

www.dmfv.aero
www.jugend.dmfv.aero

Grundlagenwissen zum Modellflugsport

Schulungsunterlagen

Michal Šip



Teil – C Weiterführend, für Fortgeschrittene





Inhalt

Kapitel 1

1C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Die Antriebe – Klein, leicht und effizient müssen sie sein

Seite 03

Kapitel 2

2C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

In der rauen Praxis angekommen – Kann ein Flugzeug auch herunterfallen?

Seite 06

Kapitel 3

3C – Weiterführend, für fortgeschrittene

Die Einkaufstour – Das ist zu beachten

Seite 08

Kapitel 4

4C – Weiterführend, für fortgeschrittene

Das Fluggelände – Der Vereinsflugplatz

Seite 11

Kapitel 5

5C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Kurzer Ruhm – Die Ballone

Seite 13

Kapitel 6

6C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Luftfahrt heute und morgen – ein Ausblick in die Zukunft

Seite 15

1C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Die Antriebe

Klein, leicht und effizient müssen sie sein



Verbrenner- und Elektromotor im Vergleich

Die Kolben-Verbrennungsmaschine war nicht nur im Automobilbau, auch im Modellflug der Antrieb, der alles auf einen Schlag revolutionierte. Kräftig, leicht und klein.

Kolben-Verbrennungsmaschine

Heutige Kolben-Modellmotoren sind entweder Glühzünder oder Benzinmotoren. Glühzünder heißen sie deshalb, weil deren Zündkerze keine Funken produziert, sondern mit einer dauerglühenden Edelmetallwendel arbeitet.

Die Zweitakt-Glühzünder arbeiten mit Methanol als Kraftstoff mit Beimischung von Schmieröl. Sie haben Hubräume zwischen unter 1 Kubikzentimeter (cm^3) und nach oben bis etwa 25 cm^3 . Die Zweitakter sind einfach gebaut, sehr leistungsstark, mit etwas Erfahrung auch in der Handhabung einfach, aber sie sind ziemlich laut. Nur mit aufwändigen Schalldämpfern kann man den Lärm reduzieren. Die Motoren sind leicht und haben viel Power; deren Gewichts-Leistungs-Verhältnis ist günstig.

Die Viertakt-Glühzünder haben Ventile und daher eine komplizierte Mechanik, die sie teuer macht und mehr Wartung verlangt, umso mehr, wenn es sich um mehrzylindrige Antriebe handelt. Auch sie benötigen Methanol als Kraftstoff mit Beimischung von Schmieröl. Ihr Laufverhalten unterscheidet sich vom Zweitakter, sie sind eher für niedrigere Drehzahlen geeignet, also auch für langsamere Modelle. Sie können recht große Propeller drehen. Die Viertakter sind leiser als Zweitakter, oder werden zumindest subjektiv so empfunden. In ihrem Zylinder findet zwar die gleiche Gasverbrennung wie beim Zweitakter statt, allerdings nur halb so oft. Die Folge: Die Auspufffrequenz ist niedriger, das Geräusch tiefer, angenehmer. Zweitakter haben, auf den Hubraum bezogen, eine höhere Leistung, Viertakter einen besseren Wirkungsgrad. Sie gehen sparsamer mit dem Sprit um, der Tank im Modell kann kleiner sein.

Großmodelle fliegen meist mit Benzinmotoren. Solche Motoren setzt man in verschiedenen Maschinen wie Baumsägen oder Rasenmähern ein; aus diesen wurden auch die Modelltriebwerke entwickelt. Benzinmotoren werden als Ein- oder Mehrzylinder für den Modellflug gebaut. Die Hubräume können bis zu 100 cm^3 und mehr haben. Damit kann man Modellflugzeuge von 50 kg und mehr antreiben.

Turbinen

Es sind Hochleistungsmaschinen, die im Funktionsprinzip, aber auch in vielen Bauteilen den richtigen Strahltriebwerken entsprechen: Modellturbinen. Spezielle Legierungen werden für deren Verdichter- und Turbinenräder sowie Brennkammern verwendet, die Motorsteuerung ist sehr aufwändig und so werden diese Antriebe auch nur von Spezialisten in sehr teuren Modellen eingesetzt.



Im Modell eingebauter Verbrennungsmotor



Elektromotoren

Bis Ende des letzten Jahrhunderts setzte man klassische Bürstenmotoren ein. Die Bauweise mit Kommutator und Permanentmagneten macht die Regelung dieser Motoren ganz einfach. Es muss nur die Stromleistung erhöht oder verringert werden.

Die Bürstenmotoren waren (und sind immer noch) gut, die Hochleistungsantriebe unter ihnen sind wegen der hochwertigen Magneten jedoch relativ schwer. Die Kommutatorbürsten unterliegen einem Verschleiß.

Mit dem neuen Jahrtausend gab es eine kleinere und eine große Revolution im Modellflug. Die kleinere betraf die Motoren, die größere die Akkus. Die neuen Motoren heißen richtig „bürstenlose sensorlose Antriebe“, unter Modellfliegern dann meist nur „Brushless“. Sie sind zwar



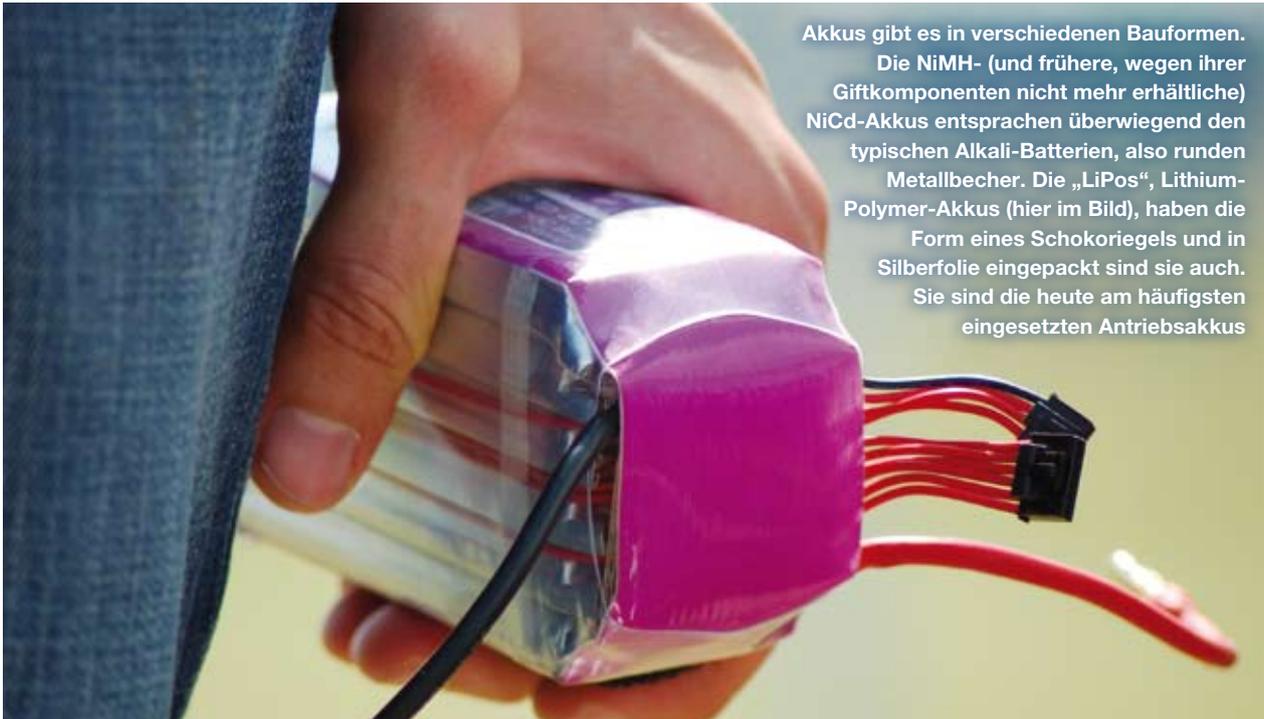
nicht ganz neu, für spezielle industrielle Anwendungen, aber auch in Gebrauchsgeräten wie PC-Lüftern oder CD-Laufwerken wurden sie schon länger verwendet. Es hat aber lange gedauert, die Steuerung dieser Motoren zu entwickeln.

Einem bürstenlosen Motor muss eine vorgeschaltete Elektronik einen „fertigen Fahrplan“ liefern. Die Stromimpulse zu den Spulen werden nicht von dem Kommutator, den es nicht mehr gibt, verteilt, sondern müssen vom elektronischen Regler bereitgestellt werden. Inzwischen sind die Bürstenlosen der Standard im Elektroflug. Sie sind leicht, praktisch verschleißfrei und haben ein hohes Drehmoment, können also größere Luftschrauben antreiben. Mit der Größe einer Luftschraube steigt auch ihr Wirkungsgrad.

Die bürstenlosen Antriebe waren schon ein großer Schritt nach vorn. Doch die neuen Akkus haben eine zweite, eine richtige Revolution ausgelöst.



Der schon ziemlich betagte Bürstenmotor, doch keineswegs veraltet: Diese Antriebe funktionieren immer noch gut



Akkus gibt es in verschiedenen Bauformen. Die NiMH- (und frühere, wegen ihrer Giftkomponenten nicht mehr erhältliche) NiCd-Akkus entsprachen überwiegend den typischen Alkali-Batterien, also runden Metallbecher. Die „LiPos“, Lithium-Polymer-Akkus (hier im Bild), haben die Form eines Schokoriegels und in Silberfolie eingepackt sind sie auch. Sie sind die heute am häufigsten eingesetzten Antriebsakkus

Akkus im Modellflug

Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH)

Die Einzellenspannung beträgt 1,2 Volt (V), sie sind in vielen Kapazitäten und Größen lieferbar. Sie werden überwiegend als Sender- und Empfängerakkus eingesetzt. Sie sind unempfindlich und können auch mit vergleichsweise einfachen Ladegeräten geladen werden. Für den Antrieb von Elektromotoren in Flugmodellen sind sie auch geeignet, obwohl sie um einiges schwerer sind als die

Lithium-Polymer-Akkus (LiPos)

Diese sind im Modellbau als Motorantriebsakku zurzeit die beste Stromquelle. Und haben den Akku-Markt daher revolutioniert. Die Zellenspannung beträgt 3,7 V. Sie haben eine sehr hohe Energiedichte, im Vergleich zu NiMH ist sie etwa 2,5-mal besser. Das heißt: Aus dem gleichen Akkugewicht bekommt man mehr als doppelt so viel Strom geliefert. Große LiPo-Akkupakete mit starken bürstenlosen Antrieben liefern inzwischen oft mehr Power als Verbrennungsmotoren, sodass sie auch immer mehr in Kunstflug- oder Großmodellen verwendet werden.

Schattenseiten gibt es auch: Die LiPos sind mechanisch und elektrisch empfindlich, das Überschreiten der Spannungsunter- und Obergrenze führt zu deren Zerstörung, weshalb nur genau arbeitende Ladegeräte mit so genann-

ten Balancern verwendet werden dürfen. Ein Kurzschluss ist unbedingt zu vermeiden, denn er kann sogar zu einem explosionsartigen Brand führen.

Doch die Entwicklung der Akkutechnologie läuft auf Hochtouren, angetrieben vor allem von der Autoindustrie. Es ist mit völlig neuen Stromspeichern zu rechnen, die dann sicherlich auch Eingang in den Modellbau finden.

Zukunftsausblick: Alle nur noch elektrisch?

Die Elektroantriebe beherrschen immer mehr die Modellflugszene. Sie haben fast nur Vorteile gegenüber den Verbrennungsmotoren. Sie sind leise, verursachen keine Vibrationen, produzieren keine Abgase, die Motoren benötigen keine Pflege und brauchen keinen giftigen öligen Kraftstoff, die Modelle bleiben sauber. Ein Elektromotor läuft sofort an, ein Verbrennungsmotor muss angeworfen werden, manchmal will er aber nicht anspringen.

Wird der Kolbenmotor aus der Modellflugszene ganz verschwinden? Vielleicht kommt es ähnlich wie in der Musikszene: Alle hören CDs oder MP3-Player, weil sie so praktisch und einfach zu bedienen sind. Ein professioneller Plattenspieler oder eine Bandmaschine sind faszinierende, teure Geräte und deren Bedienung ziemlich umständlich. Es gibt Leute, die für sie dennoch tausende Euro bezahlen und auf deren unvergleichlichen Klang schwören. Es sind aber ganz wenige.

Auch die Modellkolbenmotoren sind faszinierende, teure Kleinmaschinen, viele sind längst Sammlerobjekte mit Kultstatus geworden. So wird es auch hier weiter Liebhaber geben, die diesen Antrieb einsetzen werden. Viele werden es nicht sein. Die Zukunft der Modellflughantriebe ist elektrisch.

Mehr zum Thema ...

... LiPo-Akkus findest Du in DMFV-Wissen: Lithium-Akkus. Das 68-seitige Buch gibt es für 12,- direkt unter www.dmfv-shop.de





2C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

In der rauen Praxis angekommen Kann ein Flugzeug auch herunterfallen?

Das Fliegen ist für viele Menschen auch heute noch ein Mysterium, ein unbegreifliches Wunder, wenn sich ein hunderte Tonnen schweres Gerät in die Luft erhebt. Was man nicht versteht, das macht auch Angst. Die Flugangst ist weit verbreitet – nicht alle geben gern zu, darunter zu leiden. Vielen Menschen bleibt das Fliegen so unheimlich, dass sie ein Flugzeug gar nicht besteigen. Und selbst manche erfahrene Vielflieger blicken besorgt auf, wenn in Böen die Flächenenden „gefährlich“ Wippen, es im Flugzeug laut rumpelt, weil das Fahrwerk einfährt, wenn das Turbinengeräusch plötzlich ganz anders wird.

Heutige Flugzeuge sind keine „Drahtkommoden“ mehr, sondern hochmoderne komfortable Maschinen, mit bestens ausgebildeten Leuten im Cockpit und am Boden, mit einer konsequent auf Sicherheit ausgelegter Technik. Trotzdem gibt es Flugzeugabstürze und sie sorgen für die spektakulärsten Meldungen in den Medien. Im vorangegangenen Kapitel haben wir einiges darüber erfahren, warum ein Flugzeug fliegt. Nun wollen wir überlegen, was passieren müsste, damit es nicht mehr fliegt.

Der Auftrieb ist weg

Ein Wasserskiläufer kann auf dem Wasser so sicher wie auf Schnee fahren – solange die Geschwindigkeit, die „Fahrt“, hoch genug ist. Bleibt das Motorboot stehen, trägt ihn das Wasser nicht mehr, er fällt hinein. Auch ein Flugzeug braucht eine „Mindestfahrt“, um zu fliegen. „Fahrt ist das halbe Leben“, sagt eine alte Fliegerweisheit und sie ist falsch: „Fahrt ist das ganze Leben!“ Jedes Flugzeug fällt herunter, wenn es die Mindestfahrt unterschreitet und der Auftrieb ausbleibt. Bei einem Segler liegt die Mindestgeschwindigkeit zwischen 70 bis 80 km/h, bei kleinen Motormaschinen liegt sie, je nach Typ, um 100 km/h und darüber. Verkehrsjets landen mit 240 bis 280 km/h (dabei sind alle Landehilfen wie Klappen und Vorflügel ausgefahren).

Unterschreitet ein Flugzeug die Mindestfahrt, helfen keine Pilotenkünste mehr. In der Sportfliegerei ist dies auch die häufigste Unfallursache. Auch im Modellflug führt eine zu geringe Geschwindigkeit oft zum Bruch. In der



Die Space Shuttle-Raumfähren wiegen bei der Landung an die 70 Tonnen. Motorlos, wie ein Segelflugzeug, kommen sie sicher zur Erde zurück

Quelle: Wikipedia commons



Verkehrs- und Militärliegerei passiert es eigentlich nie: Die Piloten sind Profis und die Flugzeuge mit Warnsystemen ausgestattet.

„Die Flügel brechen“: Tun sie nicht. Seit Jahrzehnten ist ein solcher Fall nicht bekannt, zumindest in der Verkehrsfliegerei und auch im normalen Sportflugbetrieb nicht. Sei es, man hat das Flugzeug überlastet: Die Höchstgeschwindigkeit stark überschritten, für den Typ unerlaubten Kunstflug betrieben, mit einem Flugzeug in extreme Wetterverhältnisse hineingeflogen. Die Festigkeitsreserven der Flugzeuge sind so hoch berechnet, dass sie allen zu erwartenden Flugbelastungen gewachsen sind. Und in Gewitterwolken fliegt keiner hinein – auch die Verkehrsflieger nicht. Für uns, die Passagiere, heißt es: Auch wenn man aus dem Fenster sieht und die Flächenenden bedenklich nach unten und oben schwingen, kann man ruhig seine Cola weiter trinken. Kommt allerdings die Meldung „Anschlagen, Turbulenzen“, dann ist Gefahr im Verzug, man könnte die Cola verschütten. Mehr passiert nicht.

Auch Modellflugzeuge sind in der Hinsicht erstaunlich robust, solange man vernünftig fliegt. Doch fast jedes Flugzeug kann man in der Luft „zerlegen“. Nur die Voll-GFK-Wettbewerbsmodelle (GFK = Glasfaserverstärker Kunststoff) halten so ziemlich alles aus.

Versagen der Steuerung: Die Steuerung eines Flugzeugs ist im Prinzip einfach, es werden nur einige Klappen und Ruder bewegt sowie der Antrieb bedient. In kleineren Flugzeugen sorgen ein paar Stangen, Gelenke und Seile für die Übertragung aus dem Cockpit. Sie sind immer reichlich überdimensioniert. In Verkehrs- und Militärflugzeugen wird's komplizierter, die Befehle werden elektrisch weitergegeben und über Elektromotoren oder hydraulisch umgesetzt. Die mehrfache Auslegung der Systeme („Redundanz“) schließt einen kompletten Ausfall eines Ruders aus. (Hast Du schon mal gehört, im Auto hätte die Lenkung versagt? Noch weniger kann es im Flugzeug passieren). Auch unsere RC-Steuerungen sind heute sehr zuverlässig. Korrekt eingebaut, die Akkus gepflegt, gute, ausreichend starke Servos: Das bringt uns Sicherheit.

Der Antrieb versagt: Verkehrsflieger haben immer mindestens zwei Triebwerke und selbst mit einem können sie noch fliegen. Der Motorausfall bleibt dennoch die Horrorvorstellung der Passagiere. Es ist schon vorgekommen, dass ein Verkehrsliner in einen Vogelschwarm geriet und beide Triebwerke ausfielen. Und kleine Sportmaschinen haben Motoren, die sich wenig von unseren Automotoren unterscheiden, und die haben schon Mal Pannen.

Jetzt wollen wir Ernst machen. Der oder die Motoren fallen aus. Das Ende? Auch ein Motorflugzeug kann gleiten. Nur wesentlich schlechter als ein Segler. Der nun motorlose Motorflieger muss schneller und in einem steileren Winkel als ein Segler zur Erde gleiten. Es bleibt also wenig Zeit, einen geeigneten Landeplatz zu suchen. Selbst ein Düsenverkehrsflugzeug kann motorlos segeln. Die Schwierigkeit ist, innerhalb von Sekunden, höchstens Minuten, die den Piloten bleiben, eine passende, kilometerlange und feste Landebahn zu finden. Mit einer Landegeschwindigkeit von rund 250 km/h kann keine heile Landung auf einem Acker hingezaubert werden.

Im Modellflug ist alles nicht so dramatisch, auch ein Motorausfall nicht. Der Verbrenner bleibt stehen oder der Akku beim Elektromodell ist schneller leer, als man dachte. Dann gilt dasselbe wie im Großflug: Lieber schlecht außen gelandet als auf dem Flugplatz abgestürzt. Will heißen: Keine Krampfkurven mit Mindestfahrt machen, um noch auf die Landepiste zu kommen – und dann wegen Fahrtverlust am Platzrand abzutrudeln.

Merke: Flugzeuge fliegen immer, solange sie die notwendige Geschwindigkeit haben. Einzig auf sie kommt es an. Bei einem gut gewarteten Flugzeug kann eigentlich nie etwas versagen. Die statistisch extrem seltenen Unfälle im Verkehrsflug sind fast immer auf sehr komplexe Situationen zurückzuführen, wo mehrere gravierende Probleme gleichzeitig auftraten.

Kann sich auch ein Hubschrauber retten?

Ein Helikopter ist ausschließlich vom Motor abhängig. Nur solange der Motor läuft, kann er auch fliegen. Dabei gehört der Hubschrauber zu den sichersten Fluggeräten überhaupt. Das sagt schon etwas über die Zuverlässigkeit der modernen Flugzeugantriebe aus. Wenn aber der Motor doch ausfällt? Auch hier ist man nicht am Ende. Autorotation heißt die Rettung. Der Motor wird dabei abgekuppelt, es wird sozusagen „die Kupplung getreten“, damit sich der Rotor frei drehen kann. Dann stellt der Pilot die Rotorblätter so an, dass sie durch den Fahrtwind und die Sinkbewegung in Drehung gehalten werden – so wie eine Windmühle im Wind. Kurz überm Boden stellt sie der Pilot auf „Steigen“ um. Die in der Drehung gespeicherte kinetische Energie reicht aus, um weich zu landen. Dennoch es ist kein einfaches Manöver. Und Modellflieger können es mit ihren RC-Helis auch.

Fliegen ist sicher. Schade, dass es so viele Menschen gibt, die das schöne Fliegen dennoch nicht richtig genießen können.

3C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Die Einkaufstour

Das ist zu beachten

Auf den ersten Blick sieht es ganz einfach aus. Man kauft sich ein flugfertiges Fertigmodell und bald, oft schon nach wenigen Minuten, kann man losfliegen. Doch unzerstörbare Modelle gibt es nicht und so ist schon etwas Vorbereitung wichtig. Du willst ja nicht nach fünf Minuten die Trümmer Deiner Ersparnisse aufsammeln müssen. Oder Du willst doch selber bauen, Bausätze gibt es auch noch. Und Du kannst auch ein gebrauchtes Modell kaufen.

Beratung ist wichtig. Die beste bekommt man im Verein. Und ein Fachhändler ist die beste Einkaufsadresse. Jetzt gehen wir erst einmal von dem Fall aus, dass das alles nicht geht. Aber gut: Du wohnst einsam auf einer Insel und kannst nur über Internet bestellen. Auch im Internet gibt es Fachhändler, die nicht nur versenden, sondern auch beraten. Modellflugzeuge findet man im Internet überall. Ist es ein Anbieter, der auch noch Fernseher oder Kaffeemaschinen vertreibt, hat er mit ziemlicher Sicherheit keine Ahnung vom Modellflug. Service wird es kaum geben.

Selber bauen: Kann man es?

Selber bauen nach eigenen Vorstellungen. Das wird ohne Erfahrung ziemlich sicher schiefgehen.

Besser ist es, sich von einem Verlag einen Bauplan zukommen zu lassen, das Material zu kaufen und zu bauen. Jahrzehntlang haben es alle so gemacht, auch heute ist es möglich, aber der Weg ist mühsam.

Bausätze

Baukästen, das war der Standard im Flugmodellbau fast bis zum Ende des letzten Jahrhunderts. Diese Bausätze sind aber selten geworden, die echten, bei denen die Rippen und Spanten ausgeschnitten waren und man den



Trotz aller „ARF“- und „RTF“-Modelle, es gibt sie noch, die richtigen Bausätze mit Rippen und Spanten. Nur selten sind sie geworden. Im Bild der Climaxx von „Der Himmlische Höllein“

Rest selber erledigen musste. Auch die „Schnellbausätze“, in denen bespannfertige Flächen und ein GFK-Rumpf lagen, findet man selten.

Heute werden Modelle fertig oder als fertige Bauteile geliefert. Letztere, die ARF-Modelle, bedürfen aber sehr oft noch vieler Stunden in der Werkstatt und sind von den alten Bausätzen in dieser Hinsicht gar nicht so weit entfernt.

Fertigmodelle

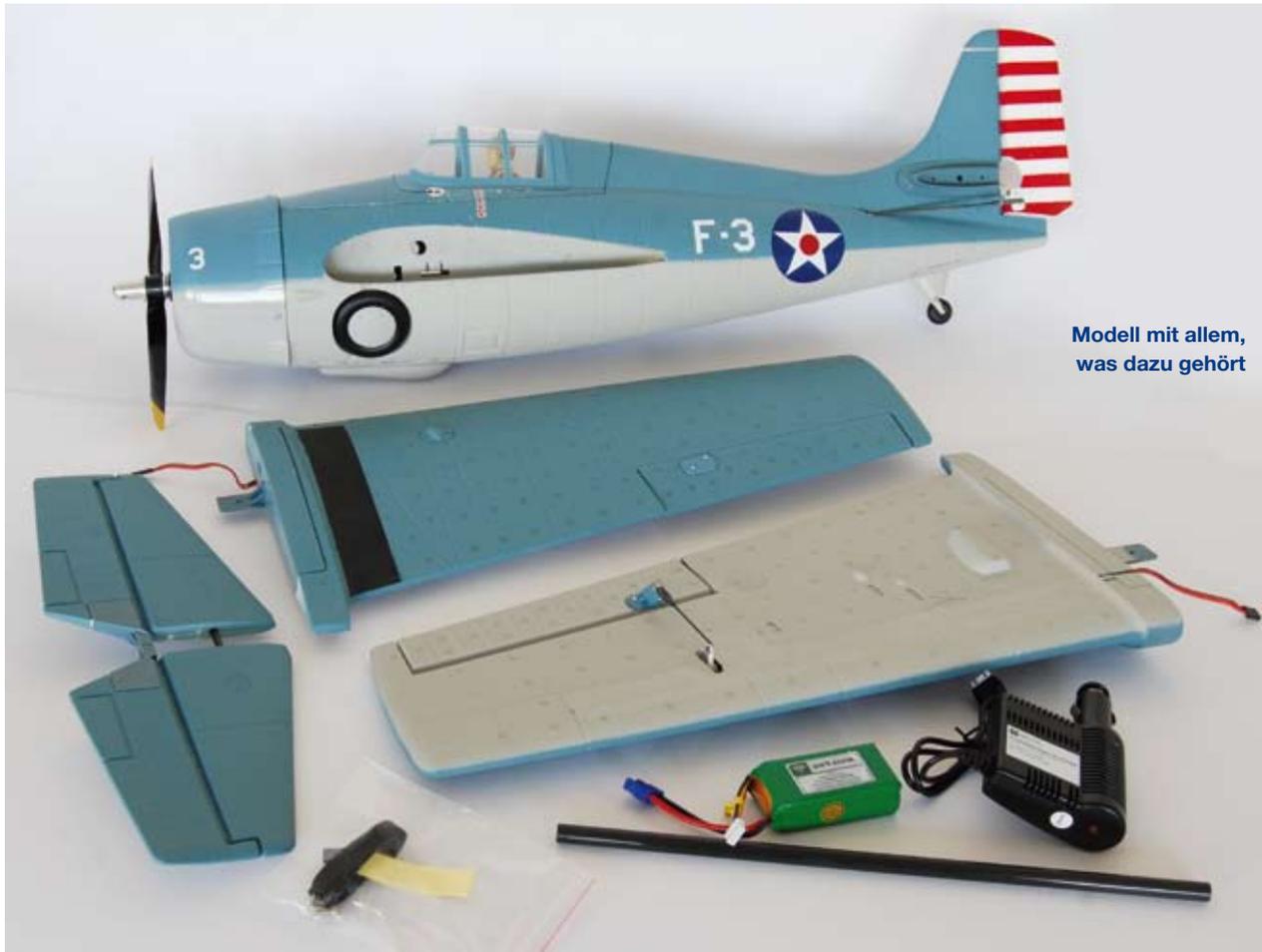
Das sind die meisten Modelle heute. Zwar sind nicht alle gleichermaßen „fertig“, selbst wenn sie „Ready To Fly“ heißen. Doch die meiste Arbeit ist vom Hersteller bereits erledigt. Viele solcher Modelle kommen sogar schon mit der Fernsteuerung ausgestattet, Sender und Empfänger liegen bei. Das ist auf den ersten Blick besonders für Anfänger vorteilhaft. Die Fernsteuerung ist jedoch in der Regel recht einfach und so wird man später für weitere Modelle doch eine aufwändigere benötigen.

Das Fertigmodell kann also mit allem ausgerüstet sein, oder man muss den Motor, den Akku, die Servos, den Regler, die RC-Anlage selber beisteuern. Der Hersteller empfiehlt, was man an Ausrüstung kaufen muss. Das ist sicherlich nie falsch, und doch ist es ebenso sicher, dass er nur eigene Produkte nennt. Der Fachhändler hat vielleicht auch andere passende Komponenten, die billiger sind und genauso gut funktionieren. Die Wahl zwischen einem Segler, einem Elektrosegler, einem Elektromodell, einem Modell mit Verbrennungsmotor oder gar einem Hubschrauber musst Du schon selber treffen. Ein Verbrennerantrieb hat Nachteile – er ist laut, man benötigt Kraftstoff, Glühzünderakku und einige Kenntnisse zur Bedienung der Glühzündermotoren. Der Elektroantrieb punktet hier auf allen Feldern. Allerdings brauchst Du teure Akkus, einen Regler und ein gutes Ladegerät.

In die Sparte Fertigmodelle gehören auch die Indoorflyer. Als Einstieg in den Modellflug sind sie, weil billig und sehr einfach zu fliegen, eigentlich ideal. Allerdings sind ihre Komponenten, die Fernsteuerung, der Motor, die Akkus, sehr filigran. Ihre etwas gewachsenen Geschwister, die Parkflyer, sind da besser geeignet.

Gebrauchte Modelle

Second Hand? Über Internetbörsen kann man auch gebrauchte Modelle günstig kaufen, doch es ist Vorsicht angebracht, vor allem wenn man Anfänger ist. Besser nicht. Sei es, der Anbieter wohnt nicht weit und man



Modell mit allem,
was dazu gehört

kann sich das Modell anschauen und vor allem vorfliegen lassen. Anders sieht es im Verein aus. Von Vereinsfreunden kannst Du ohne Bedenken ein gebrauchtes Modell kaufen.

Vier Fragen an den Fachhändler beim Kauf eines Modells

Auch wenn ein guter Fachhändler die beste Beratung leisten sollte, kannst Du schon vorab ein paar Dinge in Deine Wunschliste eintragen. Gehen wir von einem Flächenmodell aus:

Der Preis, aber mit allem drum und dran: Ist das Modell wirklich komplett, oder was muss ich noch kaufen? Das können die Fernsteuerung, der oder die Akkus, der Motor, der Regler, das Ladegerät, auch Kleinteile wie Fahrwerksräder oder Propeller sein. Am Ende kommt einiges an Geld zusammen. Wichtig: Das Billigste ist auch im Modellflug selten das Gute.

Die Größe: Nicht zu klein! Ganz kleine Modelle mögen ganz niedlich sein, sind aber selten leicht zu fliegen. Bei einem Motormodell ist eine Spannweite von 1 bis 1,5 m gut, beim Segler oder Elektrosegler etwa 1,5 bis 2,5 m.

Liegt dem Modell auch eine wirklich gute, ausführliche Anleitung bei? Ist sie auf Deutsch, oder nur auf Englisch? Selbst wenn Du gut englisch kannst, heißen die nur auf

Englisch beigelegten Anleitungen manchmal – nicht immer – auch, dass der Importeur sich das Ganze etwas zu einfach macht. Er kauft Modelle ein und leitet sie dann nur weiter. Später, wenn Du Ersatzteile oder eine Reparatur benötigst, könnte es Schwierigkeiten geben.

Den Service betrifft auch die vierte Frage: Kann ich den Hersteller, in der Regel wird es aber die nach Deutschland importierende Firma sein, auch kontaktieren? Gibt es Ersatzteile, wie lange dauert eine Lieferung? Kann man auch einen Flügel oder das Leitwerk nachbestellen, kann ich einen defekten Sender oder Empfänger einschicken und wird er schnell repariert?



Ein Heli, mit dem der Einstieg gelingen kann



Wenn Du Hubschrauber und nichts anderes Fliegen willst, fängst Du auch gleich mit dem Hubschrauber an. Die Fragen an unseren Fachhändler sind dann die gleichen und die Frage nach lieferbaren Ersatzteilen und deren Preisen ist besonders wichtig. Nur bei der Größe ist es anders. Es gibt kleine und auch winzige Hubschrauber, sowohl als Koaxhelikopter als auch normale Heckrotor-Modelle. Sie sind für den Anfang gut, weil sehr unempfindlich, selten geht etwas kaputt, selbst wenn sie mit der Nachttischlampe kollidieren. Und das passiert leicht, weil sie selten draußen geflogen werden können, da sie keinen Wind vertragen.

Man findet eine große Menge solche Minihelikopter und es gibt auch nicht wenige darunter, die nichts taugen. Auch diese kleinen Modelle kauft man nicht im Baumarkt oder

irgendeinem Discounter auf der grünen Wiese. Sie werden nicht fliegen, und wenn sie es tun, dann nicht lange. Und Ersatzteile bekommt man dann sowieso nicht.

Manche Hubschrauberexperten empfehlen jedoch gerade für den Anfang einen größeren, ausgewachsenen RC-Helikopter mit Rotordurchmesser um 1 Meter. Sie fliegen wesentlich ruhiger. Hat man die Möglichkeit, mit einer Lehrer-Schüler-Anlage zu üben, ist das auch eine gute Lösung.

Transportmöglichkeiten

Diese Frage müsste eigentlich ganz am Anfang stehen. Passt das künftige Modell auch ins Auto? Und was ist, wenn Du mit einem Fahrrad zum Flugplatz kommen musst?

4C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Das Fluggelände Der Vereinsflugplatz

Allein macht das Fliegen wenig Spaß. Am besten aufgehoben ist man im Verein. Erkundige Dich, ob Du in der Nähe einen hast, übers Internet bekommt man es heraus, auch der größte Dachverband, der Deutsche Modellflieger Verband (DMFV), hilft. Und natürlich weiß auch der Fachhändler, wo geflogen wird. Im Verein wirst Du nicht nur Hilfe und Freunde finden. Die erfahrenen Kollegen haben meist auch noch irgendwelche Modelle in der Werkstatt herumliegen, die sie einem Anfänger gern günstig abgeben.

Wenn Du mehrere Vereine in der Nähe hast, so vergleiche sie. An erster Stelle zählt natürlich die Entfernung. Aber jeder Verein hat seine Schwerpunkte, frage danach. Stimmen Deine Pläne damit überein? In einem Trupp von eingefleischten Großmodell-Fans wirst Du mit einem kleinen Elektrosegler etwas einsam sein. Willst Du Verbrennermodelle fliegen? Ist dort der Betrieb von Verbrennermotoren erlaubt? Und wenn ja, zu welchen

Zeiten? Vielleicht scheiden also Motormodelle mit Verbrennungsmotor ganz aus. Es bleiben Segler, Elektrosegler, Elektro-Motormodelle.

Willst Du Segler fliegen? Segler müssen auf Höhe gebracht werden. Wird im Verein der Hochstart mit Gummiseil, Winde oder F-Schlepp praktiziert? Fliegt man Hubschrauber, so will man Gleichgesinnte finden. In manchen Vereinen gibt es keine Hubschrauberpiloten, manchmal sind sie auch nicht so gern gesehen, weil ihre Luftraumansprüche nicht immer zu Flächenmodellen passen.

Fliegenlernen ohne viel Lehrgeld zu bezahlen

Ein erfahrener Modellflieger an der Seite ist die beste Flugunfallversicherung. Er kann das Modell starten, auf Höhe bringen und Dir dann den Sender übergeben. Auch die erste Landung, die schwierigste Aufgabe („Fliegen





heißt landen“) wird er übernehmen. Ganz komfortabel ist es, wenn er einen Sender hat, der über ein so genanntes Lehrer-Schüler-Kabel eine Verbindung zu Deinem Sender herstellen kann. Dann kann er durch einen Umschalter sofort das Kommando übernehmen.

Auf Feldern und Wiesen

Mit Modellen unter 5 kg Gewicht kann man fast überall fliegen, wenn der Grundstückseigentümer einverstanden ist und man niemanden gefährdet oder belästigt. Es darf auch kein Flugplatz in der Nähe sein und Naturschutzgebiete sind tabu. Das klingt einfach, und doch sind solche Flächen rar.

Mit einem Motormodell sind zusätzlich 1,5 km Abstand zur nächsten Siedlung einzuhalten. Doch das Fliegen mit diesen Modellen sollte man grundsätzlich auf Vereinsflugplätze beschränken. Die Verbrenner sind nun mal laut und es könnte sich jemand gestört fühlen, auch wenn er weit entfernt wohnt. Anders herum gesagt: Mit dem weit getragenen Motorgeräusch machen wir auf uns in einem großen Umkreis aufmerksam. Nicht alle Mitmenschen finden den Modellflug gut und jeder Konflikt schadet dem Sport. Wenn Du aber jedoch keinen Verein in der Nähe hast, aber nette Bauern, die nichts dagegen haben, wenn Du auf deren Stoppelacker oder Wiese herumläufst, so ist auch hier der Elektrosegler das beste Flugzeug.

Der Hang, das besondere Fluggelände

Wenn der Wind auf einen Berg trifft, wird er nach oben abgelenkt. Die Höhe eines Hangs ist weniger wichtig als seine Form. Gut ist ein Hang, wenn das davorliegende Gelände frei, der Hang glatt oder zumindest nicht zu sehr zerklüftet ist. Ein unter der Hangkante stehender Wald stört nicht – solange man dort nicht notlanden muss. In diesem „nach oben wehenden“ Wind können wir wunderbar fliegen, die Höhe halten und Höhe gewinnen. Ob sich ein Hang zum Fliegen eignet, hängt von vielen Faktoren ab, dem Gelände, dem Vorland, dem Wind und den Landemöglichkeiten.

Das sicherste Merkmal – Du siehst öfter Modellflieger drauf. Der Hang soll oben eine Fläche zum Landen haben, muss offen sein, auch sein Vorland dem Wind freie Bahn lassen und gegen die in der Gegend vorherrschende Windrichtung ausgerichtet sein.

Mehr zum Thema ...

... Hangflug findest Du in DMFV-Wissen: Hangflug. Das 68-seitige Buch gibt es für 12,- direkt unter www.dmfv-shop.de



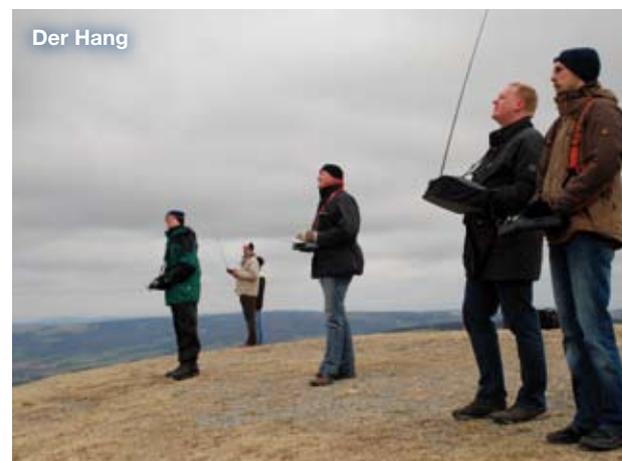
Das Hangfliegen ist ein besonders Erlebnis, und wenn Du einen Hang in der Nähe hast, brauchst Du nie einen Motor. Am Hang kannst Du, je nach Windstärke, mit jedem Segler fliegen. Es gibt jedoch spezielle Hangflugmodelle, schnelle kunstflugtaugliche Segler, mit denen man enorme Geschwindigkeiten erreichen kann. Hangfliegen ist nicht einfach, manche Hänge sind richtig schwierig, aber am Hang lernt man das Fliegen auch am schnellsten und am gründlichsten.

Die Versicherung

Jedes Flugmodell, das im Freien betrieben wird, muss versichert sein. Auch ein kleiner Styropor-Elektrosegler ist gemeint. Halterhaftpflicht ist seit 2005 für alle Modellflieger Pflicht! Ausgenommen sind lediglich Saalflug- und Indoor-Modelle. Die Summen, um die es geht, sind beträchtlich: „Im Falle der Tötung oder Verletzung einer Person haftet der Ersatzpflichtige für jede Person bis zu einem Kapitalbetrag von 600.000,- Euro oder bis zu einem Rentenbetrag von jährlich 36.000 Euro.“

Ohne Versicherung geht also kein Modell in die Luft, so ist die Rechtslage. Private Haftpflichtversicherung schließt (manchmal) auch den Betrieb (bestimmter) Flugmodelle (unter bestimmten Voraussetzungen) ein. Sich darauf zu verlassen ist aber riskant, im Schadensfall findet sich schnell „Kleingedrucktes“, das den Versicherungsschutz aufhebt. Eine Versicherung muss man haben, sie ist sinnvoll. Wir wollen keine Unfälle mit Verletzten konstruieren, dazu kommt es hoffentlich nicht. Aber schon der Absturz eines kleinen Modells auf ein Auto auf dem Parkplatz kann schnell einige hundert Euro kosten.

Die Beste ist eine spezielle Versicherung, die ausschließlich den Flugbetrieb mit Modellen deckt. Solche, speziell auf die Belange des Modellfluges zugeschnittene Policen gehören zum Serviceangebot des Deutschen Modellflieger Verbands. Man kann dort auch eine Einzelmitgliedschaft abschließen.





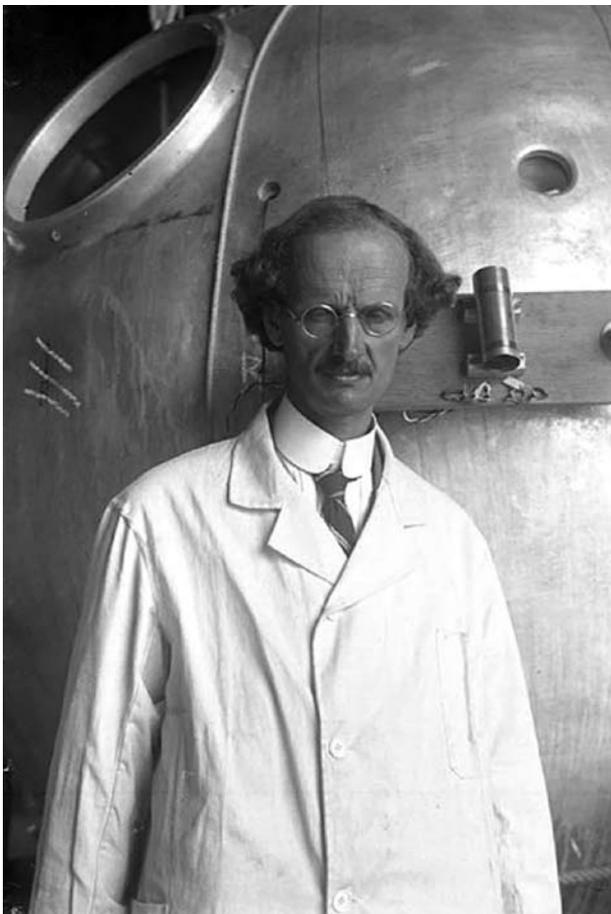
5C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Kurzer Ruhm

Die Ballone

1783, mit den ersten Starts der Montgolfières und Charlières begann die große Zeit der Ballone – und endete nur wenige Jahre später. Die anfängliche Sensation, der oft mehrere hunderttausend Schaulustige beiwohnten, wurde ziemlich schnell zu einer der vielen Attraktionen, die der Belustigung der Massen dienten. Man schaute sich es drei- oder fünfmal an, mehr wollte man nicht sehen, zumal geschäftstüchtige Ballonfahrer bald von den Zuschauern Eintrittsgelder verlangten.

Die meisten wollten ja nur zuschauen, mitzufahren trauten sich nicht viele. Und dennoch hatte die Ballonerfindung eine weitreichende, revolutionäre Bedeutung. Technisch brachten die Ballone zwar nichts Neues, keine neuen Technologien, keine neuen Materialien. Doch der Mensch erhob sich zum ersten Mal in die Luft, sah zum ersten Mal die Welt von oben, aus einer Perspektive, die er sonst vielleicht nur von den Bergen kannte. Er stellte fest, dass er auch in der dritten Dimension überleben kann – viele hatten es bis dahin bezweifelt. Gleichzeitig erkannte er seine Grenzen, die ihm frostige Höhen und dünne Höhenluft setzten.



Piccard vor seiner Stratosphärenkapsel

Die ersten Luftfotografien sind aus Ballonen entstanden, gemacht vom berühmten Nadar, (Gaspard-Félix Tournachon, 1820-1910), der unter anderem Paris aus der Luft aufnahm.

Auch gesellschaftspolitisch hatte die Ballonfahrt eine große Wirkung. Die letzte Phase der Aufklärung hat durch viele technische Errungenschaften das Leben fundamental verändert. Nur der Menschenflug blieb unerreichbar, wurde auch von der Kirche immer abgelehnt: Diese Dimension soll Gott, bestenfalls noch den Engeln, vorbehalten bleiben. Mit den Ballonstarts, bei denen gelegentlich auch damalige „VIPs“, Professoren oder Adelige mitgefahren sind, war das letzte Ziel der Moderne erreicht.

Doch die große Zeit der Ballone war bald vorbei, auch wenn sie nie ganz verschwanden. In den folgenden Jahrzehnten haben die Ballone – bemannt und unbemannt – noch wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse gebracht. Mit einem Gasballon hat August Piccard im Jahr 1931 eine Höhe von 17.385 Meter und somit die Stratosphäre erreicht; der Amerikaner Joe Kittinger ist im Jahr 1960 sogar auf 31.360 Metern aufgestiegen, von wo er – wie vorgesehen – mit einem Fallschirm abstieg. Dank der konstanten Höhenwinde ist auch eine Weltumrundung mit einem Gasballon gelungen (Steve Fossett, 2002). Heute wird der Ballon – überwiegend Heißluftballon – als Sportgerät eingesetzt.

Die Luftschiffe waren besser

Die Entwicklung der Luftschiffe verlief pragmatischer als die der Luftballone. Es ging darum, ein Transportmittel zu konstruieren. Prinzipiell gibt es zwei Typen eines Luftschiffs: Die Starrluftschiffe, auch Zeppeline genannt (was nicht korrekt ist, denn „Zeppeline“ waren nur die am Bodensee gebauten Luftschiffe), und die Prallluftschiffe, die Blimps. Erstere haben ein festes, leichtes Skelett, das ihnen Form verleiht, die anderen werden nur durch den Innendruck des Gases stabilisiert. Beide sind mit Leichtgas gefüllt. (Zwischen gibt es auch, die Halbstarluftschiffe, die ein bisschen Skelett haben, ansonsten jedoch prall gefüllt sind. Und es gibt auch Heißluftschiffe, die, wie Heißluftballone, mit Hilfe eines Gasbrenners ihren Auftrieb erzeugen, gleichzeitig aber mit Motor und Rudern voll steuerbar sind). Die ersten Luftschiffe wurden mit Dampfmaschinen (1852) oder – man staune – mit einem Elektromotor angetrieben (1884).

Meilensteine der Luftfahrtentwicklung sind die Zeppeline geworden (Ferdinand Adolf Heinrich August Graf von Zeppelin, 1838-1917). Der erste Start fand 1900 am Bodensee statt. Nach mehreren Luftschiffotypen ist der Zeppelin langstreckentauglich geworden. Beim 64. Flug

Bei einer Fahrt im Luftschiff kommt man sich vor wie in einem gemütlichen Autobus mit traumhaften Ausblicken – wenn man will, schiebt man das Fenster auf. Auch die Piloten kennen keinen Stress



über den Atlantik brachte die Katastrophe des LZ 129 „Hindenburg“ bei der Landung in Lakehurst am 6. Mai 1937 auch das Ende der Luftschiffe. Mit einer Gasfüllung aus Helium anstatt brennbaren Wasserstoffs hätte das Unglück vermieden werden können (Helium war in den benötigten Mengen nur in den USA erhältlich und die Amerikaner lehnten eine Lieferung an Nazi-Deutschland ab). Doch auch mit einer Heliumfüllung hätten die Luftschiffe keine Chance mehr gegen die immer besseren Flugzeuge gehabt.

Als Werbeträger tauchen die Luftschiffe, meistens Blimps, Prallluftschiffe, noch heute am Himmel auf, mit Firmenlogos geschmückt. Sie können auch einige Passagiere mitnehmen und wer einmal das Glück hatte mitzufahren, erlebte wahrscheinlich das schönste Flugerlebnis seines Lebens. Es ist ein Schweben und Fliegen zugleich, völlig ruhig, mit sanften Bewegungen und wunderbarer Aussicht durch große Fenster, die man natürlich auch öffnen kann. Man kommt sich wie in einem der wundersamen Flugapparate eines Jules Verne vor. Es gibt viele Leute, die unter Flugangst leiden. Schwer vorstellbar, dass in einem Luftschiff jemand Ängste erleiden könnte.

Die Zukunft der Ballone und Luftschiffe

Einige Begeisterte, darunter auch kompetente Fachleute, arbeiten weiterhin an einer Zukunft des

Ballons und des Luftschiffs als moderne Transportgeräte. Die Pläne sind einleuchtend: Der Transport von Lasten in nicht erschlossenen Gebieten ist mit einem Ballon oder Luftschiff, gegenüber einem Hubschrauber, extrem kraftstoffsparend, also ökologisch – die Hebekraft kommt vom Auftrieb des Gases anstatt von tausende Kilowatt starken Motoren eines Transporthubschraubers. Außerdem kann man die Last in der Luft auch einfach „einparken“ und erst bei Bedarf herunterholen. Der Betrieb ist leise und vergleichsweise einfach. Die Nachteile wie die des Hangarierens der riesigen Geräte, deren Transport über große Entfernungen oder Einsetzeinschränkung bei stärkerem Wind scheinen jedoch zu überwiegen.

Wir haben es eilig! Zu leicht ist nicht gut fürs heutige Fliegen

Die Ballone und Luftschiffe sind in der Personenbeförderung an ihre Grenzen gestoßen, als den Menschen die Zeit abhanden kam. Seitdem heißt es, schneller, immer schneller, Termine einhalten, keine Verspätung in Kauf nehmen. Luftschiffe mit ihrem voluminösen Flugkörper sind langsam – die LZ 129 Hindenburg hatte eine Reisegeschwindigkeit von rund 125 km/h. Bei 60 km/h Gegenwind, was keine Seltenheit über dem Atlantik ist, verdoppelte sich die Reisezeit. Kein Fahrplan kann dann stimmen.



6C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Luftfahrt heute und morgen

Ein Ausblick in die Zukunft

In der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts, also um das Jahr 1950, war das Fliegen für die meisten Menschen immer noch ein Abenteuer, ein sehr teures dazu. Und es war gar nicht ungewöhnlich, wenn jemand sagte, „Ich bin noch nie geflogen“. Heute ist es längst anders und manche steigen nicht nur im Urlaub, sondern monatlich mehrmals in ein Verkehrsflugzeug ein. Für sie ist es normal wie eine Eisenbahnfahrt, für andere bleibt es ein Abenteuer: Aufregend, spannend, toll, manchmal nicht ohne schwitzende Hände und Angstgefühle.

Und ein beträchtlicher Teil der großen Verkehrsflugzeuge fliegt beinahe menschenleer, nur mit Cockpitbesatzung: Sie transportieren alle möglichen Güter rund um die Welt. Die Sportflieger fliegen aus Spaß, manche von ihnen, vor allem die Segelflieger, auch sehr leistungsorientiert, auf Wettbewerben oder auf Rekorde aus. Mit ULs, ultraleichten Flugzeugen, will man die Kosten senken, den Spaß steigern. Und die Gleitschirmflieger sind Minimalisten: Mit einem Schirm im Rucksack können sie über Berge wandern und wenn's passt und gefällt, einfach wie Vögel davon fliegen. Am besten sind die Modellflieger dran: Sie können alles fliegen, was sie möchten: Vom Verkehrsflugzeug, Hubschrauber bis hin zum Segler oder, wenn sie wollen, auch einen ferngesteuerten Gleitschirmflieger.

Warum die Umwege?

Die ersten Überlegungen zum Fliegen, ob in Märchen oder als technische Ideen, hatten immer den Vogelflug zum Vorbild, der Mensch als Vogel, mit Flügelschlag fliegend. Daran änderte sich Jahrhunderte lang nichts, viele haben es dann auch praktisch versucht, die einsamen Bastler ebenso wie manche damalige Gelehrte. Bis heute blieb der Erfolg aus. Es war ein Irrweg und hat auch die Entwicklung der Flugmaschinen unnötig verzögert.

Das ist aber das eigentlich Interessante an der Wissenschaftsgeschichte: Warum brauchten manche Entdeckungen so lange? Warum konnten sich die Menschen Jahrhunderte lang nicht von der uns heute sofort als falsch erscheinenden Überzeugung lösen? Wo doch schon eine gefaltete Papierschwalbe eine bessere Idee hätte bringen können.

Der Mensch nimmt nur das wahr, was er begreift und erklären kann. Das Unbegreifliche, Unverständliche wird verdrängt oder so erklärt, dass es ins Weltbild passt – auch wenn das Weltbild dabei manchmal etwas verzerrt wird. Dass die bewegte Luft Kräfte entwickeln kann, die man nur geschickt auszunutzen hat, war dennoch bekannt. Die Windmühlen trieben schon damals Maschinen an. Bereits vor mehr als 3.000 Jahren gab es Segelschiffe, die

moderneren von ihnen konnten gegen den Wind kreuzen, was schon dem Prinzip „Fliegen“ sehr nahe kommt, denn das Segel funktioniert dann genau wie ein Flügel. Das Segel wird dabei nicht einfach durch den Wind nach vorn gedrückt, sondern schiebt sich durch die Strömung und erzeugt Auftrieb, der für die Vorwärtsbewegung sorgt. Das Segelschiff macht etwas, das auf den ersten Blick unmöglich erscheint: Es segelt gegen den Wind.

Hat der Mensch als Vogel vielleicht heute wieder eine Chance?

Mit der Verwirklichung des Flügelschlag-Flugs sieht es immer noch schlecht aus. In der Fachliteratur heißt es dazu: „Der Vogelflug wird aufgrund seiner biophysikalischen Komplexität für den Menschen niemals technisch realisierbar sein.“ Auch wenn man nie „niemals“ sagen soll, weil die Technik- und Wissenschaftsgeschichte viele falsche Prophezeiungen offenbart, so sieht es in diesem Fall in der Tat so aus, dass der Mensch wirklich nie imstande sein wird, wie ein Vogel mit Flügelschlag zu fliegen.

Nun wollen wir uns die Gründe genauer anschauen, auch deshalb, weil auch heute noch einige unbelehrbare Optimisten am Projekt Vogelflug weiter arbeiten.

Was spricht dagegen?

- Der Mensch ist zu schwer
- Er hat nicht genug Kraft, vor allem nicht in seiner für den Flügelschlag notwendigen Brustmuskulatur
- Die Feinstuerung der Flügel, die der Vogel so perfekt beherrscht, und zwar sowohl beim Flügel Auf- als auch Abschlag, aber auch beim Gleitflug, Kurvenflug und der Landung, können wir nie technisch in einer starren Flügelkonstruktion umsetzen

Stimmen die Argumente?

- Das Gewicht: Der Mensch ist in der Tat sehr schwer, verglichen mit einem Vogel mit seinem Leichtbau mit vielen Röhrenknochen. Aber: die schwersten flugfähigen Vögel, die Großtrappen, wiegen immerhin über 15 kg. Könnte also zumindest ein starkes Kind so fliegen? Der prähistorische Raubvogel *Argentavis magnificens* wog sogar 70 Kilogramm – damit lag er durchaus in menschlichen Dimensionen. (Die noch schwereren Flugsaurier wie der *Quetzalcoatlus* wogen zwar ausgewachsen mindestens 100 kg, es wird jedoch angenommen, dass sie nur den Gleitflug beherrschten.) Das Gewicht scheint aber nicht das entscheidende Hindernis zu sein.



Muskelkraftflugzeug aus dem Massachusetts Institute of Technology

- b. Die Kraft in den dafür notwendigen Muskeln: Die wird der Mensch wohl niemals haben, auch wenn manche Bodybuilder Brustmuskulatur zeigen, die durchaus einer Großtrappe imponieren könnte. Die „Konstruktion Mensch“ ist aber völlig ungeeignet, um den Flügelschlag mit Muskelkraft zu bewältigen. Die Idee da Vincis, weitere Muskel, wie zum Beispiel die Beine, hinzuzunehmen, ist klug, aber die aufgestellte Leistungs-Gesamtrechnung zeigt es: Auch die komplette menschliche Muskelleistung reicht nicht, um ihn mit einem noch so raffinierten Gerät mit Flügelschlag in die Luft zu heben.
- c. Die Feinsteuerung des elastischen Vogelflügels. Hier ist aber am ehesten etwas Optimismus angebracht – Bionik ist die Technologie der Zukunft und wir stehen erst am Anfang der Entwicklung. Die Feinmotorik der lebenden Organismen wird irgendwann technisch in Maschinen realisierbar sein.

Die für den Flug benötigte Muskelkraft im Zusammenhang mit der menschlichen Anatomie sind also der definitiv limitierende Faktor im Projekt „menschlicher Vogelflug“, weshalb wir vernünftigerweise diesen Weg nicht weiterzuverfolgen brauchen. Misserfolge haben genug Beweise erbracht. Die bisher einzigen erfolgreichen Flüge mit Muskelkraft gelangen mit Flugzeugen, die durch

einen Propeller angetrieben wurden. Der Pilot tritt in die Pedale – dort, in den Beinmuskeln, kann er die stärksten Kräfte mobilisieren. Auf einen großen Propeller umgesetzt, genügt die Leistung eines hochtrainierten Athleten zu einem Flug – bei optimalen Bedingungen und in einem speziellen, extrem teuren Hightech-Gerät.

Die Zukunft ist elektrisch, die Zukunft ist solar

Doch selbst wenn es den Ingenieuren irgendwann gelingen sollte, ein „Tretflugzeug für jedermann“ zu entwickeln, mit dem wir uns für eine oder drei Minuten (für mehr würden unsere in Büros gestählten Muskeln nicht reichen) zu entwickeln, so würden es Ladenhüter werden.

Der Mensch richtet seine Erfindungen darauf aus, es möglichst bequem zu haben. Warum strampeln, wenn der Elektromodellflug den weit besseren Weg zeigt, wie man mühelos fliegen kann? Die ersten Großflugzeuge mit Elektro-Antrieb, Motorsegler und ULs sind auch schon geflogen. Und weil das Fliegen bei Sonnenschein am schönsten ist, ist es doch nur logisch, unterwegs auch den Strom zu tanken. Das preiswerte Solar-Elektro-Volksflugzeug könnte die ferne Perspektive sein.