

Luftschiffe – Mode oder Renaissance?

Bernd Kröplin

„Die Luftschiffe fliegen wieder“, „Neue Luftschiff-Halle kurz vor Fertigstellung“, „Wiederholt sich die Gigantomanie?“ Solche Überschriften in der Presse häufen sich wieder, auch das Fernsehen zeigt Beiträge, die nicht nur über das Desaster von Lakehurst berichten, sondern beispielsweise über den „CargoLifter“, ein Riesenluftschiff, das ab 2003 schwere, großvolumige Lasten transportieren soll. Sozusagen als schwebender Kran wird es Güter bis zu 160 Tonnen nahezu an jedem Ort der Erde aufnehmen oder abladen können, ohne dabei auf eine aufwendige Infrastruktur angewiesen zu sein. Luftschiffe sind wieder im Kommen – aber ist dies nur eine technische Mode oder gibt es gute Gründe für eine Renaissance? Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die Hintergründe dieser Entwicklung.



Abb. 1
Giffard's Luftschiff
(Kupferstich,
Deutsches Museum,
München)

Geschichte

Angefangen hat die Luftschiffahrt eigentlich schon mit den ersten geglückten Flugversuchen der Menschheit, denn zu Beginn bezeichnete man alle Ballone als „Luftschiffe“. Das erste Luftschiff mit Merkmalen, die wir heute als typisch ansehen, war das Luftschiff von General J. Meusnier: er schlug 1785, nur zwei Jahre nach dem Start des Heißluftballons der Gebrüder Montgolfier, ein Luftfahrzeug mit länglicher Bauform, Luftschrauben für den Antrieb und Steuerruder vor. Es blieb allerdings beim Entwurf, gebaut wurde es aus Kostengründen nie.

Bis das erste Luftschiff wirklich aufstieg, dauerte es noch bis 1852 – es war in Paris ein Luftschiff mit Dampfmaschine von Henri Giffard (Abb. 1). Zum richtigen Durchbruch kam es aber erst 1906 mit dem Prallluftschiff von Parseval und dem Zeppelin Starrluftschiff LZ 3. Dazwischen gab es zwar viele Versuche, aber auch viele Fehlschläge, v. a. weil es noch keine leichten Motoren für den Antrieb gab. Wie so viele technische Neuerungen wurde auch das Luftschiff im ersten Weltkrieg auf deutscher und englischer Seite eingesetzt. Luftschiffe erwiesen sich zwar für kriegerische Handlungen als ungeeignet, wurden aber zum Geleitschutz und zur Fernaufklärung eingesetzt. Die Leistungen der Luftschiffe wurden in dieser Zeit erheblich gesteigert. Der Afrika-Flug des deutschen Marine-Luftschiffes L59 mit 14 t Nutzlast über 6.700 km, der Dauerflug von LZ120 über 101 h sowie der Höhenrekord von L55 mit 7.600 m sind dafür Beispiele. Auch die Sicherheit der Luftschiffe konnte stark verbessert werden. Zu Unfällen kam es v. a. bei der Handhabung am Boden.

Die Blütezeit kam Ende der 20er, Anfang der 30er Jahre, etwa mit der Weltumrundung des Zeppelin LZ 127 im Jahre 1929. An Bord waren neben der Besatzung auch Reporter und zahlende Passagiere – man war begeistert von den überwältigenden Ausblicken aus niedrigen Flughöhen. Sensationell war auch der Post- und Passagierverkehr nach Süd-

amerika: allein im Jahr 1936 gab es 30 Fahrten von Deutschland nach Brasilien und zurück. Im Durchschnitt benötigte ein Luftschiff für eine Strecke 100 Stunden, erheblich weniger als ein Dampfer.

Gerade als die Luftschiffe rentabel wurden – man plante sogar ein weltweites Luftschiffverkehrsnetz – kam das Ende. Gründe waren u. a. die Hindenburgkatastrophe, der Ausbruch des 2. Weltkrieges sowie die Fortentwicklung bei den Flugzeugen, deren Leistungsvermögen ständig gesteigert und verbessert wurde, wohingegen die Weiterentwicklung von Luftschiffen fast vollständig zum Erliegen kam.

Erst heute werden die Einsatzmöglichkeiten der Luftschiffe neu und wieder entdeckt. Der Kollaps unserer Straßenverkehrssysteme ist abzusehen (Abb. 2), Güter werden immer größer und schwerer, und die Märkte der Zukunft sind weit entfernt, z. B. in Fernost. Das eröffnet neue Chancen für Luftschiffe als Transportmittel. Mit Telekommunikation und Datennetzen hat sich ein bedeutender Wirtschaftssektor entwickelt, der Luftschiffen ein neues Anwendungsgebiet als Kommunikationsplattformen erschließen kann. Auf dem touristischen Sektor wird die Zeit des Rasens wieder



Abb. 2
Autobahn
(Hermann H., Saitz:
Der Verkehr der
großen Städte.
Transpress, VEB
Verlag für Verkehrs-
wesen, Berlin)

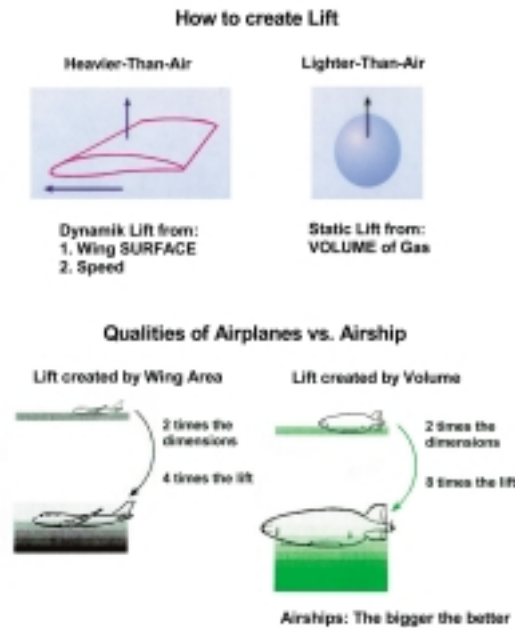


Abb. 3
Auftrieb und
Skalierung

von einer Zeit des Reisens abgelöst. Luftschiffe vermitteln hier ein völlig anderes Erlebnis von Zeit und Raum.

Auch hat sich der Umgang mit der Umwelt verändert. Wir beginnen, uns mehr als Teil des Ganzen zu verstehen, und bemerken zunehmend, daß Kommerz und Rationalität als Gestaltungsprinzipien unserer Welt nicht ausreichen. Die Technik wird wie ein Reflektor unseres Wesens und Seins, in dem wir uns spiegeln und, wenn wir wollen, erkennen können.

Das Prinzip

Luftschiffe haben einige grundsätzlich andere Eigenschaften als Flugzeuge. Daraus ergeben sich Vor- und Nachteile. Fliegen kann man „schwerer“ oder „leichter“ als Luft. Ein Flugzeug fliegt schwerer als Luft, d. h. durch den Auftrieb, der an den umströmten Tragflächen entsteht (Abb. 3). Flugzeuge brauchen deshalb immer eine horizontale Geschwindigkeit, um ihre Höhe zu halten. Verdoppelt man die Tragflächengröße, so steigt der Auftrieb etwa proportional, also quadratisch mit der Längendimension.



Abb. 4
Zeppelin Innenaufnahme (Waibel, Kissel: *Zu Gast im Zeppelin*; Zeppelin Museum Friedrichshafen GmbH. Kunstverlag Weingarten, 1998.)

Ein Luftschiff erhält seinen Auftrieb durch das Traggas, heute normalerweise unbrennbares Helium, früher war es Wasserstoff. Das Traggas ist wegen seiner geringen Dichte „leichter“ als Luft und erzeugt daher Auftrieb. Ein Kubikmeter Helium hat etwa die Tragkraft von einem Kilogramm. Man benötigt also viel Volumen, um viel Gewicht zu tragen. Deshalb sind Luftschiffe voluminöse Körper, und die Tragkraft erhöht sich mit der 3. Potenz der Länge. Optimal wäre dafür die Form einer Kugel. Da man aber möglichst mit einer großen Geschwindigkeit und kleinen Antriebskräften reisen möchte, wird eine Form mit kleinerem Widerstand gesucht, woraus die längliche Fisch- oder Zigarrenform entsteht. Aber diese Form würde wie Treibholz im Wasser in der Luft treiben, wenn nicht Leitwerke zur Stabilisierung angebracht würden. Diese werden mit Rudern versehen, die wie beim Schiff oder Flugzeug die Strömung zur Richtungsänderung ablenken und damit die Steuerbarkeit herstellen. Man hat also drei wesentliche Bedingungen: Der Auftrieb verlangt nach einem möglichst voluminösen Körper, der Widerstand beim Vorwärtsflug nach einer strömungsgünstigen schlanken Form, die Flugstabilität nach möglichst großen Leitwerken und Rudern.

Stärken und Schwächen

Die Stärken und Schwächen von Luftschiffen liegen ursächlich in diesen Prinzipien begründet. Sie benötigen viel weniger Energie zum Fliegen als Flugzeuge, sind aber vergleichsweise langsam und nur bei kleinen Geschwindigkeiten bis etwa 120 km/h wirtschaftlich betreibbar. Wegen des hohen Luftwiderstands hängt ihre Reisedauer vom Wetter ab. Bodennahe Operationen sind nicht ohne Gefahr, da der große Körper leicht vom Wind erfaßt und am Boden beschädigt werden kann.

Reisen mit Luftschiffen

Luftschiffe können wegen ihrer Abhängigkeit vom Wind nicht so pünktlich sein wie Flugzeuge. Sie haben wesentlich längere Reisezeiten und eignen sich deshalb nicht für einen üblichen Geschäftsverkehr. Sie eignen sich aber sehr gut für Tourismus oder Kreuzfahrten, denn sie haben im Gegensatz zu Flugzeugen viel Platz an Bord. Die alten Zeppeline zeigten schon damals, wie komfortabel man im Luftschiff reisen kann (Abb. 4).

Telekommunikations- und Beobachtungsstationen

Luftschiffe sind, unbemannt ferngesteuert oder bemannt, als Beobachtungsstation einsetzbar. Erdnahe Missionen wie Feuerdetektion aus der Luft (Abb. 5) Luftschadstoffmessungen, (Abb. 7) oder zukünftig Landvermessung aus der Luft sind

interessante und wirtschaftliche Felder für die Anwendung. Die für diese Aufgaben verwendeten Luftschiffe sind klein, in einem Lastwagen zum Einsatzort transportierbar und werden mit Telemetrie zur Datenübertragung während des Fluges betrieben. Luftschiffe eignen sich aber auch als stationäre Plattformen in großen Höhen. In ca. 20.000 m Höhe permanent auf Position gehalten, können sie Telekommunikation und Datenverkehr in Ballungsgebieten übernehmen. Ein Gebiet wie Holland würde von fünf solcher landefähigen Höhenplattformen vollständig mit Handy- und Breitbandkommunikation versorgt werden können. Ein erheblicher Teil der Satellitenaufgaben könnte so in Zukunft von billigeren, unkomplizierteren und viel näheren Luftschiffplattformen übernommen werden (Abb. 6).

Auch im Katastrophenfall durch Bereitstellung guter Nachrichtenverbindungen, zur Verkehrssteuerung, Verbrechensbekämpfung, Grenzbeobachtung und für großflächiges Umwelt-Monitoring könnten frei manövrierbare Höhenplattformen Bedeutung erlangen.

Die Stationen würden relativ groß sein, 100-200 m lang und könnten auch mit Sonnenenergie betrieben werden. Eine Möglichkeit stellt z. B. ein Wasserstoff-Brennstoffzellensystem dar. Der Wasserstoff wird an Bord durch Elektrolyse aus Solarstrom erzeugt. Ein Problem für Höhenanwendungen ist allerdings die geringe Tragkraft der Auftriebsgase in großer Höhe, die sehr filigrane Strukturen erfordert. Die Analyse, wie die Biegemomente auf die Luftschiffstruktur vermindert werden können und damit solche filigrane Strukturen möglich werden, hat zu neuen Luftschiffkonzepten wie dem „Airworm“, einer Gliederkette aus Ballonen, geführt.

Lastentransport

Der Transport großer, schwerer Lasten bietet ebenfalls neue Möglichkeiten für Luftschiffe. Warum? Weil die Abmessungen nur mäßig mit dem Volumen wachsen, kann eine Nutzlast von 160 Tonnen von einem Luftschiff getragen werden, das nicht wesentlich länger, wohl aber dicker ist als die „Graf Zeppelin“ (Abb. 8). 550.000 Kubikmeter Helium sind dafür erforderlich. Zusammen mit der Möglichkeit, die Last ohne Landung aus der Luft abzusetzen und aufzunehmen, entsteht ein weitgehend infrastrukturunabhängiges Luftfahrzeug, das große oder voluminöse Lasten über weite Strecken, z. B. von Europa nach Fernost, transportieren und sie dort, in der Luft schwebend, direkt z. B. auf einer Baustelle absetzen kann. Damit träte eine Revolution in der Transporttechnologie ein. Der Arbeits- und Zeitaufwand ließe sich drastisch reduzieren. Zur Zeit dürfen die Teile zum Straßentransport nicht größer als 4 Meter im Durchmesser sein. D. h., daß große Teile zerlegt und vor Ort wieder montiert werden

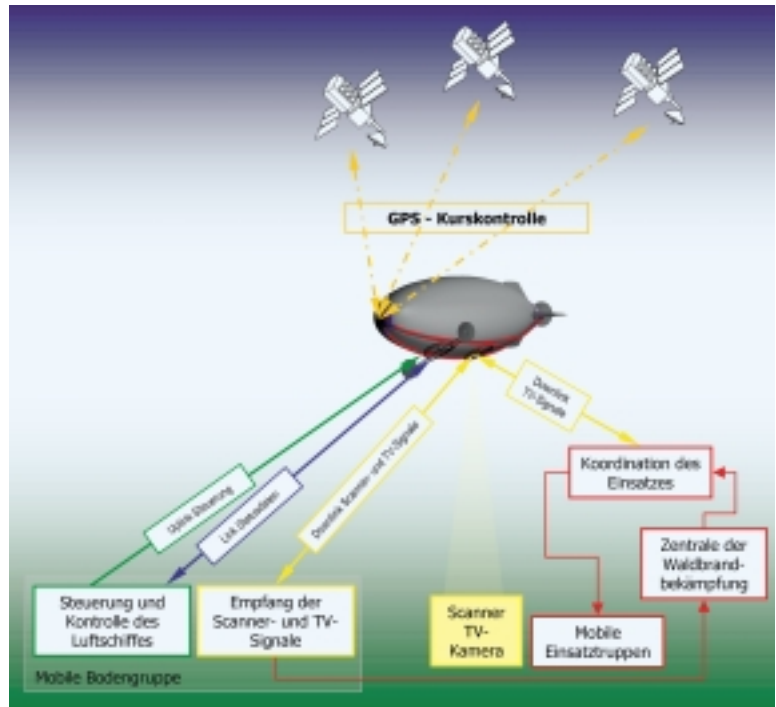
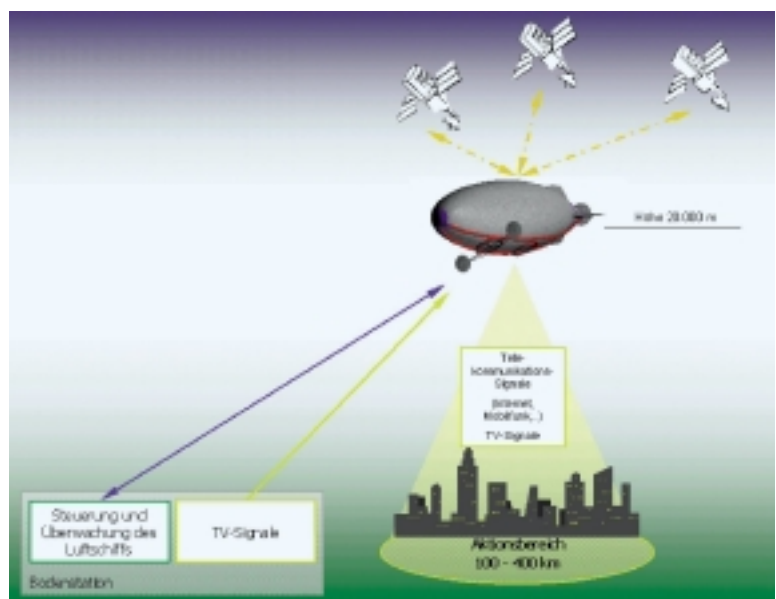


Abb. 5
Lotte Telemetrie

müssen. Aufwendige Schwerlast-Straßentransporte sowie langwierige Umladeprozesse von der Schiene oder Straße auf Schiff oder Flugzeug und umgekehrt sind notwendig. Schließlich müssen aufgrund schlechter Infrastruktur am Zielort oft Straßen und Brücken verbreitert oder sogar erst gebaut werden. All dies würde ein Luftschiff umgehen, wenn es die Bauteile vor Ort aufnimmt und durch die Luft direkt zu ihrem Ziel befördert. Dabei wären natürlich nicht nur Schwertransporte für den Großanlagenbau denkbar, sondern z. B. auch der Transport von Hilfsgütern oder mobiler Operationssäle in Katastrophengebiete. Mit dem eingangs erwähnten „Cargolifter“ könnte so etwas schon sehr bald Realität werden.

Abb. 6
Höhenplattform über der Stadt



Der Forschungsbedarf



Abb. 7
Lotte im Flugeinsatz

Große Aufgaben stehen also an. Die Forschung auf diesem Gebiet war seit den 30er Jahren nicht mehr populär. Somit fehlen wissenschaftliche Ergebnisse, die kurzfristig durch Augenmaß und Ingenieurmut überbrückt werden müssen. Offene Fragen, deren Beantwortung die technische Entwicklung stark beeinflussen könnte, finden derzeit wieder Forschungsinteresse.

So fördert die DFG z. B. zur Zeit eine Forschergruppe an der Universität Stuttgart, die sich theoretisch und experimentell mit grundlegenden Phänomenen der Luftschiffahrt auseinandersetzt, etwa mit der Umströmung voluminöser Körper. Ungeklärt ist die Druckverteilung auf den Luftschiffkörper und die Anströmung der Leitwerke. Diese ist unmittelbar verbunden mit der Größe und Verteilung der laminaren und turbulenten Strömungsgebiete während der Flugmanöver. Dieser Frage wird in Computersimulationen und in Windkanalversuchen nachgegangen. Die Übertragbarkeit der theoretischen Ergebnisse wird im Flugversuch mit dem Solarluftschiff Lotte überprüft.

Ein anderes Problem ist die automatische Fluglage-Regelung für Luftschiffe. Dabei sind die Dynamik des großvolumigen Körpers, die Druckverteilungen infolge Manöver, Wind und Böen und die Auslegungsparameter wichtig.

Regelungsmodelle von Flugzeugen sind wegen der anderen Zeitskalen und der Nichtlinearitäten nicht ohne weiteres zu übertragen.

Auch auf dem Gebiet der Grundstrukturen von Luftschiffen gibt es noch zahlreiche ungelöste Fragen und Raum für neue Ideen. Die Luftschiffe des Grafen Zeppelin oder von Schütte-Lanz wurden

als sog. „Starrluftschiffe“ mit einem stabilen Innengerüst gebaut, in das die Gaszellen eingehängt waren (Abb. 9). Diese waren je nach Flughöhe, abhängig vom Außenluftdruck und von der Temperatur, mehr oder weniger mit dem Traggas gefüllt. Die Form erhielt das Luftschiff durch das starre Gerüst. Andere Luftschiffe wurden, vor allem später, mit einer innendruckstabilisierten Hülle gebaut. Die hat bei den sog. „Blimps“ die formgebende und tragende Funktion und wird, wenn erforderlich, durch starre Strukturbauteile verstärkt. Wird die Hülle als tragendes Element herangezogen, muß der Innendruck ständig geregelt werden. Dies geschieht über Ballonetsysteme, also durch mit Luft gefüllten Hüllen, die durch Teilentleerung eine Ausdehnung des Traggases erlauben. Wird ein starrer Kiel zur Lastverteilung angebaut, so spricht man vom Kielluftschiff. Neuere Konzepte, etwa das des Zeppelin NT aus Friedrichshafen, verbinden die Tragfunktionen der Hülle und der Struktur. Untersuchungen zu Höhenplattformen einer Gruppe in Stuttgart im Rahmen des Körber-Preises führten schließlich zu dem ganz neuen Konzept „Airworm“, das eine grundlegende Reduzierung aller Biegemomente auf die Luftschiffstruktur erlaubt und damit sehr leichte Bauweisen ermöglicht. Die Grundidee ist eine Kette von gelenkig verbundenen Luftschiffsegmenten mit gedrungener Form und eigenen Antrieben, die unabhängig voneinander gesteuert und stabilisiert werden. Die ausgewogene Masseverteilung, der Verzicht auf ein zentrales Leitwerk und die geringe Streckung der einzelnen Segmente ermöglicht eine drastische Reduzierung der statischen und dynamischen Biegemomente und damit eine wesentlich leichtere Bauweise als bei den herkömmlichen

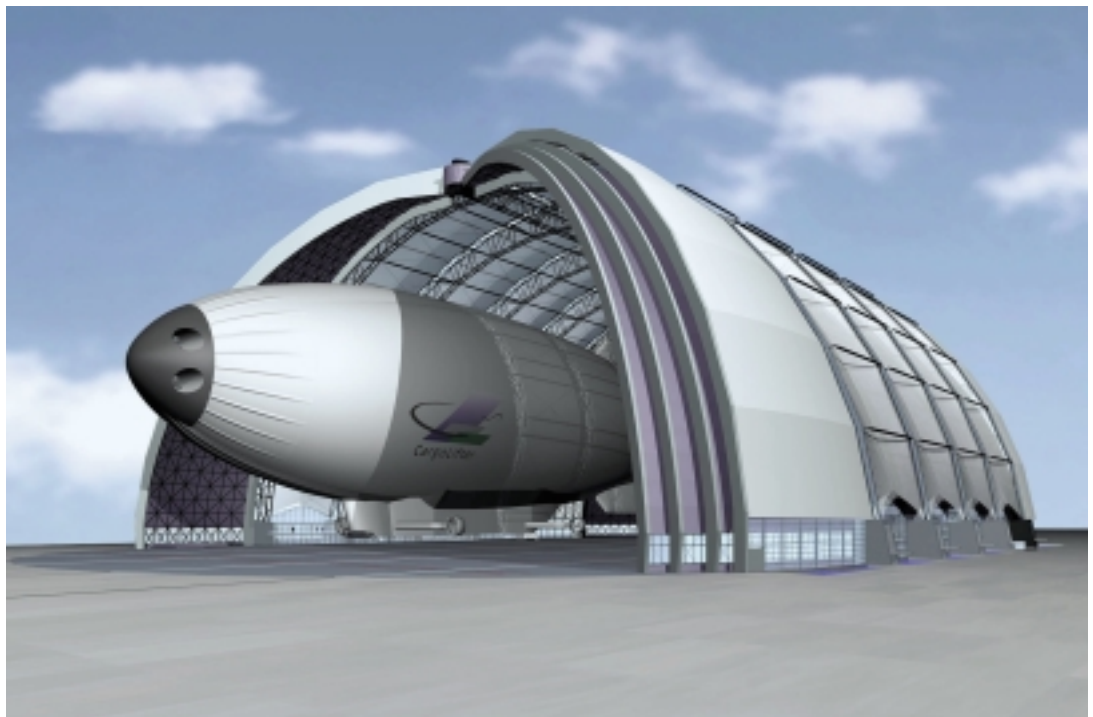


Abb. 8
Halle mit
CargoLifter
(Computergrafik:
CargoLifter AG)



Abb. 9
Innengerüst eines
Zeppelins
(wie Abb. 4)

langgestreckten Luftschiffen, ohne auf deren Hauptvorteil, den geringen Luftwiderstand, verzichten zu müssen. Die Airworm-Bauweise verspricht, speziell für Höhenplattformen, noch weitere Vorteile, so daß eine tiefergehende Erforschung des Konzepts im Gange ist.

Auch auf der Material- und Simulationsseite warten noch zahlreiche Probleme: Welche Faserverbundmaterialien können verwendet werden, welche Lebensdauer, welche Dichtigkeit sind gegeben, und wie werden die flexiblen mit den starren Tragwerksteilen verbunden? Die Gesamtelastizität und die Eigenschwingungen des Gesamtsystems werden z. B. in Computersimulationen ermittelt, um Resonanz mit Windanregungen aus Böen abzuschätzen (Abb. 10).

Eine weitere Frage gilt dem Antrieb mit regenerativen Energien. Auf einem Luftschiff ist z. B. genügend Platz, um Solarzellen unterzubringen. Bleiben die Fragen nach Gewicht, Energiespeicher, Antriebsaggregaten und nach den Propellerantrieben selbst. Deshalb werden auch solarelektrische Energiekonzepte für Luftschiffe untersucht.

Damit nicht alles graue Theorie bleibt, werden Messungen im Flugversuch und mit Modellen durchgeführt. Ein solcher Versuchsträger ist derzeit das 16 m lange, unbemannte Solarluftschiff „Lotte“, das am Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen (ISD) der Universität Stuttgart gebaut wurde. „Lotte“ wird, mit einer Fernsteuerung ausgestattet, vom Boden aus bedient. Außerdem befindet sich ein spezielles Meßsystem mit linearer Busstruktur (CAN, controlled area network) an Bord, das es ermöglicht, die Signale der verschiedensten, über das gesamte Luftschiff verteilten Meßsensoren sofort zur Bodenstation zu übertragen.

Wie in den 20er und 30er Jahren haben die Arbeiten an Luftschiffen auch wieder internationale Breite erlangt. Neben Entwicklungen in Deutschland (Cargolifter, Zeppelin, ISD Uni Stuttgart u. a.) beschäftigen sich auch Gruppen und Firmen in Japan, (Höhenplattformen), Großbritannien (Frachthybridluftschiffe, Höhenplattformen), den USA (Höhenplattformen, Blimps), den Niederlanden (Starrluftschiffe) und weiteren Ländern mit Arbeiten an der Renaissance des Luftschiffs.

Derzeit entsteht eine lebhaft internationale „Lighter than air community“ mit internationalen Tagungen; außerdem treten erste Auswirkungen auf andere Gebiete in Erscheinung. Auf der Internationalen Gartenschau in Stuttgart war schon 1994 „Das erste Gebäude, das an der Erde hängt“ eingerichtet worden, ein durch Helium getragener Luftschiffhangar. Vision und Wirklichkeit überschneiden sich in den Arbeiten, wenn über Wohnen und Arbeiten in feindlichen Umgebungen, in der Arktis oder auf dem Meer nachgedacht wird, wenn 500 m große hochfliegende Wagenräder für astronomische Beobachtungen Kontur gewinnen oder sich unbemannte riesige Frachtkreuzer, die solarbetrieben im Liniendienst die Ozeane überqueren, vor dem geistigen Auge formen.

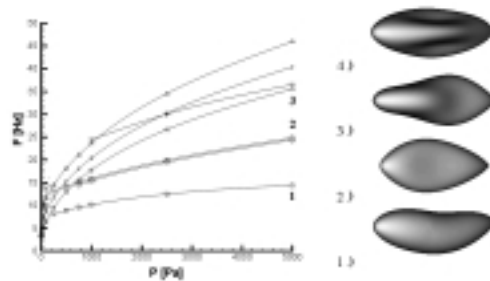


Abb. 10
Eigenformen von
Luftschiffen

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Bernd Kröplin
Universität Stuttgart
Institut für Statik und Dynamik der
Luft- und Raumfahrtkonstruktionen
Pfaffenwaldring 27
70569 Stuttgart