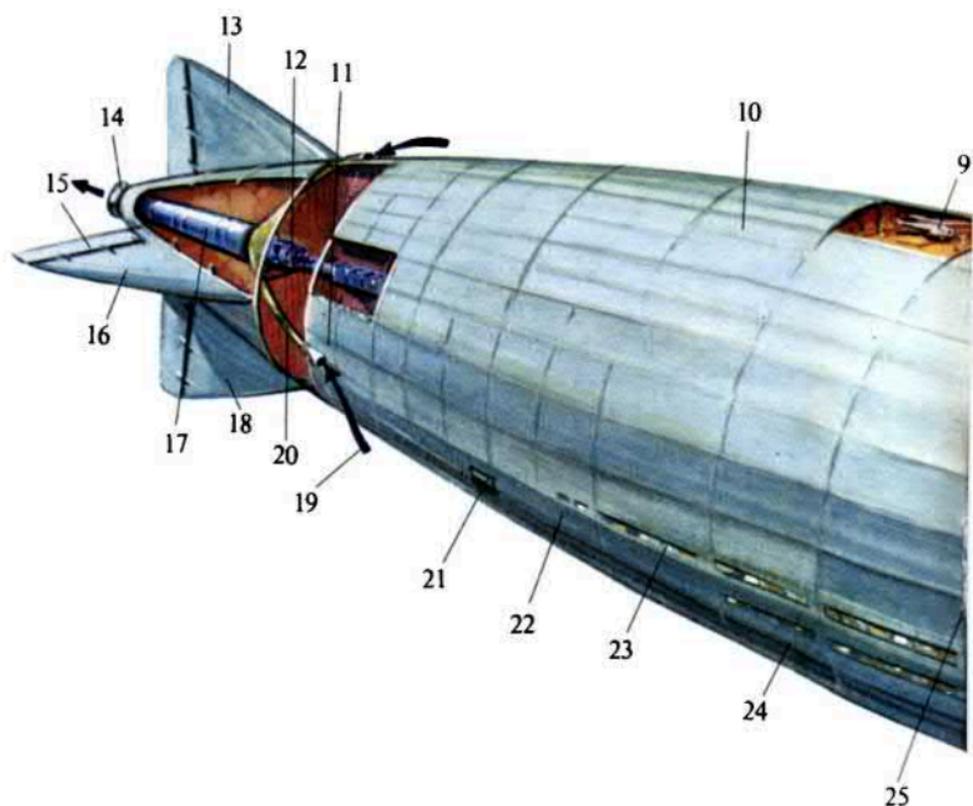
Aus den USA sind besonders die Entwürfe von Prof. Morse, Irwin, Drew und Fitzpatrick sowie die Militärvariante des Goodyear-Konzerns bekannt geworden. Morse legte den Entwurf eines durch Kernenergie angetriebenen Luftschiffes für den Passagierverkehr vor. Es

soll eine Länge von 294 m und ein Volumen von 300 000 m<sup>3</sup> haben und 400 Passagiere mit einer Geschwindigkeit von 150 km/h befördern. Wichtigstes Ausrüstungselement ist ein 200-MW-Kernreaktor, der einschließlich Strahlungsschutz eine Masse von etwa 60 Tonnen haben wird – 20 Tonnen weniger als die Masse an Treibstoff, die der dieselangetriebene LZ-129 im Jahre 1937 auf seiner Amerikareise mitführte. Da aber der Aufwand für ein Großflugzeug zur Beförderung von 400 Personen mit 150 km/h Geschwindigkeit und idealen STOL-Eigenschaften (kurze Start- und Landestrecke) wahrscheinlich in jeder Beziehung niedriger als der Aufwand für das Morse-Luftschiff ist, werden derartige Entwürfe ohne jegliche Konsequenz für eine zukünftige Luftschiffahrt bleiben.

Die Gruppe um Irwin hat sich bei ihrem Entwurf auf den ausschließlichen Einsatz für den Frachtverkehr orientiert. Die Gruppe um Drew und Fitzpatrick konstruierte ein 27 m langes Versuchsluftschiff mit drei nebeneinander angeordneten Rümpfen. Die Väter dieser »Aeron«-3 versuchen, das Problem der Höhenregulierung bei Start, Fahrt und Landung ohne Abgabe und Aufnahme von Traggas und Ballast zu lösen, ohne allerdings genau darzulegen, wie diese neue Technologie beschaffen sein soll. Der Goodyear-Konzern will seine durch Kernenergie angetriebene Luftschiffvariante als äußerst bewegliche Abschlußbasis für Lenkwaffen »Luft zum Boden« und für ballistische »Mittelstreckenraketen« verwenden.

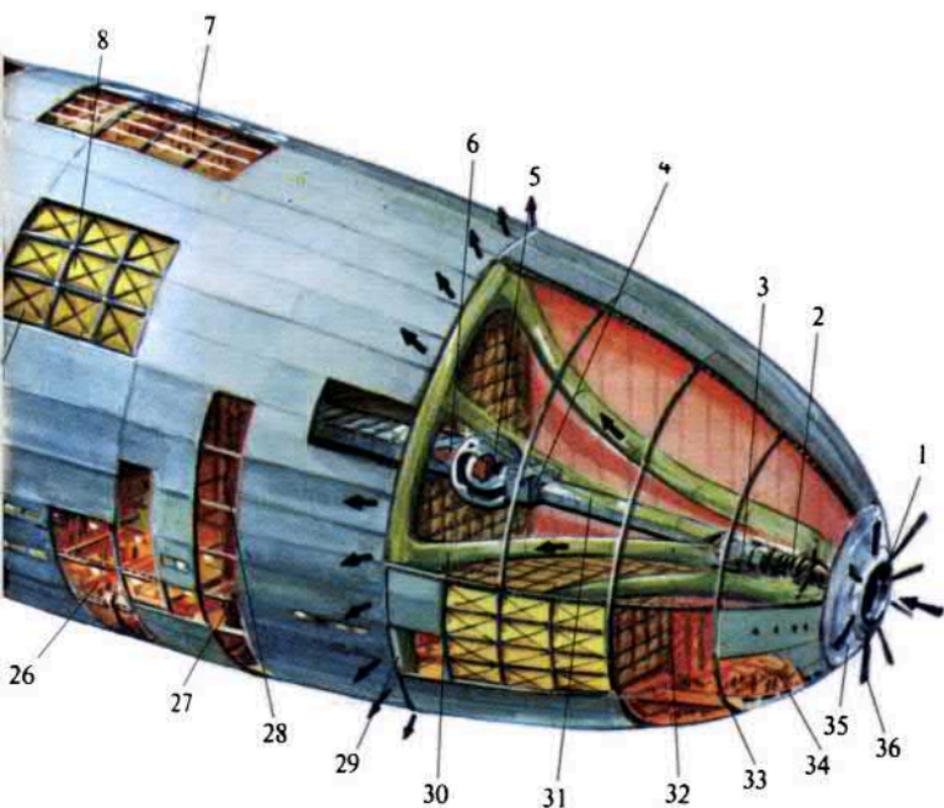
In der BRD und in Westberlin wurden Pläne zu neuen Luftschiffen vorgelegt, an denen aber seit längerer Zeit nicht mehr gearbeitet wird, da sie jeden realen Kern vermissen lassen. Dazu gehören das schwimmfähige Ganzmetallluftschiff von Simon, ein Vakuumluftschiff, der LZ-132-Entwurf, den der Puddingkönig Oetker von der »Luftschiffbau Zeppelin GmbH« Friedrichshafen anfertigen ließ, die »fliegende Gasblase« von Papst zum Transport von Erdgas, ferner das auf den Dächern hoher Gebäude landbare Luftschiff von Stodte und Böhme und die »Super-Zigarre« des Westberliners Tönne. Sein »Tönnchen« sollte in den Abmessungen den LZ-129 »Hindenburg« um das Doppelte übertreffen.

Das mit Kernenergie angetriebene Luftschiff-Projekt



**Luftschiff ALV-1 mit Kernenergie-Düsenantrieb (österreichisches Projekt).**

1 – Staudruck-Einlaßöffnung; 2 – Antrieb II (Gasturbine); 3 – Stromgeneratoren; 4 – Kanzel für Kernreaktorwartung; 5 – Kernreaktor; 6 – Wärmeaustauscher; 7 – Aussichtsräume; 8 – Heliumgaszellen; 9 – Hubschrauber-Hangar; 10 – Luftschiffhülle aus Kunststoffplatten; 11 – Einlaßöffnung für Druckluft; 12 – Antrieb III (Gasturbine); 13 – Seitenruder; 14 – schwenkbare Ausstoßdüse; 15 – Höhenruder; 16 – Höhenflosse; 17 – Druckzylinder; 18 – Seitenflosse; 19 – Luft; 20 – Druckrohr; 21 – hinteres Landegerät; 22 – Frachträume; 23 – Bullaugen; 24 – Passagierräume und Schlafkabinen; 25 – Rumpfkonstruktion aus Titan-Aluminium-Legierung; 26 – B-Deck; 27 – eingefahrenes Landerad; 28 – Aufzug; 29 – Düsenkranz; 30 – Druckrohr; 31 – Brücke, gleichzeitig Längsträger; 32 – Aufzug; 33 – Radar, Funk; 34 – Führerraum; 35 – Leichtmetallbug; 36 – Antrieb I (Außenrotor)

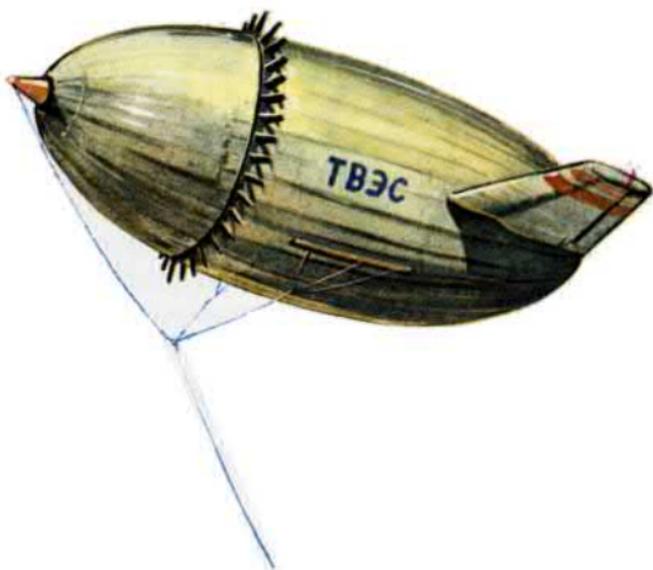


des Österreichers Erich von Veress, dem die Typenbezeichnung ALV-1 gegeben wurde, unterscheidet sich gegenüber den früheren und nach 1945 vorgelegten Projekten von Starrluftschiffen in einigen wesentlichen Details, die er sich 1963 bis 1966 patentieren ließ. Der 324 m lange Körper mit einem Durchmesser von 54 m und einem Volumen von 408 000 m<sup>3</sup> hat als Schiffsquerschnitt kein Polygon mehr, sondern einen Kreis, da die Luftschiffhülle als tragendes Konstruktionselement ausgebildet ist, so daß eine ganze Reihe von Längsträgern wegfällt, die früher zur flatterfreien Haltung der Stoffhülle notwendig waren. Die Tragkonstruktion im Innern wird nicht mehr genietet, sondern geschweißt und geklebt, wodurch ein weiterer

Massegewinn erzielt werden kann. Die »Schallmauer« bei Luftschiffen, die zwischen 150 km/h und 200 km/h liegt, überwindet von Veress durch ein neuartiges Aerodynamik- und Antriebsystem in Verbindung mit dem Einsatz von Kernenergie, so daß, wie Windkanalversuche ergeben haben, der ALV-1 mit seinen 500 Passagieren, 100 Mann Besatzung und 100 Tonnen Fracht mit nur 18 000 PS eine Reisegeschwindigkeit von 300 km/h erreichen kann. Bei den heutigen hohen Lohnkosten schließt bereits die Relation »500 Passagiere, 1000 t Fracht und 100 Mann Besatzung« eine Wettbewerbsfähigkeit des Luftschiffes gegenüber dem Flugzeug von vornherein aus.

Auch in der UdSSR, in der der Luftschiffbau eine große Tradition hat, haben sich Wissenschaftler und Techniker in ehrenamtlich arbeitenden Konstruktionsbüros zusammengefunden und der stark interessierten Öffentlichkeit eine ganze Reihe von Luftschiffentwürfen vorgelegt. Die Hauptzentren dieser Büros sind Leningrad, Moskau, Kiew, Nishni Tagil, Nowosibirsk und Swerdlowsk. Die Entwicklungsarbeiten dieser ehrenamtlich arbeitenden Büros werden durch staatliche Mittel gefördert. Von 14 Industrieministerien der UdSSR, in denen ein Luftschiffeinsatz möglich ist, wurden in einer Studie die aus der Sicht dieser Wirtschaftsbereiche erforderlichen technisch-ökonomischen Anforderungen zusammengestellt und diesen Büros übergeben. Darüber hinaus wurden mehrere Studien über die Perspektiven des Luftschiffes in der sozialistischen Volkswirtschaft erarbeitet. 1965 fand die erste Allunionskonferenz für den Luftschiffbau in Nowosibirsk statt, der einige Unionskonferenzen, insbesondere aber eine ganze Reihe regionaler wissenschaftlicher Kongresse gefolgt sind. Ein international stark beachteter Kongreß von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Ökonomen fand im Oktober 1975 in Nadym statt und beschäftigte sich mit dem möglichen Einsatz von »Luftschiffen und kombinierten Flugapparaten als Transportmittel und Montagehilfen bei der Erschließung der Reichtümer des Nordens im Gebiet Tjumen«.

Aus der Fülle der vorgelegten Arbeiten sollen folgende Erwähnung finden: der ZM-102, ein Ganzmetallluftschiff von 200 m Länge, das dem Raumfahrtpionier Ziolkowski



*Windkraftwerk-Luftschiff »TWES« zur Umwandlung von Windströmungen in der Hochatmosphäre in elektrische Energie (so-wjetisches Projekt)*

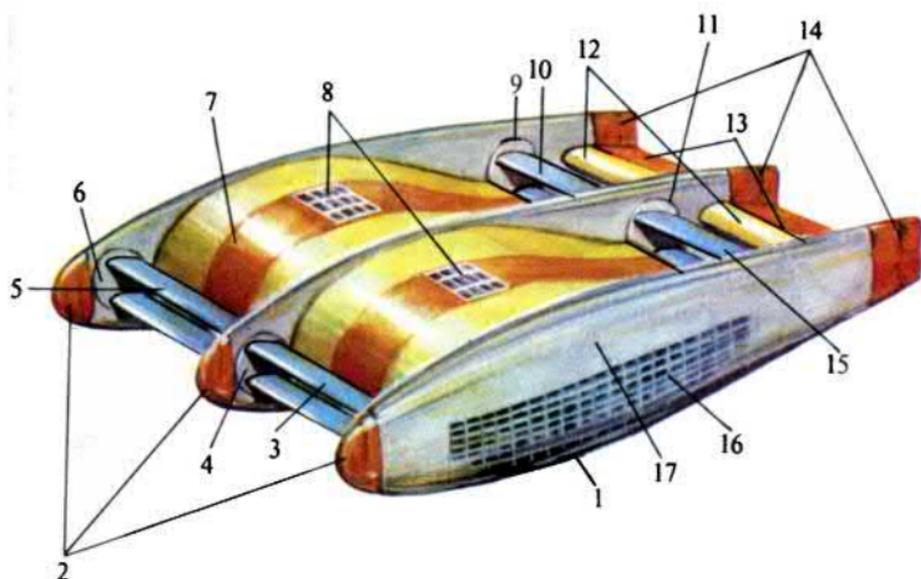
gewidmet ist, ferner die Ganzmetallkonstruktion vom Typ 124, die unter besonderer Berücksichtigung der Einsatzbedingungen im hohen Norden der UdSSR, in der Arktis und Antarktis entstanden ist und zur weiteren Erforschung und Erschließung der Kältegebiete der Erde eingesetzt werden soll. Der Typ L-100 ist besonders deshalb interessant, weil es sich hier um ein halbstarres System und um ein reines Transport- und Montage-luftschiff handelt, das speziell beim Bau von Hochspannungsfreileitungen Verwendung finden soll. Bei einer 3500 km langen Fernleitung mit einem Materialbedarf von 1 Million Tonnen würden sich beim Einsatz dieses Luftschiffes gegenüber anderen Transportmitteln Einsparungen in Höhe von 500 bis 900 Millionen Rubel ergeben.

Als Ergebnis der in der UdSSR von 1956 bis 1961 mit Ballons in der Tropopause durchgeführten Experimente wurde das Projekt einer Tropopausen-Wind-Elektrizitätsstation (TWES) erarbeitet. Das Luftschiff von 140 m Länge, 150000 m<sup>3</sup> Volumen kann durch das mit einem Generator gekoppelte 56 m große Windrad jährlich

13,2 Millionen kWh Elektroenergie zu einem Preis von zwei Kopeken pro kWh produzieren. Einen gänzlich anderen Einsatzzweck sehen die Konstrukteure des Luftschiffes vom Typ L-157. Ihr maritimes Mehrzweckluftschiff ist für den Einsatz über großen, zusammenhängenden Wasserflächen gedacht, insbesondere zur Unterstützung der sowjetischen Fischereiflotte. Die viermotorige Ganzmetallkonstruktion soll dem Transport des Personals und des Treibstoffs zwischen den Heimatbasen und den auf den Weltmeeren operierenden Fangflottillen sowie der schnelleren Beförderung der auf See hergestellten Produkte zum Festland dienen.

Den meisten der im Zeitraum von etwa 1950 bis 1965 vorgelegten Entwürfen ist eigen, daß sie sich in der Form und auch in den wesentlichen Konstruktionsprinzipien an die herkömmlichen starren und Prallluftschiffe anlehnen, die in den dreißiger bis vierziger Jahren in Europa und in den USA gebaut wurden. Alle darüber hinaus in den Entwürfen vorgenommenen Veränderungen gegenüber den Grundkonzeptionen vergangener Jahre sind Verbesserungen, die eine länger als dreißig Jahre andauernde stürmische Entwicklung auf allen Gebieten der Naturwissenschaft und Technik fast automatisch bewirkte. Auch die eingesetzten Kernenergieantriebe sind im Prinzip nur Modifikationen vorhandener Antriebe, wie sie uns in den bekannten Schiffen mit Kernenergieantrieben (»Lenin«, »Savannah« und »Otto Hahn«) und den Atom-U-Booten gegenüber treten. Außerdem liegen eine ganze Reihe von Ergebnissen vor, die bei der Entwicklung von mit Kernenergie angetriebenen Flugzeugen gewonnen wurden.

Im Zusammenhang mit Diskussionen über neue Formen des Antriebs von Luftschiffen ist der von Fachleuten der DDR entworfene Wellpropeller-Antrieb eine interessante Variante. Schmidt und Queck aus Dresden gaben dem 1968 vorgelegten Entwurf eines Luftschiffes in Anlehnung an die Fortbewegungsart der Zahnwale den Namen »Delphin«-Luftschiff. Der Entwurf entstand mit Unterstützung des »Arbeitsausschusses zum Studium der Luftschiffahrt« beim Fachverband »Luftfahrt« der Kammer der Technik der DDR.



*Delphin-Luftschiff mit Wellantrieb (DDR-Projekt).*

1 – Aussichtsdock; 2 – Seitenruder; 3 – Wellblatt; 4 – linker Bugweller; 5 – Wellblatt; 6 – rechter Bugweller; 7 – Luftschiffkörper mit Helium-Gaszellen; 8 – Sonnendeck; 9 – rechter Heckweller; 10 – Wellblatt; 11 – linker Heckweller; 12 – Entweller; 13 – Höhenruder; 14 – Seitenruder; 15 – Wellblatt; 16 – Kabinen; 17 – halbtropfenförmige Endscheibe

Das dem Entwurf zugrunde gelegte Antriebsprinzip hat die Natur in ihrer Jahrtausenden währenden Entwicklung unter anderem auch bei Delphinen hervorgebracht. In vollendeter Weise nutzt der Delphin durch ein kombiniertes Auf und Ab von Körper und Schwanzflosse beim Schnellschwimmen die dabei entstehende sogenannte »Wellenenergie« aus und erreicht eine Geschwindigkeit von 50 km/h, obwohl er nach Körperform und Flossenkraft entsprechend den Gesetzen der Hydrodynamik nicht schneller als 4 km/h schwimmen könnte.

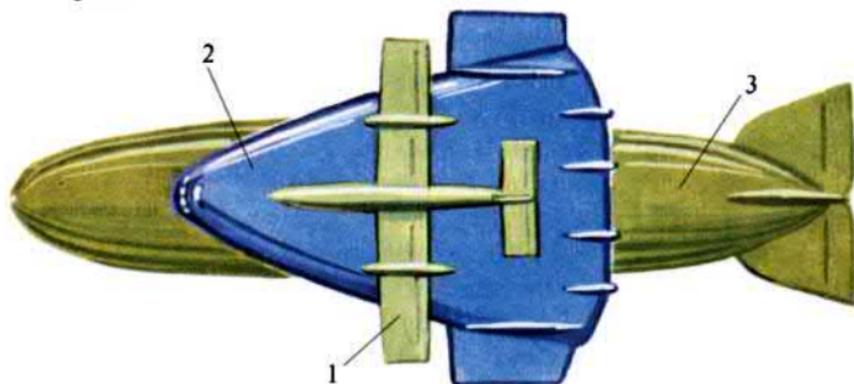
Wenn man nun hinter einer ständig auf und ab bewegten Tragfläche eine weitere Tragfläche anordnet, wird ein Vortrieb erzeugt, der eine 100%ige Ausnutzung der Antriebsleistung ermöglicht. Wird der Schlagflügel dabei auf und ab rotierend vorgesehen, erhält man einen Well-

propeller. Mit der Verwendung dieser Form des Antriebs ist gleichzeitig auch ein radikales Abgehen von der typischen Zigarrenform des Luftschiffes verbunden. Beim »Delphin«-Luftschiff von Schmidt und Queck ist deshalb ein symmetrischer tragflächenartiger und heliumgefüllter Hauptkörper vorgesehen, der an beiden Seiten Endscheiben hat. Zwischen diesen sind jeweils am Bug und Heck zwei »Weller« angeordnet, die unter Ausnutzung des »Wellenenergie«-Effektes dem Delphin-Luftschiff eine Geschwindigkeit von 500 km/h verleihen sollen.

## Die Hybriden sind im Kommen

Angesichts der Tatsache, daß bestimmte erd- und wassergebundene Verkehrsmittel und Verkehrseinrichtungen wie auch Flugzeuge und Hubschrauber ihre Entwicklungsgrenze nahezu erreicht haben, beschäftigen sich in den letzten Jahren einige Verkehrsexperten und Transportunternehmen in der UdSSR, den USA, in Kanada, Japan, England und Frankreich mit Entwürfen einer gänzlich neuen Luftschiff-Generation, die möglichst viele Vorzüge des Flugzeuges und des herkömmlichen Luftschiffes in sich vereinen soll und die sich sowohl in der äußeren Form als auch in den Konstruktionsprinzipien von den früheren Typen unterscheiden wird. Gleichzeitig ist aus den Ent-

*Größenvergleich von Luftschiff (3), Flugzeug (1) und Hybrid-Flugzeug (2)*

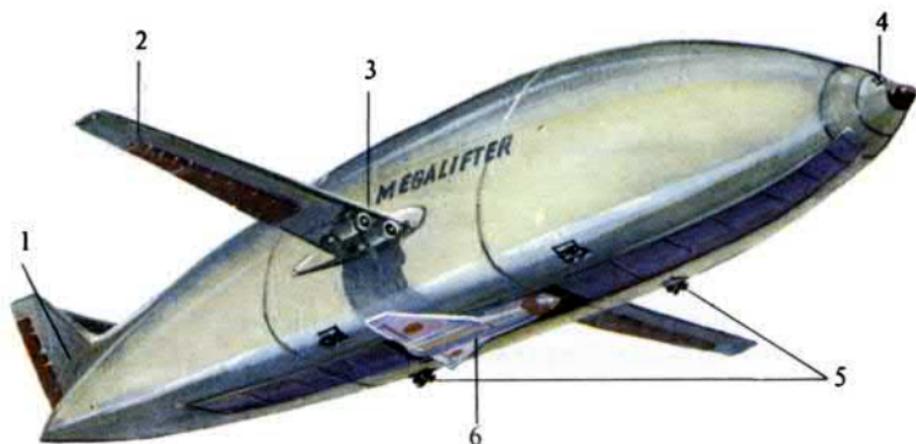


würfen ersichtlich, daß an eine teilweise Übernahme bestimmter Baugruppen aus dem Großflugzeugbau gedacht ist, um die Entwicklungs-, Herstellungs- und Betriebskosten niedrig zu halten und den Bau solcher Hybriden in wesentlich kürzeren Zeiträumen ermöglichen zu können.

In den USA sucht die amerikanische Raumflugbehörde NASA schon lange nach einem geeigneten Transportmittel, das hinsichtlich seines Hubvermögens die größten amerikanischen Flugzeuge Boeing 747 und C 5 A Galaxy (Ladefähigkeit 80 bzw. 120 t) übertreffen soll. Die NASA benötigt solch einen Luftkran, um die einzelnen Bauelemente des neuen Raumtransporter-Systems, des »Space Shuttle«, zu transportieren. Die erste Flugprüfung der USA-Weltraumfähre »Enterprise« – montiert auf eine Boeing 747 – wurde am 2. März 1977 durch fünf Huckepackflüge abgeschlossen. Trotzdem ist das Problem des »Lifts« in die höheren Schichten der Erdatmosphäre zur Erprobung der Rückkehreigenschaften dieses orbitalen, mehrfach nutzbaren Raumflugkörpers noch nicht gelöst.

Für diese und ähnliche Zwecke hat nun eine amerikanische Firma den Hybrid-Flugapparat »Megalifter« (Schwerlast) mit einem vorläufigen Hub von 180 t entwickelt. Dieser Zwitter aus Flugzeug und Luftschiff hat einen Rumpf von 200 m Länge, der zum großen Teil mit Helium gefüllt ist. Die Eigenmasse des Megalifters beträgt 112 t. Bei einem statischen Auftrieb der 200 000 m<sup>3</sup> Helium von etwa 216 t und einer Last bis zu 100 t bleibt der Hybrid ein Luftschiff. Bei einer Zuladung von mehr als 100 t wird er schwerer als Luft und damit zum Flugzeug. Bei einer vollen Auslastung der Hubkapazität von 180 t hebt der Megalifter durch den Auftrieb seiner Tragflächen bei einer Geschwindigkeit von 130 km/h nach einem Startweg von 700 m vom Boden ab und kann trotz der großen Rumpffläche eine Reisegeschwindigkeit von 330 km/h erreichen. Der Operationsradius des Megalifters erreicht bei einer Steighöhe von 6 km etwa 18 000 km.

Im Megalifter sind verschiedene Baugruppen aus Flugzeugen eingebaut. Die Pilotenkanzel mit der Ausrüstung, Blindlande- und Funkortungssystem sowie die Bord-EDV-



*Hybrid-Flugapparat der US-amerikanischen Firma Megalifter Company unter Verwendung einiger Aggregate des Lastentransportflugzeuges C 5 A Galaxy mit einem Tragvermögen von 180t und einer Fluggeschwindigkeit von 330 km/h.*

*1 – Schwanzleitwerk; 2 – Tragflügel; 3 – Turboprop-Triebwerk; 4 – Führungskabine; 5 – einschwenkbares Fahrwerk; 6 – Raumföhre*

Anlage, der Frachtraum, die vier Zweikreis-Strahltriebwerke zu je 190 000 N Schub und das lenkbare Fahrwerk wurden von der Lockheed C 5 A Galaxy übernommen. Das V-förmige Leitwerk am Heck und die großen ungepfeilten Tragflächen mit überhöhtem Profil stammen von einem luftschraubengetriebenen Flugzeug älterer Konstruktion.

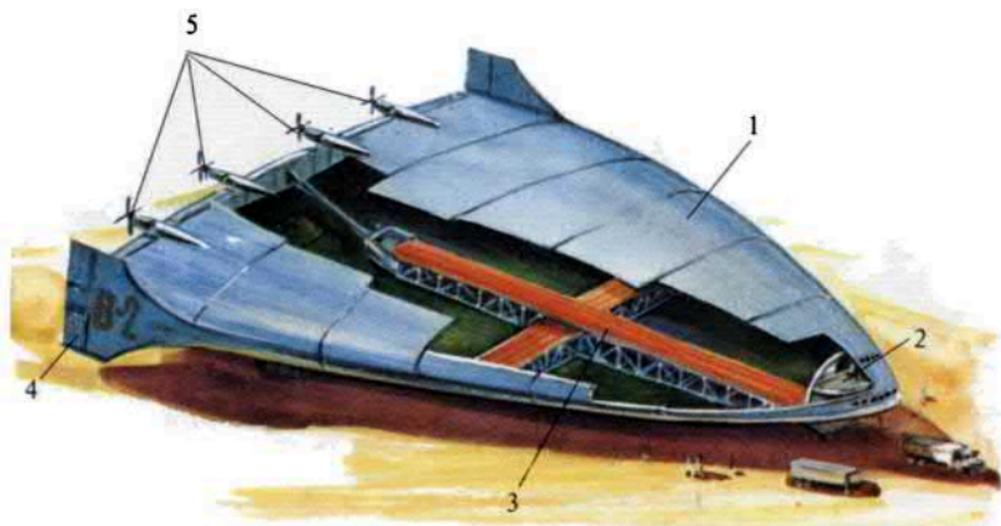
Gute Aussichten zur Verwirklichung ihres Hybriden-Projektes erhofft sich auch eine andere amerikanische Firma, die die äußere Form ihres Luftschiffes von einem Raumgleiter der NASA entlehnt hat. Der »Aeron«-340 hat im jetzigen Modellstadium eine Länge von 60 m. Er soll Lasten von etwa 100t in eine Höhe von 3600 m heben, eine Geschwindigkeit von 240 km/h erreichen und seine Fracht bis zu 4000 km weit transportieren. Die Länge der Start- und Landebahn soll nicht mehr als einen Kilometer betragen. Der etwa 8 m lange »Aeron«-26, der zur Prüfung der Funktionstüchtigkeit des Gesamtsystems gebaut wurde, fliegt bereits. Weitere Entwürfe sehen Hybriden mit 180 m Länge und Lasten bis 1000t vor, das eigentliche Standardluftschiff dieser »Aeron«-Reihe mit einer

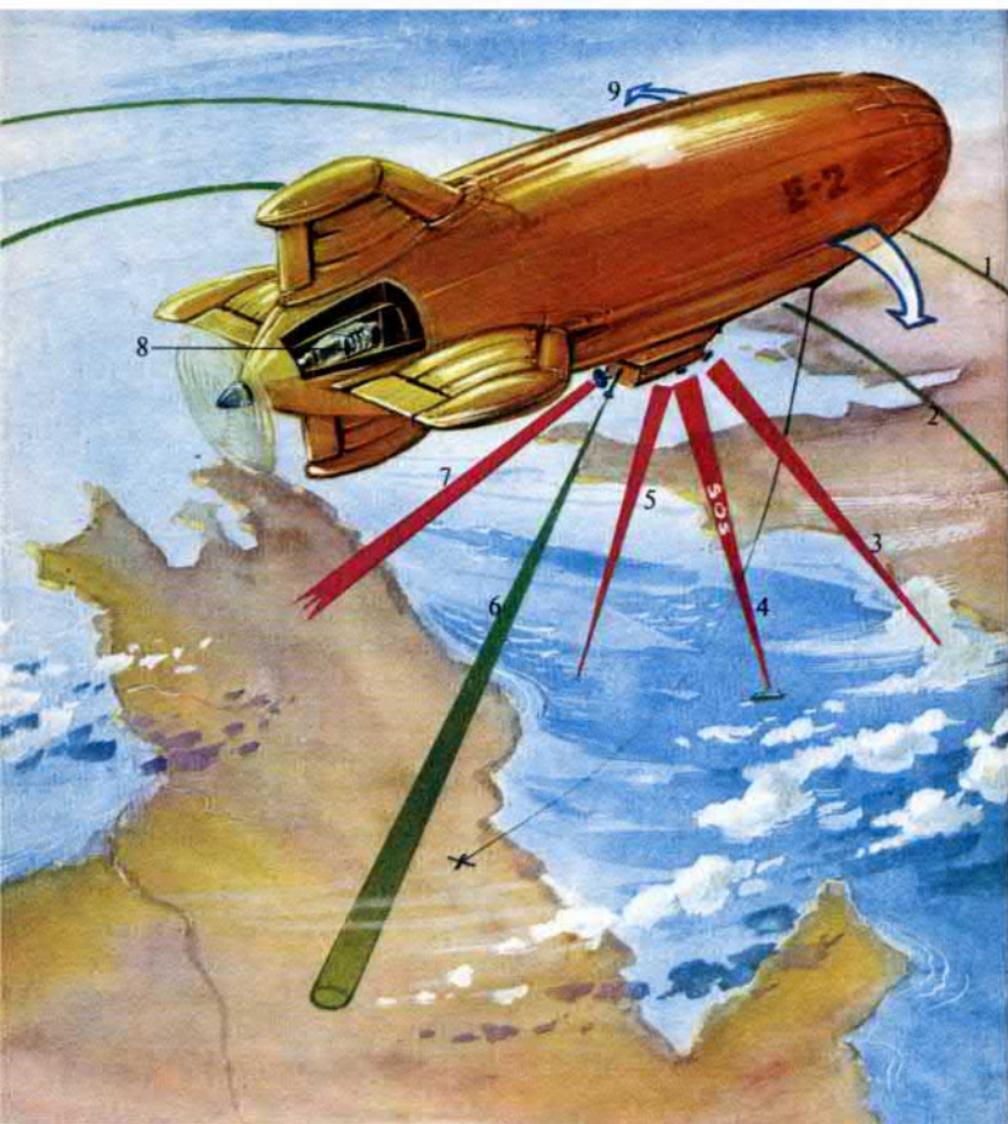
Länge von 300 m soll über ein Hubvermögen von 3000 t verfügen.

In Frankreich wird gegenwärtig an mehreren Luftschiffprojekten gearbeitet, die unter der Bezeichnung »Vesta«, »Alcion«, »Titan«, »Pegasus« und »Essor« bekannt geworden sind. Das im Durchmesser 235 m große Luftschiff »Titan« ist als solches kaum noch erkennbar, aber dennoch als Großraumtransporter nach dem Prinzip »leichter als Luft« konzipiert. Das Hubvermögen dieser linsenförmigen Konstruktion, die an eine »fliegende Untertasse« erinnert, soll 900 t betragen. Diese Nutzlast kann mit einer Reisegeschwindigkeit von 100 km/h bis zu 1000 km weit transportiert werden. Den notwendigen Vortrieb erzeugen insgesamt 16 Gasstrahlruder, die auch zur Lagestabilisierung benutzt werden. Die »Titan« soll, über der Erdoberfläche schwebend, durch eine spezielle Hebebühne be- und entladen werden, um die langwierigen und umständlichen Start- und Landeprozesse herkömmlicher Luftschiffe zu vermeiden. Ähnlich wie die »Titan« in äußerer Form,

*Hybrid-Flugapparat »Aeron«-340 der US-amerikanischen Firma Aeron Corporation mit einem Tragvermögen von 100 t über eine Strecke von 4000 km.*

*1 – Hülle; 2 – Führungsstand; 3 – Flachstapelfläche; 4 – Schwanzleitwerk; 5 – Antriebsanlagen*





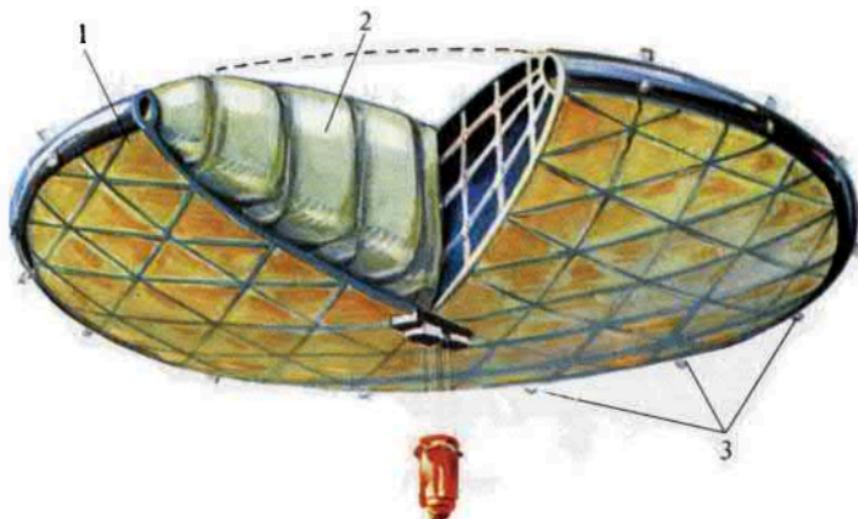
*Französisches Luftschiffprojekt »Essor« (Beobachtungs- und Relais-Subsatellit) mit Haltekabel.*

*1 – Bereich funktechnischer Erfassung; 2 – Bereich geometrischer Erfassung; 3 – Nachweis von Wolkendecken und Ortung von Sturmzentren; 4 – Schiffs- (Seenot-)Überwachung; 5 – Übertragung von Wetterdurchsagen; 6 – Untersuchung des thermischen Profils im Infrarot-Spektrum; 7 – Wetterdurchsagen; 8 – Elektromotor für die Stabilisierung, 3000 U/min; 9 – Querdrift entsprechend der Windrichtung*

Konstruktion und Technologie ist die englische Version »Skyship«. Ein Modell hat in einer Werkhalle bereits mehrere Probeflüge gut überstanden.

Das französische Programm »Essor« sieht den Bau von Beobachtungs- und Relais-Subsatelliten nach dem Prinzip »leichter als Luft« vor, der in mehreren Etappen erfolgen soll. Diese Subsatelliten sollen in der Tropopause stationiert werden. Das Programm entstand aus den Ergebnissen umfangreicher Untersuchungen der Tropopause, die in den Jahren 1970 bis 1971 in Frankreich, Korsika und Guayana durchgeführt wurden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Ballonkonstruktionen verschiedener Formen in Höhen von 13 bis 18 km gebracht. Die größte Schwierigkeit bei der Realisierung der einzelnen Etappen dieses Programms sehen die Wissenschaftler und Techniker darin, die Ballonkörper durch die Zone der sogenannten Strahlströme zu bringen. Die Strahlströme (Jetstreams) sind einige tausend Kilometer lange, einige hundert Kilometer breite und einige Kilometer mächtige Bänder hoher Windgeschwindigkeiten, die in der Troposphäre die ganze Erdkugel umspannen.

*Luftschiffprojekt der nahen Zukunft. Das französische Luftschiff »Titan« soll Lasten bis zu 900t heben und montieren können.  
1 – Ballonhülle; 2 – Heliumgaszellen; 3 – Strahltriebwerke*



Die Ballonkonstruktionen des »Essor«-Programms müssen deshalb hochbelastbar sein und durch einen mobilen Startkomplex und eine flexible Starttechnik den Kraftangriffen der Strahlströme durch Nachgeben ausweichen können, damit allzugroße Belastungen der Haltetrosse vermieden werden. Als mobile Startplätze kommen auf dem Land schwere Lastkraftwagen und auf See schwimmfähige Plattformen in Frage, auf denen die leistungsfähigen Winden zu montieren sind. Haben die Ballonkonstruktionen die Strahlströme durchstoßen und befinden sich in weniger starken Windströmungen, können sie fest verankert werden.

»Essor«-Ballonkonstruktionen können nicht nur wichtige technische und wissenschaftliche Aufgaben durchführen. Sie sollen auch als »Satelliten der Armen« in den Ländern, die sich aus ökonomischen Gründen nicht an der Entwicklung und Nutzung geostationärer Raumflugkörper beteiligen können, Anwendung finden. Diese Länder können die material- und kostenaufwendigen Übertragungsnetze für Rundfunk, Fernsehen und andere Informations- und Kommunikationssysteme einsparen. Ein »Essor«-Ballon oder »Essor«-Luftschiff in 25 km Höhe verfügt über 550 km optische und 700 km funktechnische Reichweite. Mit einem einzigen solchen Ballonkörper könnte der Funkverkehr über ganz Frankreich aufrecht erhalten werden. »Essor«-Konstruktionen können natürlich nicht geostationäre Satelliten ersetzen, denn um die ganze Erde mit Informationen zu versorgen, müßten mehr als 2000 Ballons in 25 km Höhe angeordnet werden.

Das »Essor«-Programm soll in drei Etappen verwirklicht werden. Ballons vom Typ »Essor«-1, die über einen Antrieb am Heck verfügen, werden an einer Trosse aufgelassen, in die ein Stromleiter zur Energieversorgung eingearbeitet ist. Der Antrieb soll dazu dienen, den Subsatelliten geographisch besser zu stabilisieren. Beim Typ »Essor«-2 wird durch zusätzliche, seitlich am Ballon angebrachte Antriebseinheiten eine dynamische Verankerung in der Höhe und eine vollkommene geographische und vertikale Stabilisierung erreicht. Beim »Essor«-3 wird es überhaupt keine Trosse mehr zur Verankerung geben. Der Ballon ist infolge seiner Stabilisierung in drei Achsen zum

Luftschiff geworden. Der notwendige elektrische Strom zum Betreiben des Subsatelliten wird von einer Sendeantenne einer Richtfunkstrecke übertragen und die von der Erdoberfläche abgestrahlte Energie wird am Luftschiff durch geeignete Systeme wieder in elektrischen Strom umgewandelt.

## Pro und Kontra Luftschiff

Wenn sich heute in Instituten, Projektierungsbüros und Betrieben Wissenschaftler, Ingenieure und Facharbeiter mit verschiedenen Fragen der Entwicklung von Großluftschiffen in starrer Bauweise auseinandersetzen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen anstellen, Promotionen und Diplomarbeiten zu konstruktiven Problemen schreiben und der interessierten Fachwelt und breiten Öffentlichkeit erste Pläne dieser neuen Luftfahrzeuge »leichter als Luft« vorstellen, dann geschieht das, weil der Entwicklungsstand der Produktivkräfte fordert, unter anderen möglichen Varianten zur Bewältigung gegenwärtiger und zukünftiger Aufgaben des Personen- und Gütertransportes auch die des Einsatzes von Luftschiffen zu untersuchen.

Das Luftschiff hat, wie die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungen und die vorgestellten Projekte zeigen, gegenüber anderen Luftfahrzeugen »schwerer als Luft« unbestreitbar einige Vorteile. Es kann infolge seines statischen Auftriebs senkrecht starten und landen, in jeder beliebigen Höhe schweben, vor- und rückwärts fahren, auf der Stelle drehen und auf Betonpisten, dem Erdboden, auf Wasserflächen und selbst mitten in der Stadt auf Häusern oder Freiflächen niedergehen oder aufsteigen. Es kann vertikale Be- und Entladeprozesse sowie Montage und Demontage großformatiger und sperriger Güter mit hoher Masse erschütterungsfrei und ohne Pendelbewegungen in völlig stabiler Lage durchführen. Da es seine Geschwindigkeit bis auf kleinste Werte beliebig verändern kann, ohne zum Niedergehen gezwungen zu sein, kann es bei stark gedrosselter Maschinenleistung und bei kleinem Brennstoffverbrauch seinen Aufenthalt in der Luft auf ein Mehrfaches der normalen Reisezeit verlängern, was für

wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Arbeiten von großer Bedeutung ist. Unterstützt von einem dynamischen Positionshaltesystem, computergesteuert, kann es auch bei Windangriff über jeden Punkt feststehend gehalten werden.

Das moderne Luftschiff ist stabil, absolut wetterfest und relativ wetterunabhängig und durch Verwendung von Helium als Traggas brand- und explosionsicher. Selbst bei Ausfall aller Motoren und durch die Unterteilung des Traggasraumes in eine große Zahl von Einzelteilen ist es absolut absturzsicher. Es kann bei dichtestem Nebel starten, fahren und landen, selbst Reparaturarbeiten können während der Fahrt an Bord ausgeführt werden. Im Verein mit modernen Navigations- und Steuerungsanlagen einschließlich einer Bord-EDV-Anlage erreicht das Luftschiff ein Ausmaß an Sicherheit, das von keinem anderen Luftfahrzeug erreicht wird.

Das Luftschiff benötigt, wiederum durch seinen statischen Auftrieb bedingt, nur eine ganz geringe Antriebsleistung, etwa  $\frac{1}{10}$  der Leistung vergleichbarer Luftfahrzeuge, und ist deshalb besonders wirtschaftlich im Betriebsstoffverbrauch. Es kann mit herkömmlichen Antrieben und Treibstoffen länger als eine Woche in der Luft bleiben und Entfernungen bis zu 10 000 km oder mehr zurücklegen; bei Auftanken in der Luft ist seine Fahrt-dauer praktisch unbegrenzt.

Das Luftschiff hat eine wesentlich höhere Tragfähigkeit als andere Luftfahrzeuge und kann seine Fracht ohne Zwischenlandung um den ganzen Erdball an jeden beliebigen Ort befördern und punktgenau absetzen. Es kann großformatige, sperrige, lange und superschwere Teile sowie ganze Baugruppen im Innern der Hülle oder unterhalb des Luftschiffkörpers transportieren. Technisch sind Lasten bis zu 1000 Tonnen und mehr möglich. Für größere Frachtmengen kleinerer Abmessungen, wie Container, können im Innern des Luftschiffes ausreichend große Räume geschaffen werden. Schon in der Vergangenheit hat das Luftschiff zur Erweiterung der eigenen Operationsfähigkeit Flugzeuge, Omnibusse und andere Verkehrsmittel mitgeführt. Selbst Starrflügelflugzeuge sind von Luftschiffen aus während der Fahrt gestartet und wieder

gelandet. Als wahrscheinlich einziges Luftfahrtgerät kann das Luftschiff einen Kernreaktor als Antriebsquelle und zur Bordenergieversorgung mitführen und die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen auch bei einer möglichen Havarie des Luftschiffes gewährleisten.

Das Luftschiff hat seine höchste Tragfähigkeit in den dichten, unteren Luftschichten und kann deshalb auch im Fracht- und Touristenverkehr auf mittleren und kurzen Strecken die bereits heute schon überfüllten »oberen Etagen« des Luftraumes und die zu klein geratenen erdgebundenen Verkehrsnetze wirksam entlasten. Dem Reisenden kann im Luftschiff, frei von Lärmbelästigungen, soviel an Bequemlichkeit, Komfort und Bewegungsfreiheit geboten werden, daß eine Luftreise zum Genuß und zur Erholung wird.

Diesen und noch anderen Vorteilen des Luftschiffes stehen aber auch im gleichen Maße Nachteile gegenüber, die insbesondere in der Betriebstechnik, im Betriebssystem und in der Konstruktion begründet liegen, zum anderen in der Umstellung von Wasserstoff auf das teure Helium. Die langsame Fahrtgeschwindigkeit ist ein prinzipieller Nachteil des Luftschiffes. Es hat, bedingt durch seine Größe, einen hohen Luftwiderstand. Da mit der Geschwindigkeit der stündliche Betriebsstoffverbrauch etwa in der dritten Potenz steigt, kann das Luftschiff, um wirtschaftlich zu bleiben, nicht beliebig schnell werden. Nach heutigen Erkenntnissen wird die zweckmäßige Geschwindigkeit zwischen 120 und 150 km/h, im Maximum bis 200 km/h liegen. Die aerodynamischen Eigenschaften des Luftschiffes, insbesondere der Luftwiderstand, bedingen im wesentlichen auch die Größe der aufzubringenden Maschinenleistung und damit auch den Betriebsstoffverbrauch. Höhere Geschwindigkeiten fordern schwere Motoren und viel Betriebsstoff und erlauben nur eine geringe Zuladung. Das gleiche gilt umgekehrt. Gewisse Möglichkeiten der Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften des Luftschiffes, wie z. B. die Grenzschichtregulierung, scheitern vorerst an der Größe des damit verbundenen Aufwandes.

Bei den Vortriebsanlagen kommt es auf eine hohe Betriebssicherheit und einen niedrigen Betriebsstoffver-

brauch an Turbinen oder Strahltriebwerke scheiden wegen der niedrigen Geschwindigkeit und Fahrhöhe des Luftschiffes aus. Dagegen erfüllt der Dieselmotor die gestellten Anforderungen und wird sich möglicherweise aus einem leichten Schiffsdiesel entwickeln lassen. Auch der Kernenergieantrieb hat noch lange nicht die Entwicklungsstufe erreicht, die einen Einsatz in Luftschiffen möglich macht. Seine Verwendung ist noch aus einem anderen Grund sehr problematisch: In den meisten Ländern ist der Aufenthalt von Schiffen mit Kernenergieantrieb in den Häfen nicht gestattet. Demzufolge ist es wenig wahrscheinlich, daß in einem solchen Land Luftschiffe mit Kernenergieantrieb zugelassen werden oder daß sie dieses Territorium überfliegen dürfen.

Die schwierige Steuerung in der Vertikalen und die zeitraubende wie umständliche Prozedur des Auswiegens eines Großluftschiffes vor dem Start sowie das komplizierte Landemanöver sind ebenfalls prinzipielle Nachteile. Bei einem gefüllten Luftschiff kann der Auftriebsgewinn durch weitere Gasaufnahme oder Ballastabgabe, der zum Niedergehen notwendige Auftriebsverlust durch Gasabgabe an die freie Atmosphäre oder durch Ballastaufnahme erreicht werden. Gasaufnahme und -abgabe sind mit hohen Kosten verbunden, während die Abgabe und Aufnahme von Ballast ein sowohl zeitraubender als auch umständlicher Prozeß ist. Mit dem fortlaufenden Verbrauch von Betriebsstoff während der Fahrt wird das Luftschiff immer leichter; es wird also zunehmend auftriebsfrei – was ausgeglichen werden muß. Beim billigen Wasserstoff war es tragbar, ihn in die Luft abzublasen. Beim teuren Helium müssen deshalb andere Wege beschritten werden. Bereits für das letzte Vorkriegsschiff LZ 130 wurde hierfür eine Ballastgewinnungsanlage entwickelt, um den verbrauchten Betriebsstoff durch Wasser zu ersetzen. Da der im Dieselöl enthaltene Anteil Wasserstoff (13 bis 14 %) als Verbrennungsprodukt genügend Wasserdampf für einen solchen Ausgleich lieferte, wurden die Auspuffgase durch ein eigenes Kühlsystem bis zum Abscheiden des Wassers abgekühlt. Die Weiterentwicklung dieser Anlage zur vollen Betriebsreife wurde durch den Kriegsausbruch verhindert. Neuerdings wurden

Versuche mit Kieselgel durchgeführt, um das nötige Wasser aus der Luft zu gewinnen.

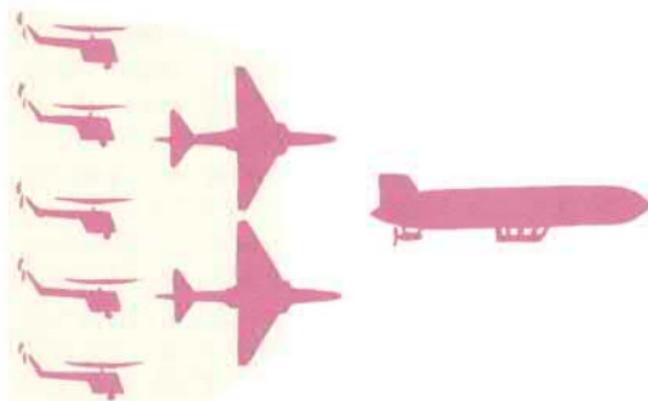
Als weitere Folge des Einsatzes von Helium dürfen die Traggaszellen des Luftschiffes zum Start nicht mehr prall gefüllt werden. Auf Grund der Ausdehnung des Gases durch den Luftdruckabfall beim Hochsteigen würden die Traggaszellen durch die Überdruckventile abblasen, und zwar etwa 1 % je 80 m Höhenunterschied. Der Füllungsgrad richtet sich dabei nach der größten Höhe, die während der Fahrt durch das Luftschiff aufgesucht werden soll. Jedes Prozent Unprallheit bedeutet aber zugleich weniger Auftrieb. Deshalb wird das Helium-Luftschiff nur bei geringen Fahrhöhen seine volle Leistungsfähigkeit ausnutzen können. Um aber beim Start eine möglichst hohe Tragkraft zu erhalten, wird an eine Aufheizung des Füllgases gedacht. Damit wird erreicht, daß z. B. ein zu 95 % gefülltes Schiff vor dem Start durch Erwärmung des Füllgases um etwa 10°C auf 98%, die für den Aufstieg ausreichen, gebracht wird. Der Auftriebsrückgang durch Abkühlung nach Aufnahme der Fahrt soll durch den Betriebsstoffverbrauch ausgeglichen werden. Um mit den Schwierigkeiten der vertikalen Steuerung, des zeit- und kostenaufwendigen sowie komplizierten Start- und Landemanövers auf eine ökonomische Art und Weise fertig zu werden, ist eine völlig neue Ballasttechnologie und eine Technologie zur Erwärmung und Abkühlung des Füllgases sowie eine Kombination beider Verfahren zu entwickeln. Einer solchen Technologie, mittels der Helium erwärmt und abgekühlt, verdichtet und entspannt werden kann, stehen auch, in Anbetracht der großen Mengen an Luft, die durch die Erwärmung des Gases in den Traggaszellen verdrängt werden müssen, theoretisch wie praktisch noch enorme Schwierigkeiten gegenüber.

Neben den im Betriebssystem bestehenden Schwierigkeiten ist die Diffusion eine weitere Achillesferse der Luftschiffahrt. Bekanntlich haben Gase die unangenehme Eigenschaft zu diffundieren. Also tritt auch bei geschlossenen Gaszellen ununterbrochen ein Gasverlust ein, der die Betriebskosten belastet, auch dann, wenn das Luftschiff nicht in Betrieb ist. Diese Diffusion des Gases aus den Traggaszellen war für die gesamte bisherige Luftschiffahrt

eine ernste Belastung. So resultierten auch die begrenzten Fahrzeiten vor allem aus der Diffusion. Die Tragkraft des Luftschiffes nahm durch Diffusion des Gases schneller ab als der Masseverlust, der als Folge von Ballast- und Kraftstoffverbrauch eintrat. Da die Diffusionsgeschwindigkeit unter anderem von der Art und Stärke des verwendeten Zellenwandmaterials abhängt, werden sich die Konstrukteure künftiger Luftschiffe auch mit der Entwicklung neuer Materialien für die Traggaszellen beschäftigen müssen, für die durch die Herstellung und den Einsatz von Forschungsballons Vorarbeiten geleistet wurden.

Der Einsatz moderner Luftschiffe mit Helium als Traggas bedingt gegenüber Wasserstoff noch weitere Umstellungen in der Konstruktion und Betriebstechnik. Helium bringt zwar den unschätzbaren Vorteil der Brandsicherheit, aber auch den Nachteil des um 8 % geringeren Auftriebs gegenüber Wasserstoff ( $1,20 \text{ kg/m}^3$  Wasserstoff;  $1,115 \text{ kg/m}^3$  Helium). Das erfordert unter anderem Einsparungen am Leergewicht und der Betriebszuladung, damit der Verlust nicht zu einer Verminderung der Nutzlast führt. Deshalb wird eine weitere Aufgabe des künftigen Luftschiffbaues darin bestehen müssen, alle Möglichkeiten auszuschöpfen, um die mit Verwendung des Heliums entstehende Auftriebsminderung wieder auszugleichen. Die größten Einsparungen am Leergewicht werden beim

#### *Leistungsvergleich von Luftfahrzeugen mit gleicher Tragkraft und gleichem Kostenaufwand*

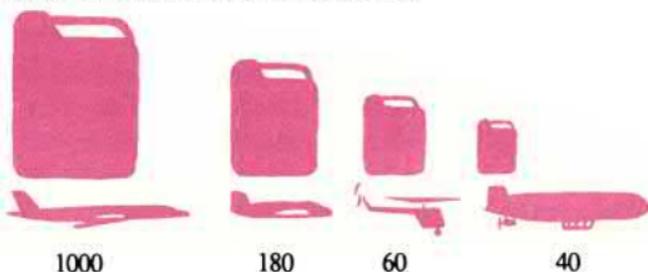


tragenden Gerippe, bei der Hülle und bei den Traggaszellen zu erzielen sein. Durch die moderne Leichtbautechnik wird eine solche Einsparung durchaus möglich sein, damit wird aber auch gleichzeitig wieder die Frage nach einer ausreichenden Stabilität des Luftschiffes gestellt. Die relativ geringe Stabilität der Konstruktion war sowohl in den Anfangsjahren des Luftschiffbaues als auch später noch die Ursache vieler Luftschiffkatastrophen.

Diese Aufzählung der auch heute noch bestehenden Unzulänglichkeiten der Betriebstechnik, des Betriebssystems und der Konstruktion könnte fortgesetzt werden, aber schon aus den wenigen und nur grob skizzierten Beispielen wird deutlich, welche Schwierigkeiten durch wissenschaftlich-technische Arbeit überwunden werden müssen, bevor mit dem Bau moderner und leistungsfähiger Luftschiffe begonnen werden kann.

Letzten Endes müssen auch Betrachtungen der Wirtschaftlichkeit angestellt werden, Vergleiche zwischen den Anlagen-, Betriebs- und Wartungskosten z. B. eines Flugzeuges oder Hubschraubers mit denen eines Luftschiffes einschließlich der möglichen Beförderungsleistungen. Nach Untersuchungen des Pariser »Institut du Transport Aérien« aus dem Jahre 1963 sollen die Transportkosten je tausend Kilometer bei gleicher Auslastung für das Flugzeug 1 Einheit, für den Hubschrauber 5 Einheiten und für das Luftschiff 0,3 Einheiten betragen. Von der »Hochschule für Zivilluftfahrt« in Leningrad wurde errechnet, daß die Güterbeförderung mit Luftschiffen um das 3fache billiger ist als mit Flugzeugen und um das 10- bis 12fache als mit Hubschraubern. Die hier abgebildeten Vergleiche

*Relativer Kraftstoffverbrauch von Luftfahrzeugen bei gleicher Schubkraft und gleicher Flugdauer*



der Leistung und des Kraftstoffverbrauchs gehen ebenfalls auf diese Quelle zurück. Diese und noch andere Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen werden erschwert, da neue Erfahrungswerte auf der Basis ausgereifter Projektunterlagen und neu in Betrieb gegangener Versuchsluftschiffe nicht vorliegen. Deshalb haben auch alle Darstellungen dieser Art, die das Luftschiff als sehr wirtschaftlich erscheinen lassen, nur eine begrenzte Aussagekraft.

Eine moderne Luftschiffahrt erfordert unbedingt das unbrennbare Helium als Traggas. Hier hat die Natur vorerst eine Grenze gesetzt, denn das »Sonnengas« ist in der Erdmaterie sehr selten. Es kommt in der Luft, in Erdgasen und Mineralquellgasen sowie in Uran- und Thoriummineralien vor. Ergiebige heliumreiche Gasquellen sind nur in Nordamerika (Kansas, Oklahoma, Texas) bekannt. Der Heliumgehalt beträgt dort maximal 7 Vol. %. In Kanada (Ontario, Alberta) entspringen einige Erdgasquellen, die etwa 0,3 % Helium enthalten. In Europa wird Helium in der UdSSR (0,06 bis 0,1 %), in der VR Polen und auch in der DDR (0,06 bis 0,3 %) aus relativ heliumarmen Erdgasquellen gewonnen. Das technisch aus Erdgas oder Luft (0,0005 %) hergestellte Helium wird insbesondere in der Industrie in vielfältiger Weise genutzt und steht deshalb zur Füllung von Forschungsballons und Kleinluftschiffen nur in sehr begrenztem Umfang zur Verfügung. Selbst wenn man ein ebenfalls unbrennbares Gemisch von 26 % Wasserstoff und 74 % Helium zum Einsatz bringen würde, reichen die zur Zeit hergestellten Heliummengen nicht aus, um eine Luftschiffahrt im erforderlichen Umfang zu betreiben. Die Frage, wie und wann dieser für die Luftschiffahrt nachteilige Umstand einmal verändert werden kann, ist heute noch nicht schlüssig zu beantworten. Die einzige Möglichkeit einer großtechnischen und wahrscheinlich auch wirtschaftlichen Heliumgewinnung wird in der Energiegewinnung durch gesteuerte Kernfusion (Kernverschmelzung) gesehen, wo Helium als Nebenprodukt anfällt. Die technische Realisierung stößt zur Zeit noch auf außerordentlich große Schwierigkeiten, so daß kaum vor dem Jahre 2000 mit einer zufriedenstellenden wirtschaftlichen Lösung dieser Frage gerechnet werden kann.

Mit dem Einsatz von modernen Luftschiffen sind aber

noch weitere Schwierigkeiten und Aufgaben verbunden, die hier ebenfalls nur kurz angedeutet werden können. Die Luftschiffahrt von morgen kann nur als gesellschaftliches Transport- und Produktionsinstrument in größerem Maße betrieben werden. Es wären umfassende und umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig, die sich nicht nur auf die Luftschiffkonstruktion allein beziehen, sondern alle Bereiche von Wissenschaft, Technik und Wirtschaft berühren würden. Es müßte eine sinnvolle Koordinierung mit allen anderen Verkehrsträgern erfolgen. Für alle erforderlichen Hilfs- und Nebenanlagen sowie Hilfsdienste, insbesondere im Bereich der Infrastruktur, wären ebenfalls umfangreiche Vorarbeiten zu leisten, so für spezielle Bodenorganisationen, Start- und Landekomplexe bis hin zu den erforderlichen Reparaturwerften. Entsprechende Forschungsinstitute, Entwicklungs- und Projektierungsbüros sowie Herstellerbetriebe müßten geschaffen und Material sowie Ausrüstungen durch die Industrie bereitgestellt werden. Versuchsluftschiffe wären zu bauen und im praktischen Betrieb längere Zeit zu erproben, das gleiche gilt für alle Hilfs- und Nebenanlagen und Hilfsdienste. Die künftigen Besatzungen müßten ausgebildet werden usw. Es wären material-, kosten- und arbeitskraftintensive Investitionen vorzubereiten und zu realisieren, in einem Umfang, von dem sich der Laie nur schwer eine Vorstellung machen kann, desgleichen würden Subventionen in hohem Maße erforderlich sein. Schließlich hat die Entwicklung des Flugzeuges bis zu seiner heutigen Reife sowie der Aufbau der Luftfahrteinrichtungen in den vergangenen Jahrzehnten den Einsatz gewaltiger finanzieller und materieller Mittel notwendig gemacht. Nicht anders würde es bei einer Renaissance des Großluftschiffes sein.

Wenn volkswirtschaftliche Notwendigkeiten und gesellschaftliche Bedürfnisse für eine Luftschiffahrt mit Großluftschiffen sprechen, dann wird man auch dem Großluftschiff einen Platz im Verkehrs- und Transportsystem geben; möglicherweise als eine Kombination von Luftschiff und Flugzeug, so daß es dann den späteren Betrachtern schwerfallen wird, auf die Frage zu antworten: »Leichter oder schwerer als Luft?«

---

# Zeittafel

---

- 1300 Theoretische Anwendung des Archimedischen Prinzips auf die Luft und die in ihr schwebenden Körper durch Albert von Sachsen
- 1644 Nachweis des Luftdrucks durch Torricelli
- 1670 Lana de Terzi entwirft ein Vakuum-Luftschiff
- 1709 Heißluft-Ballonversuche von Lourenco de Gusmão
- 1731 Vermutlicher Aufstieg Krjakutnins (Heißluftballon)
- 1783 (5. Juni) Erster Ballonaufstieg mit Heißluft ohne Nutzlast in Annonay durch die Brüder Montgolfier
- 1783 (27. August) Erster Ballonaufstieg mit Wasserstoff ohne Nutzlast in Paris durch Charles und Robert
- 1783 (19. September) Heißluftballonaufstieg mit drei Tieren als Besatzung in Versailles (Ente, Hahn, Hammel)
- 1783 (21. November) Erster Flug des Menschen: Rozier und d'Arlandes in La Muette/Paris (Heißluftballon)
- 1783 (1. Dezember) Zweiter Flug des Menschen: Charles und Robert in Paris (Wasserstoffballon), 2 700 m Höhe
- 1783 Ballonexperimente durch Goethe in Weimar
- 1784 (4. Juni) Madame Thible nimmt an einer Luftfahrt teil
- 1784 Rozier und Proust erreichen 4 000 m Höhe (Heißluft)
- 1784 Roberts und Hullins Ballonfahrt über eine Strecke von 186 km
- 1785 (7. Januar) Kanalüberquerung (Blanchard, Jeffries)
- 1785 Erste Todesopfer der Luftfahrt (15. Juni): Rozier und Romain stürzen über dem Kanal ab
- 1794 Erste militärische Anwendung (Fesselballon) durch die französische Revolutionsarmee bei Charleroi
- 1803 Garnerin bewältigt 300 km (Moskau-Poltawa)

- 1803 Robert und Lhoest erreichen 7 000 m Höhe (Hamburg)
- 1804 Schallversuche durch Sacharow vom Ballon aus
- 1806 Russische Seeleute setzen erstmals Pilotballons ein
- 1808 Ballon mit Schlagflügel-Fortbewegung (Degen)
- 1812 Leppigs Entwurf für einen lenkbaren Ballon (Moskau)
- 1812 Iwanin entwickelt Ballon-Stabilisierungsflächen
- 1836 Green, Holland, Mason legen im Ballon 722 km zurück
- 1839 Green und Spencer erreichen im Ballon 7 900 m Höhe
- 1849 Arban überquert im Freiballon die Alpen
- 1852 Erstes Luftschiff mit Dampfmaschinenantrieb
- 1858 Nadir führt die Ballon-Luftfotografie ein
- 1859 Wise und Begleiter fahren im Ballon 1 292 km weit
- 1862 Coxwell und Glaisher erreichen eine Höhe von 9 000 m
- 1870 und 1871 Verwendung des Ballons im belagerten Paris (Nachrichten- und Personentransport); Pariser Kommune benutzt kleine Ballons zur Verbreitung von Proklamationen
- 1872 Muskelkraftgetriebenes Luftschiff von Lome
- 1872 Haenleins Luftschiff mit Gasmotor und Luftschaube
- 1878 Während der Pariser Weltausstellung steigen insgesamt 35 000 Fluggäste in 600 m Höhe auf
- 1883 und 1884 Erste Luftschiffe mit Elektroantrieb (Renard, Krebs, Brüder Tissandier)
- 1890 und 1892 Einsatz von Registriergeräten (Ballonsonden) durch Kremser, Hermite und Besançon
- 1875 Mendelejew entwirft Stratosphärenballon mit druckfester Gondel
- 1887 Ziolkowski entwirft Starrluftschiff mit tragender Metallhülle und führt Windkanalversuche durch
- 1890 Kostowitsch entwirft Starrluftschiff mit Traggerüst aus Sperrholz in extrem leichter Bauweise
- 1894 Berson erreicht mit Ballon 9 155 m Höhe
- 1897 Andree und Begleiter am Nordpol (Ballon)
- 1897 Aufstieg des Ganzmetall-Luftschiffes von Schwarz
- 1898 Drachenballon von Parseval und von Sigsfeld
- 1900 Erster Aufstieg des Luftschiffes »Zeppelin 1« (LZ 1)
- 1901 Berson und Süring erreichen im Ballon 10 800 m;

- erster Druckkammertest der Piloten vor dem Start
- 1901 Assmann und de Bort entdecken durch Ballonsonden neue Schichten der Atmosphäre (Stratosphäre, Tropopause); der Naturkautschuk-Ballon wird eingeführt
- 1901 Hergesell entwickelt die Radiosonde
- 1901 Umrundung des Eiffelturms mit Rückkehr zum Startplatz St. Cloud in 30 Minuten durch Santos-Dumont: Das Luftschiff ist lenkbar geworden
- 1905 Registrier-Fesselballonaufstiege bis 9 200 m Höhe in Lindenberg/Beeskow
- 1906 Erste Gordon-Bennett-Freiballonwettfahrt
- 1906 Schwabenfahrt des LZ 3; 350 km in 8 Stunden
- 1910 bis 1914 LZ 10 »Schwaben« führt 1 600 Fahrten (insgesamt 150 000 km) mit 37 000 Personen in 3 200 Fahrtstunden durch
- 1913 Veeh baut sein »Stahlschiff« (starr/unstarr komb.)
- 1914 Berliner, Haase und Nikolai legen im Freiballon 3 052 km zurück (Bitterfeld – Perm/Ural)
- 1915 Der Goodyear-Konzern in den USA beginnt mit dem Bau von Reklame- und Rundfahrt-Prallluftschiffen, sogenannten »Blimps«
- 1917 Lenins Dekret über den Luftschiffbau und die Bildung von Luftfahrer-Einheiten
- 1919 Erste Ozeanüberquerung in beiden Richtungen durch das Luftschiff R 34 (England-USA-England); der Ankermast wird in England entwickelt
- 1919 Eröffnung Luftverkehr Friedrichshafen – Berlin durch das LZ 120 »Bodensee«; 533 Fahrten über 52 000 km
- 1921 Erster Aufstieg des sowjetischen Luftschiffs »Krasnaja Swesda«
- 1924 Amerikafahrt des LZ 126 (in den USA als ZR III »Los Angeles«); 7 830 km, 100 km/h
- 1924 In der UdSSR werden die ersten Unionswettfahrten im Ballonsport ausgetragen
- 1924 Erster Start des Luftschiffs »Moskowski-Chimik-Resintschik«
- 1926 Luftschiff »Schestoi Oktjabr« wird gebaut
- 1926 Amundsen fliegt mit dem Luftschiff Nobile-1 »Norge« von Spitzbergen über den Nordpol nach Alaska

- 1927 Gray steigt in offener Gondel 12 800 m hoch
- 1928 Luftschiff Nobile-4 »Italia« erreicht den Nordpol und strandet auf der Rückfahrt. Überlebende werden durch den Eisbrecher Krassin gerettet
- 1929 Das Luftschiff R-100 fährt von England nach Kanada
- 1929 Weltumrundung des LZ 127 »Graf Zeppelin« vom 8. bis 29. August. Erfolgreichstes Verkehrsluftschiff: insgesamt 590 Fahrten über 1 690 000 km, darunter 144 Süd- und Nordatlantiküberquerungen
- 1930 Erste Radiosonde durch Moltchanow gestartet
- 1931 Piccard und Kipfer in einer Druckkabine mit »FNSR« 15 781 m Höhe in 28 Minuten
- 1931 Ballonsonde erreicht 32 600 m Höhe
- 1932 Piccard und Cosyns steigen im Ballon bis 16 940 m
- 1932 Das Pralluftschiff W-3, die neue »Krasnaja Swesda« fährt im Agitationsgeschwader »Maxim Gorki«
- 1932 Fernfahrten des halbstarren Prall-Luftschiffs UK-1 von Moskau nach Sewastopol
- 1933 Der Ballon UdSSR-1 mit Prokofjew, Godunow und Birnbaum erreicht in 60 Minuten 18 500 m Höhe; Settle und Fordney erreichen 18 655 m Höhe
- 1934 Fedossenko, Wassenko und Usyskin steigen mit Stratosphärenballon »Ossowiachim-1« 22 000 m hoch; Anderson und Stevens mit »Explorer-2« auf 22 066 m
- 1935 Sykow und Tropin stellen mit 91 Stunden 15 Minuten Weltrekord im Ballondauerflug ein
- 1935 Romanow erreicht im Ballon mit offener Gondel eine Höhe von 9 800 m; Stevens und Anderson mit Druckkugel 22 612 m
- 1937 Das halbstarre Luftschiff UdSSR W-6 stellt mit 130 Stunden 27 Minuten neuen Dauerfahrtweltrekord auf
- 1937 Brandkatastrophe des LZ 129 »Hindenburg« am 6. Mai in Lakehurst/USA
- 1947 Forschungsballons aus extrem dünnen Kunststoff-Filmen (Skyhook-Ballons); es entsteht die Ballon-astronomie (z. B. Untersuchungen im Infrarot-, Ultraviolett-Spektralbereich, Röntgen- und Gammastrahlung, Ballonteleskope)
- 1950 Sinowjew, Gaigerow und Kirpitschew legen im Freiballon WR-79 3160 km in 84 Stunden zurück

- 1954 Ballon-(Cassegrain-)Teleskop erreicht 7 000 m (Dollfus)
- 1956 und 1957 Blackwell, Dewhirst und Dollfus fertigen in 6 000 m Höhe mit Ballonteleoskop Fotos von Sonnengranulation an
- 1956 Start des bemannten Astronomie-Observatoriums »Stratolab«; 1957 bis 1961 Experimente in 25 bis 35 km Höhe
- 1957 Unbemannter meteorologischer Ballon erreicht 42 km Höhe
- 1957 Luftschiff ZPG-2 »Snowbird« ist 11 Tage in der Luft und legt im Nonstop-Flug 12 600 km zurück
- 1957 Simons steigt mit einem Ballon (Polyäthylenhaut: 4/100 mm) auf 30 937 m
- 1959 Dollfus fertigt mit Ballonteleoskop in 14 km Höhe Aufnahmen von Venus und Mars an; sein »Ballongespann« besteht aus 104 Ballons mit einer Gesamtlänge von 450 m
- 1959 Ross und Moore untersuchen in 24 320 m Höhe Infrarotstrahlung der Sonne und Strahlungsreflexion der Venus
- 1960 Erste Projekte von Starrluftschiffen mit Kernenergieantrieb
- 1961 Kittinger in 31,4 km Höhe mit einem Stratosphärenballon; Absprung mit dem Fallschirm (26 km freier Fall in 4 Minuten 38 Sekunden)
- 1961 Ross und Prather erreichen im Ballon »Strato-Lab-5« 34 668 m Höhe
- 1967 Dauerrekord eines Forschungsballons: in 11,8 km Höhe in sechs Monaten 17mal um die Erde
- 1968 Projekt des Delphinluftschiffes mit Wellpropeller-Antrieb (Schmidt und Queck/DDR)
- 1968 Größter Forschungsballon der Welt steigt mit 150 kg Nutzlast bis auf 50 km Höhe (Volumen 812 000 m<sup>3</sup>, 123 m Durchmesser)
- 1973 Stratosphärenballon mit 8 Tonnen schwerem Gerätesatz (Teleskop) zur Erforschung von Sonneneruptionen steigt in der UdSSR auf 20,5 km Höhe



»akzent« – die Taschenbuchreihe  
mit vielseitiger Thematik:  
Mensch und Gesellschaft,  
Leben und Umwelt, Naturwissenschaft  
und Technik. – Lebendiges Wissen  
für jedermann, anregend und aktuell,  
konkret und bildhaft.

---

**Weitere Bände:**

Becher, Ist das Eigentum ewig?

Kehnscherper,

Auf der Suche nach Atlantis

Krumbiegel, Tiere und Pflanzen der Vorzeit

Windelband, Woher der Mensch kam

Keki, 5000 Jahre Schrift

Günther, Gebaute Umwelt

Lindner, Der Sternhimmel

Mohrig, Wieviel Menschen trägt die Erde?