Über Fesselballone und kleine Lenkballone

Von Dr.-Ing. W. KAMM, Berlin-Adlershof

Nach Beschreibung des Parseval-Siegsfeld-Drachenballons und des Caquot-Ballons und ihrer Leistungen werden die Richtlinien erörtert, nach denen ein Fesselballon zu bauen ist, der den gesteigerten Anforderungen hinsichtlich gleichmäßig guter Steighöhe bei allen Wetterlagen, ruhigen Standes, Betriebsicherheit und hoher Einholgeschwindigkeit entspricht. Der diese Aufgaben erfüllende K-Ballon eignet sich auch als Kleinluftschiff.

Vor Schaffung der Flugzeuge und Luftschiffe war die Beobachtung aus der Luft ganz auf den Ballon angewiesen. Man hatte sich lange Jahre mit dem Kugelballon als Fesselballon in sehr unvollkommener Weise beholfen, und es blieb den Arbeiten von *Parseval* und *Siegsfeld* in den 90er Jahren des neunzehnten Jahrhunderts vorbehalten, einen wirklich brauchbaren Fesselballon, den Drachenballon, zu schaffen, der hinsichtlich Steighöhe, Wetterfestigkeit und Ruhe der Beobachtung so sehr befriedigte, daß er lange Jahre fast ausschließlich im Gebrauch war.

Bei seiner Entwicklung, die entsprechend dem damaligen Stande der Luftfahrtwissenschaft erheblichen Schwierigkeiten begegnete, wurde zunächst auf der Beobachtung aufgebaut, daß der Kugelballon im Wind in starken Schwankungen zur Erde niedergedrückt wurde, und daß die am Drachen auftretende Hubkraft des Windes ein geeignetes Mittel zur Erzielung hinreichender Hochlage eines Ballons auch im Wind sein müsse.

Zur Schaffung eines Ballonkörpers, der Drachenwirkungen erzielen konnte, ging man von der Kugel zu langgestreckter Form über und wählte zwecks einfacher Herstellung und Prallhaltung einen Zylinder mit Halbkugelenden.

In umfangreichen Versuchen gelang es, durch Steuervorrichtungen diesen Körper im Wind seitenstabil und im Zusammenwirken mit der Lastverteilung durch Korb und Fesselseil auch längsstabil zu machen. Es entstand der mit großem Steuersack und Schwanztuten versehene Ballon, Abb. 1. Um die durch den Schwanz verursachte Auftriebverminderung teilweise auszugleichen, versah man den Ballon mit Segeln, die die Längsstabilisierung unterstützten.

Wenige Jahre vor dem Krieg schien die Feldluftschifferwaffe, die sich des Fesselballons bediente, durch Luftschiff und Flugzeug vollkommen überholt zu sein. Ihr versuchsmäßiger Einsatz mit dem noch vorhandenen Gerät im ersten Kriegsjahr ließ ihre Vorteile für die artilleristische und taktische Beobachtung, die durch den festen Standort, die Entlastung des Beobachters von Kampfhandlungen und die feste Fernsprechverbindung zur Erde bedingt waren, in Erscheinung treten. So konnte der Parseval-Siegsfeld-Ballon noch geraume Zeit wertvolle Dienste leisten.

Doch steigerten sich die Anforderungen an Steighöhe rasch derart, daß mit Drachenballonen nur bei einer die Bedienung erschwerenden starken Vergrößerung auszukommen gewesen wäre.

Es entstand der englische *Caquot*-Ballon, Abb. 2, der bei eirunder Form mit günstigerem Verhältnis von Inhalt zu Oberfläche mit drei Steuersäcken für Seiten- und Längsstabilisierung und unter Weglassung des Schwanzes, also bei kleinerem Luftwiderstand, jedoch bei Verzicht auf einen Teil der Drachenwirkung, größere Steighöhen erreichte. Er war auf Grund englischer, vom Drachenballon ausgehender Versuche im Windkanal entstanden[1]). Seine Stabilisierung zeigte aber Mängel, die sich in gewissen Betriebsfällen gefährlich auswirkten.

Diese Mängel auszuschalten und den inzwischen weiter gesteigerten Anforderungen, namentlich in bezug auf

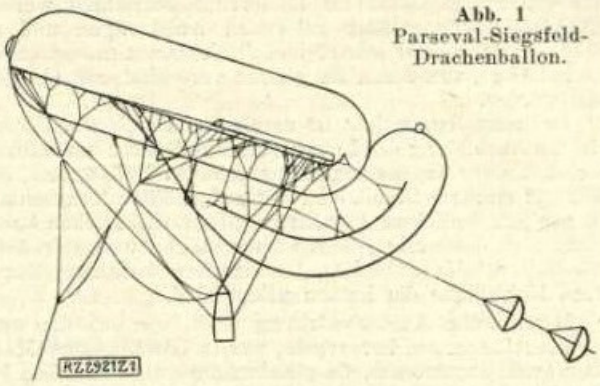


Abb. 1
Parseval-Siegsfeld-Drachenballon.

Zu Abb. 1
Zylinderform mit Halbkugelenden. Großer Steuersack und Schwanz zur Stabilisierung. Segel zur Erhöhung des Auftriebs und Unterstützung der Längsstabilisierung. Schräglage zur Erzielung von Drachenwirkung im Wind.

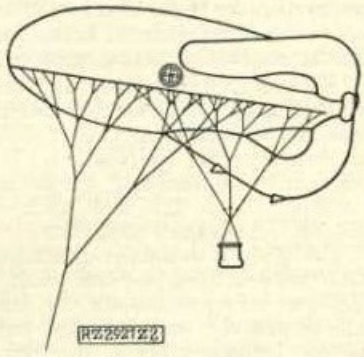


Abb. 2
Caquot-Ballon.
Eirunde Form. Drei Steuersäcke für Seiten- und Längsstabilisierung. Mäßige Schräglage.

große Einholgeschwindigkeit, Rechnung zu tragen, war die Aufgabe, die durch die Entwicklung des *K*-Ballons, Abb. 3, gelöst wurde[2]). Es konnte dabei unter Ausnutzung der dem damaligen Stand der Technik zur Verfügung stehenden Erkenntnisse und Versuchsmittel eine allgemeine Klarstellung der vorliegenden, nicht ganz einfachen Betriebsbedingungen vorgenommen werden, die eine gewisse allgemeine Beachtung beansprucht. Sie führte zur Feststellung der Konstruktionsgrundlagen für Fesselballone[3]).

Die zu lösende Aufgabe gliederte sich in folgende Teile:

1. Erreichung großer und bei allen Wetterlagen gleichmäßiger Steighöhe;
2. Verwirklichung des für die Beobachtung unerläßlichen ruhigen Standes, namentlich in bezug auf Seitenbewegungen;
3. Betriebsicherheit;
4. Hohe Einholgeschwindigkeit.

Für die Steighöhe von Fesselballonen wurde die Beziehung gefunden:

$$h = \frac{1}{q}\sqrt{(A_{st} + A_d)^2 + \left(W + \frac{w}{2}\right)^2} - \left(W + \frac{w}{2}\right)$$

worin

h die Ballonsteighöhe,
q das Gewicht der Längseinheit des Fesselseils,
A_{st} die statische Auftriebkraft des Ballons,
A_d die dynamische Auftriebkraft des Ballons (Drachenwirkung),
W den Luftwiderstand des Ballons,
w den Luftwiderstand des Fesselseils,

darstellen.

Aus dieser Beziehung ergibt sich zunächst, daß die Auftriebkräfte des Ballons groß, die Widerstandkräfte an Ballon und Fesselseil und das Gewicht des Seils klein gehalten werden müssen. Große statische Auftriebkraft und Kleinhaltung der Kräfte, die die Abtrift des Ballons in der Windrichtung bedingen, sind zu erreichen durch eine Ballonform mit gutem Verhältnis zwischen Inhalt und Oberfläche bei möglichster Ersparnis an Baugewicht und mit günstigen Luftwiderstand-Verhältnissen. Als gute Form kann auf Grund der Untersuchungen ein im Querschnitt im

[1]) Technical Reports des Advisory Comitee for Aeronautics, Jahrgg. 1915/16 und 1916/17.

[2]) Gebaut von August Riedinger, Ballonfabrik A.-G., Augsburg.

[3]) *W. Kamm*, „Betriebsverhältnisse und Konstruktionsgrundlagen der Fesselballone". Sonderdruck der Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg.

wesentlichen kreisrunder Körper mit ziemlich dickem Kopf und schlank auslaufendem Hinterende bezeichnet werden mit besonders sorgfältig geformten wulstartigen und an ihren Hinterrändern scharf und flächenartig auslaufenden Steuersäcken, von denen die oberen vorteilhaft mit Gas gefüllt werden.

Geringes Baugewicht ist erreichbar durch statisch bestimmte Ausbildung des Leinenwerks und durch vorteilhafte Gestaltung des das Leinenwerk tragenden Ballongurts, der statt aus starkem Segelleinen mit aufgenähten Tragschlaufen aus gewöhnlichem doppelten Ballonstoff bestehen kann, worin sich ösenartige, durch Umschlagen und Vernähen des Ballonstoffs gebildete Lochtaschen befinden, durch deren Hohlsäume die Leinen gelegt sind.

Dynamische Auftriebwirkung wird, wie aus den späteren Ausführungen hervorgeht, nur in beschränktem Maße mit Vorteil angewendet, da gleichmäßig gute Steighöhe bei allen Windstärken gegenüber erhöhter Steighöhe in starkem und geringerer Höhe in schwachem Wind vorzuziehen ist, und da zur Ermöglichung hoher Einholgeschwindigkeit der Ballonanstellwinkel mäßig groß gehalten werden soll.

Kleiner Luftwiderstand und vor allem kleines Gewicht des Fesselseils ist erreichbar durch Kleinhaltung aller am Fesselseil auftretenden Kräfte, also, von den Auftriebkräften abgesehen, der Luftkräfte im Wind und beim Einholen, und durch Ausschaltung vorübergehender Hochbeanspruchungen. Dieses läßt sich nach den im folgenden angedeuteten Grundsätzen erreichen.

Bei allen Wetterlagen gleichmäßige Steighöhe wird dadurch erreicht, daß bei der oben geschilderten Kleinhaltung der Stirnwiderstände der dynamische Auftrieb des Ballons, also der Anstellwinkel, nur so groß gewählt wird, daß die Drachenwirkung nur wenig stärker ist als die durch die Abtrift im Wind bedingte Verminderung der Steighöhe und Vorsorge getroffen wird, daß dieser Anstellwinkel bei allen Windstärken gleich bleibt. Letzteres wird dadurch erreicht, daß die Längsstabilisierung des Ballons nicht durch die Art der Fesselung, sondern nur durch die Luftkräfte herbeigeführt wird, und die je nach der Windstärke veränderten Fesselseilkräfte in ihrer Momentenwirkung auf den Ballon so ausgeglichen werden, daß die Momente der Fesselkräfte, des Korb- und Ballongewichts gleich groß bleiben. Dazu ist das Leinenwerk in seiner Gesamtheit durch Lagerung auf Rollen oder leicht gleitenden Kauschen beweglich zu machen und die Lage des Gurts so zu bestimmen, daß die Angriffspunkte der Kräfte aus Korbgewicht und Seilzug sich am Ballon nur wenig und so verschieben, daß mit der Änderung der Kräfte stets die richtige Änderung der Hebelarme verbunden ist. Einer Veränderung der statischen Momente aus Korb- und Fesselseilkräften durch höhere Korbbelastung oder durch verkleinerte Gasfüllung kann durch besondere, selbsttätig wirkende Seilzüge vorgebeugt werden. Die Befestigung des Fesselseils am Ballon mittels einer vor- und rückwärts wandernden Rolle war auch schon beim Drachenballon mit günstiger Wirkung angewendet.

Um den für die Beobachtung unerläßlichen ruhigen Stand des Ballons, namentlich in bezug auf die Seitenbewegungen, zu erreichen, müssen drei Bedingungen erfüllt werden:

1. Der Ballon muß je einen einzigen Seiten- und Höhenanstellwinkel aufweisen, bei dem er stabil ist. Wenn deren mehrere vorhanden sind, wie es beim *Caquot*-Ballon der Fall ist, neigt der Ballon dazu, bei kleinen Lagestörungen im Wind dauernd zwischen diesen verschiedenen Winkeln zu wechseln.

2. Der Anstellwinkel, bei dem der Ballon stabil ist, muß sich für die Höhenanstellung mit dem für die richtige Drachenwirkung günstigen Winkel decken, für die Seitenanstellung muß er nahe bei 0° liegen, damit keine zu große seitliche Versetzung des Ballons über der Ballonwinde entsteht.

3. In bezug auf Schwingungen muß der Ballon möglichst kleines Trägheitsmoment und möglichst große Dämpfung haben, damit er nach Störungen annähernd aperiodisch in seine stabile Seitenlage zurückgeht. In diesem Falle kommt keine eigentliche Schwingung des Ballons zustande, sondern er nähert sich nach Störungen

Abb. 3
K-Ballon.

Dicke Form mit schlank auslaufendem Hinterende. Drei wulstartige, an den Hinterrändern scharf und flächenartig auflaufende Steuersäcke, die oberen gasgefüllt. Geringe Schräglage. Frei bewegliche Einstellung um die Querachse.

der durch seinen stabilen Seitenwinkel gekennzeichneten Mittellage, ohne durch diese hindurchzugehen, und kommt damit sofort zu Ruhe.

Die erste Bedingung kann nach den vorgenommenen Versuchen durch die nach hinten flächenartig und scharf auslaufende Form der Steuersäcke und nicht zu stumpfe Ausbildung des Ballonendes erfüllt werden, weil dadurch ein geregeltes Abströmen der Luft vom Ballon erreicht wird, ohne daß Unstetigkeiten und Wechsel im Strömungsverlauf eintreten.

Die zweite Bedingung läßt sich bei gut geformten Steuersäcken mit praktisch brauchbaren Abmessungen nach den vorgenommenen Modellversuchen so weitgehend erfüllen, daß der Höhenanstellwinkel, bei dem der Ballon stabil ist, 15° bis 20° und der stabile Seitenwinkel 12° bis 15° beträgt.

Der dritten Bedingung entspricht die auch für den statischen Auftrieb und geringen Widerstand als günstig erkannte Ballonform mit möglichst kugeligem Kopf und spitz zulaufendem Heck und Gasfüllung der obenliegenden Steuersäcke, wobei schwere Bauteile und namentlich das Korbgewicht möglichst nahe an die nicht weit hinter dem Fesselseil liegende Trägheitsachse zu verlegen sind. Die erforderliche Dämpfung wird mit Steuersäcken, die Stabilität bei etwa 15° Seitenwinkel bewirken, hinreichend erzielt.

Die Forderungen nach Betriebsicherheit gehen, von der selbstverständlichen üblichen Sicherheit der Bauglieder abgesehen, dahin, daß bei starkem Wind keine unverhältnismäßige Zunahme der Beanspruchungen und keine Unstetigkeiten in der Einstellung des Ballons eintreten.

Durch die Eigenart seiner Fesselung mit durchweg festen Knotenpunkten verlegte sich bei dem *Caquot*-Ballon der Angriffspunkt der Fesselseilkraft in starkem Wind, bei unverhältnismäßig hoher Beanspruchung eines Teils der Leinen, am Ballon nach hinten, so daß zunehmende Steilstellung und Verschlechterung des Seiteneinstellwinkels bis zu völligem Querstellen eintrat, was in vielen Fällen zum Abreißen des Ballons oder zu sonstigen gefährlichen Vorkommnissen führte. Durch die erwähnte Unabhängigkeit der Winkelanstellung des Ballons von der Windstärke wird beim *K*-Ballon eine zusätzliche Erhöhung der Seilzüge infolge der Vergrößerung der Luftwiderstandsfläche oder Querlage des Ballons vermieden. Gefährliche Bewegungen sind damit auch ausgeschaltet.

Das Erreichen hoher Einholgeschwindigkeiten hat sich im praktischen Gebrauch als wesentlich für die Anwendungsmöglichkeit des Ballons ausgewirkt. Es konnte festgestellt werden, daß eine Erhöhung der bei höchstens 5 bis 6 m/s liegenden Einholgeschwindigkeiten auf 10 bis 12 m/s geeignet ist, dem größten Teil der dem Ballon

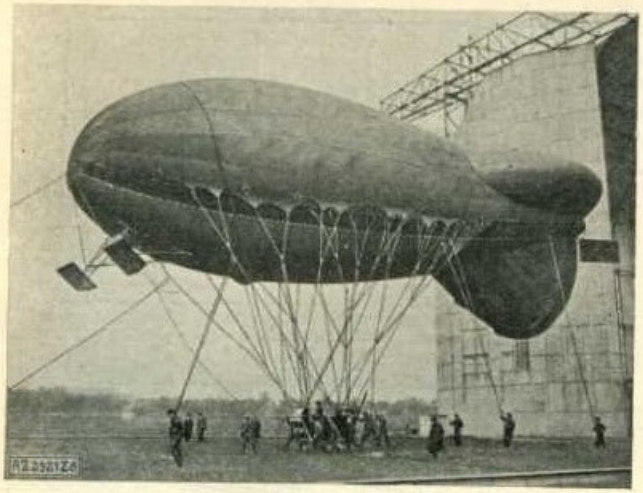


Abb. 6. Fesselballon, Bauart K, als Lenkballon.
Behelfsmäßige Anordnung von Höhen- und Seitenrudern.
Behelfsmäßig tiefe Gondellage.

drohenden Gefahren erfolgreich zu begegnen. Diese Erhöhung ist möglich durch Anwendung der oben geschilderten Maßnahmen für die Stabilisierung und durch die von der Fesselung unabhängige freie Einstellung des Ballons, womit dieser sich beim Einholen gegen die veränderte Anblasrichtung mit seinem normalen Anstellwinkel einstellt. Die dann auftretenden Beanspruchungen an Ballon und Fesselseil sind nicht höher als beim Stand des Ballons in starkem Wind.

Es war also durch die mit der Entwicklung des *K*-Ballons verknüpfte planmäßige Untersuchung der Betriebsbedingungen der Fesselballone möglich geworden, Konstruktionsrichtlinien zu finden, nach denen der Ballon den wesentlich erhöhten Ansprüchen angepaßt werden konnte.

Über das Gebiet der Fesselballone hinaus aber beanspruchen die nach den geschilderten Grundsätzen gebauten Ballone besondere Beachtung deshalb, weil es bei ihren für einen Fesselballon hochwertigen aerodynamischen Eigenschaften möglich ist, sie zu kleinen Lenkballonen von beachtlichen Leistungen zu entwickeln.

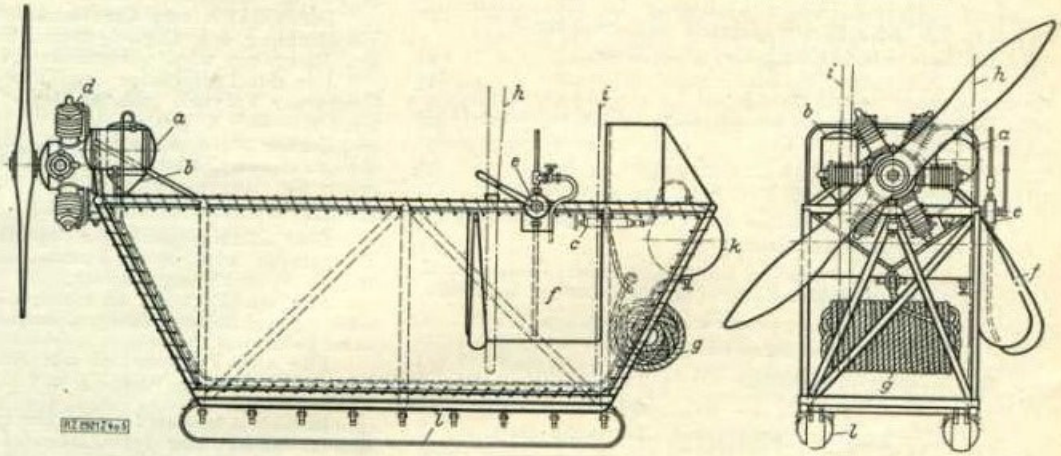
Nach einem Vorschlag von *Meybohm* und ähnlich einem in den Vereinigten Staaten von Amerika schon angewendeten Verfahren wurden Fesselballone zur Erleichterung des Standortwechsels mit einer Motorgondel versehen, die an Stelle des Ballonkorbs und des Fesselseils angehängt wird, Abb. 4 und 5, und es zeigte sich, daß der *K*-Ballon als Lenkballon, Abb. 6, Geschwindigkeiten erreichte, die ihn als Kleinluftschiff brauchbar machen.

Die bei den ersten Versuchen angewendeten baulichen Maßnahmen sind behelfsmäßiger Art und geben Raum zu vorteilhafteren und einfacheren Anordnungen. Das Ergebnis der Versuche aber ist die Tatsache, daß ein Kleinluftschiff alle praktischen Vorzüge des Fesselballons aufweisen kann, die mit der durch die Bauart begründeten einfachen, unempfindlichen und gefahrlosen Handhabung gegeben sind.

Das Kleinluftschiff hat in den letzten Monaten mehrfach die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Gute Anwendungsmöglichkeiten liegen auf mehreren Gebieten vor, so für Sport, Reklame, Überwachung von Forsten und Leitungen. Neben dem beschriebenen Ballon sind es die kleinen Lenkluftschiffe der Goodyear-Zeppelin-Corp. Pilgrim und Puritan, die, nicht zuletzt auch durch gute Flugleistungen, bekannt geworden sind[4]). Weitere derartige Ballone werden in nächster Zeit in Amerika und in Europa als Nachbauten und als Neuschöpfungen in Erscheinung treten. Sie werden zum Teil auch wertvollen Studien für die Anwendung neuer Bauweisen auf größere Luftschiffe dienen.

[B 2921]

[4]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 9 vom 27. Februar 1929.

Abb. 4 und 5 Motorgondel für Fesselballone.

a Benzinfallbehälter
b Ölbehälter
c Luftpumpe für Benzinförderung
d Motor mit Luftschraube
e Wasserpumpe für Trimmballast
f Wassersack
g Schleppseil
h Höhensteuerzüge
i Seitensteuerzüge
k Benzinbehälter
l Puffer