



[www.dmfv.aero](http://www.dmfv.aero)  
[www.jugend.dmfv.aero](http://www.jugend.dmfv.aero)

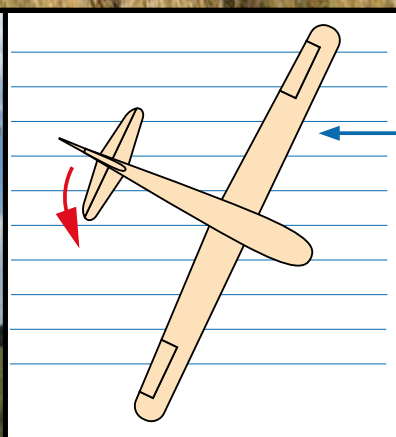
# Grundlagenwissen zum Modellflugsport

## Schulungsunterlagen

Michal Šip



**Das Gesamtwerk – Teil A+B+C**



Erster Überblick • Einstieg in die Materie • Weiterführend, für Fortgeschrittene



# Inhalt

## Kapitel 1

### 1A – Erster Überblick

Eine kurze Einführung in das Hobby – Modellflug: Jeder kann Pilot werden

Seite 04

### 1B – Einstieg in die Materie

Die moderne RC-Anlage – Was sie kann und was sie können muss

Seite 07

### 1C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Die Antriebe – Klein, leicht und effizient müssen sie sein

Seite 09

## Kapitel 2

### 2A – Erster Überblick

Grundlagen der Fliegerei – Das Fliegen: Wie funktioniert es, worauf kommt es an?

Seite 12

### 2B – Einstieg in die Materie

Auf die Einstellung kommt es an – Was man vor dem Erstflug beachten muss

Seite 16

### 2C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

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

Seite 20

## Kapitel 3

### 3A – Erster Überblick

Von der Theorie zur Praxis – Werkstatt und Werkstoffe

Seite 22

### 3B – Einstieg in die Materie

Und wie geht es weiter? – Die Wahl des richtigen Modells

Seite 25

### 3C – Weiterführend, für fortgeschrittene

Die Einkaufstour – Das ist zu beachten

Seite 32

## Kapitel 4

### 4A – Erster Überblick

Es geht in die Luft – Simuliert oder echt?

Seite 35

### 4B – Einstieg in die Materie

Feintuning – Wie stelle ich mein Modell optimal ein?

Seite 39

### 4C – Weiterführend, für fortgeschrittene

Das Fluggelände – Der Vereinsflugplatz

Seite 42



## Kapitel 5

### 5A – Erster Überblick

Leicht, leichter, am leichtesten – Leichter als Luft

Seite 44

### 5B – Einstieg in die Materie

Falsche Schlüsse aus guten Beobachtungen – Wenn Eindrücke täuschen

Seite 47

### 5C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Kurzer Ruhm – Die Ballone

Seite 50

## Kapitel 6

### 6A – Erster Überblick

Ein Traum, alt wie die Menschheit – Doch lange nur geträumt

Seite 52

### 6B – Einstieg in die Materie

Pioniere der Lüfte – Sie hatten ihre Schwierigkeiten

Seite 54

### 6C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

Luftfahrt heute und morgen – ein Ausblick in die Zukunft

Seite 59



## Grundlagenwissen zum Modellflugsport

wellhausen  
marquardt  
Mediengesellschaft

#### Herausgeber

Deutscher Modellflieger Verband e. V.  
Rochusstraße 104-106  
53123 Bonn-Duisdorf  
Hans Schwägerl  
(Präsident, v.i.S.d.P.)  
Telefon: 02 28 / 97 85 00  
Telefax: 02 28 / 978 50 85  
E-Mail: [info@dmfv.de](mailto:info@dmfv.de)  
Internet: [www.dmfv.aero](http://www.dmfv.aero)

#### Verlag & Redaktion

Wellhausen & Marquardt  
Mediengesellschaft bR  
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51  
22085 Hamburg  
Telefon: 040/42 91 77-0  
Telefax: 040/42 91 77-199  
E-Mail: [post@wm-medien.de](mailto:post@wm-medien.de)  
Internet: [www.wm-medien.de](http://www.wm-medien.de)

#### Redaktion

Christoph Bremer  
Tobias Meints  
Jan Schönberg

#### Autor

Dr. Michal Šip

#### Grafik

Sarah Thomas

#### Copyright

Nachdruck, Reproduktion  
oder sonstige Verwertung,  
auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher  
Genehmigung des Herausgebers.

#### Haftung

Sämtliche Angaben wie Daten,  
Preise, Namen, Termine usw.  
ohne Gewähr



# Kapitel 1

## 1A – Erster Überblick

### Eine kurze Einführung in das Hobby Modellflug: Jeder kann Pilot werden

Der Traum vom Fliegen ist alt, doch die heutige Realität übertrifft die kühnsten Träume, die die früheren Flugpioniere beschäftigten. Das gilt auch und besonders für den Modellflug. Alle Flugzeuge lassen sich heute als Modelle nachbauen und ferngesteuert fliegen. Jeder kann Modellpilot werden, ohne teure Flugschulen und lange theoretische Ausbildung mit schwierigen Prüfungen. Doch einiges von Aerodynamik, Flugmechanik und Konstruktion sollte man auch als Modellflieger verstehen. Nur dann macht das Hobby wirklich Spaß, wenn Du weißt, warum dies und jenes passiert – oder eben auch nicht. Am schnellsten hört der Spaß auf, wenn man Bruch gemacht hat, das Modell abgestürzt ist und man begreift nicht warum. Je mehr man davon versteht, warum ein Flugzeug fliegt, desto seltener wird man auch Trümmer nach Hause tragen müssen.



Viele hunderte Stunden investieren die Erbauer vorbildgetreuer Modelle, um eine möglichst perfekte Kopie des Originalflugzeugs zu verwirklichen. Manche sind perfekt bis hin zum letzten Türgriff und den Fahrwerksklappen



#### Viele Typen, viele Arten: Welche Modelle gibt es denn überhaupt?

Wenn man sich einen Modellflugplatz mit vielen Modellen anschaut, wird einem als Erstes auffallen, dass manche wie richtige Flugzeuge aussehen, mit einer Kabine, wo oft auch ein kleiner Pilot vor seinen Instrumenten sitzt, einer „echten“ Bemalung mit Kennzeichnung am Rumpf. Und dann die anderen Modelle, die zwar auch über Flügel, einen Rumpf und ein Leitwerk verfügen, aber sonst äußerlich wenig mit einem echten Flugzeug gemeinsam haben.

Damit könnte man einfach zwei Schubladen einrichten, fertig: Mit Vorbild, ohne Vorbild. Wir würden aber schnell Probleme bekommen. Viele der Modelle, die „wie echt“ aussehen, sind beim genauen Hinsehen wirklich nur ein bisschen dem Original ähnlich. Und es gibt welche, die wiederum wirklich echt aussehen – dabei aber gar kein Vorbild haben. Die Flugzeugähnlichkeit ist kein wirklich brauchbares Kriterium. Wir müssen also anders heran.





**Nicht alle Modelle haben Vorbilder, brauchen auch keinen Minipiloten in der Kabine – sofern sie überhaupt eine haben. Der Konstrukteur hat ganz freie Hand beim Entwurf. Sein Modell sollte besonders gut fliegen oder sehr schnell sein oder sehr einfach zu beherrschen oder sehr originell aussehen oder, oder ...**

Motorflugzeuge, Segelflugzeuge und Motorsegler sowie Hubschrauber. Innerhalb dieser Kategorien gibt es dann Modelle für den Anfänger, für den schon erfahrenen Hobbyflieger und für den Wettbewerbsflieger.

### **Funkferngesteuert: Es war nicht immer so**

Freiflug: Ungesteuert heißt auch frei. In den frühen Zeiten hat man Modelle fliegen lassen. Sie waren ungesteuert, freifliegend. Das war gar nicht langweilig, sondern richtig spannend. Man wusste nie, wie lange das Modell in der Luft bleibt, wo und wie es landet, ob man es überhaupt noch findet. Die Landschaft war allerdings auch freier, Autobahnen eine Seltenheit, die wenigen Straßen kaum befahren. Ungesteuerte Modelle werden heute noch in einer speziellen Sportflugdisziplin, dem Freiflug, eingesetzt. Sie sind mit der modernsten Technik bis hin zu GPS ausgestattet und entsprechend aufwändig, richtige Hightech-Sportgeräte. Es gibt aber nicht mehr viele Modellflieger auf der Welt, die den Freiflug noch betreiben.



**Nur noch wenige Modellflieger beschäftigen sich mit dem Freiflug. Ihre Modelle sehen einfach aus, die Technik ist jedoch sehr komplex**



**Auch Hubschrauber können vorbildgetreu sein oder eine freie Konstruktion. Die Letzteren sieht man am häufigsten**





An die Leine: Einer der ersten Versuche, Modelle zu steuern, war der Fesselflug. Das Modell – immer natürlich mit Motor – fliegt im Kreis um den Piloten herum, dieser dreht sich mit dem Flugzeug. Das Modell hängt an zwei dünnen Drähten oder Litzen, die 15 bis 20 Meter (m) lang sind. In der Hand des Piloten sind sie in einem Griff befestigt. Durch Handbewegungen werden die Litzen verstellt – an der einen wird gezogen, die andere nachgelassen. Über eine Mechanik wird das Höhenruder bewegt. Durch die Fesselung kann das Flugzeug nur über eine Achse gesteuert werden, also rauf und runter. Klingt nicht nach viel, ist aber eine spannende Disziplin, in der auch Kunstflug auf engstem Raum möglich ist. Heute wird Fesselflug nur noch von einer kleinen Minderheit, aber mit einer umso größeren Begeisterung betrieben.



**Fesselflieger drehen sich immer im Kreis.**  
**Auch hier gibt es spannende Wettbewerbsklassen**

## Heute fliegt man „radio controlled“, RC

RC heißt Radio Control, also ferngesteuert. Die Anfänge des ferngesteuerten Fliegens vor etwa 70 Jahren waren nicht sehr ermutigend. Unzuverlässig und ganz schwer waren die Komponenten. Erst mit dem Aufkommen moderner Elektronik, der Transistoren, später integrierter Schaltkreise und leistungsfähiger Akkumulatoren wurde die Fernsteuerung zuverlässig und für alle Modelle geeignet.

Heute kann man auch winzige, papierschwalbengroße Flugzeuge und Mikrohubschrauber um den Schreibtisch im Zimmer ferngesteuert fliegen, ebenso wie Großmodelle mit Spannweiten von 5 und mehr Metern und Gewichten bis zu 25 Kilogramm (kg), manchmal sogar noch mehr.

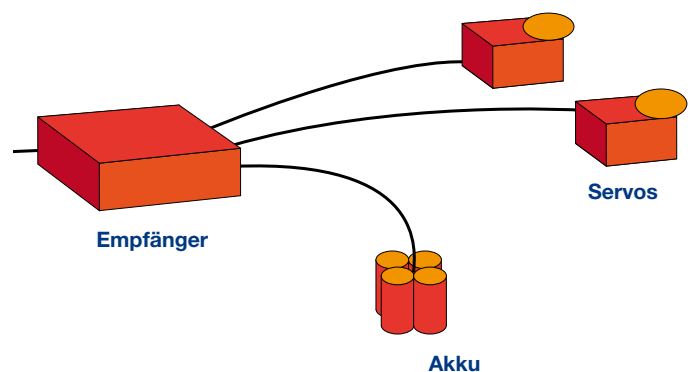
## Moderne Fernsteuerung



## RC: Die drei Komponenten einer Fernsteuerung

Da ist zunächst der Sender. Das Wichtigste sind seine zwei Steuerknüppel, mit denen man die Steuerfunktionen bedient – die Bewegung der Ruder und Klappen und oft auch das „Gas“ beim Antrieb. Hinzu kommen noch weitere Schalter und Schieber für Sonderfunktionen.

Im Modell ist es der Empfänger, der Funksignale vom Sender empfängt und sie für die Servos aufarbeitet. Die Servos, auch Rudermaschinen genannt, setzen diese Informationen in Bewegung um. Ihre kleine Scheibe oder ihr Hebel folgt in ihrer Bewegung dem Sender-Steuerknüppel. Über ein Gestänge wird die Drehung an die Ruder übertragen. So steuert man vom Boden, als ob man selber im Flugzeug säße.







## 1B – Einstieg in die Materie

# Die moderne RC-Anlage

## Was sie kann und was sie können muss

So sehen Fernsteuerungen heute aus. Klein, handlich und vollgestopft mit Elektronik



Das Arbeitsgerät eines Modellfliegers ist seine Fernsteuerung, die „Anlage“. Zwei Joysticks, ergänzt meist durch Schalter und Schieber, lassen eine große Zahl von Funktionen im Modell unabhängig voneinander steuern. Die Befehle werden nach einer Umwandlung im Sender als Funksignale in alle Richtungen abgestrahlt und erreichen auch das Modell, wo sie im Empfänger verarbeitet werden und dann die Servos, die Rudermaschinen steuern. Die Ruder bewegen sich synchron, proportional mit der Bewegung des Steuerknüppels und der Schieberegler.

### Wie weit können Sie fliegen?

Das ist die häufigste Frage, die man als Modellflieger von Laien zu hören bekommt. Die Antwort ist einfach: Mehr, als das Auge sehen kann. Die Reichweite moderner Fernsteuerungen beträgt viele Hundert Meter, je nach Bedingungen kann es auch weit über 1 Kilometer (km) sein. In der Entfernung kann man sein Modell am Himmel schon lange nicht mehr sehen. Wichtig ist nur, dass keine Hindernisse zwischen Sender und Modell vorhanden



Eine der ersten serienmäßigen Fernsteuerungen, eine Tip-Anlage, davor ein Servo. Sie war nicht sehr zuverlässig, die Reichweite war begrenzt und sie war für damalige Verhältnisse sehr teuer. Das Hobby kostete früher sehr viel Geld. Eine Fernsteuerung, ein Motor, ein Modellbaukasten: das, was auf dem Bild zusammengestellt ist, konnte sich nicht jeder leisten

sind, die Empfangsanlage im Modell korrekt eingebaut ist und auch keine Störsignale die Übertragung beeinträchtigen. Moderne RC-Anlagen sind sehr sicher.



## Die schwierigen Anfänge ...

Das, was heute selbstverständlich ist, war noch bis in die 1950er-Jahre des letzten Jahrhunderts ein Traum. Die ersten Fernsteuerungen kannten nur einen Befehl, ein „Ein“ oder ein „Aus“. Dazu drückte man einen Knopf und das Ruder am Modell, meistens war es das Seitenruder, schlug daraufhin aus. Ließ man los, ging das Ruder, von einer Feder oder einem Gummi angezogen, zurück. Das Modell flog also in einer Kurve oder, ohne Steuersignal, geradeaus. Es ging ja auch nur darum, ein Modell zurück zu holen, es sollte nicht wegfliegen. Es tat es oft trotzdem – die Fernsteuerungen versagten häufig.

Diese ersten Fernsteuerungen, so genannte Tip-Anlagen, bekamen später mehrere Funktionen, auch diese natürlich nur als „Ruderausschlag“/„Kein Ruderausschlag“. Und man glaubt es kaum: Experten schafften damit sogar Kunstflug.

## Als man richtig zu steuern begann ...

Erst die Proportionalsteuerungen brachten den Durchbruch – die Ruder reagierten nun simultan auf die Bewegung des Steuerknüppels. Ein wenig rechts war auch am Ruder nur ein wenig rechts, Vollausschlag war auch am Ruder ein Vollausschlag, Knüppel langsam links bewegt, heißt Ruder langsam links zu bewegen. Das war schon eine Revolution, nun konnte man genauso fliegen wie im Pilotensitz.

## Computersender

Den nächsten großen Sprung machte die Fernsteuertechnik mit der Entwicklung der programmierbaren „Computeranlagen“. Das heißt, dass die Steuerbefehle nach vorher eingestellten Vorgaben im Sender bearbeitet werden, bevor sie zum Modell geschickt werden. Die Größe und Richtung der Ausschläge, das Mischen von einzelnen Funktionen, die Zuordnung der Schalter und Schieber des Senders und vieles mehr. Unterschiedliche Steuerungseinstellungen für einzelne Flugphasen können vorprogrammiert werden, dann kann man während des Flugs zwischen ihnen hin- und her schalten. Beispiel: Kleinere Ruderausschläge für den Normalflug, große Ausschläge für Kunstflug. Besonders die RC-Heli-Piloten nutzen die Möglichkeiten sehr ausgiebig, der Hubschrauberkunstflug wäre ohne programmierbare Sender kaum möglich.

Mit dem Programmieren der Sender ist es aber leider wie mit Handys oder Fotoapparaten. Jeder Hersteller verwendet eigene Software, die anders zu bedienen ist. Man muss das Programmieren lernen. Es lohnt sich, bei einer Fernsteuermarke zu bleiben, wenn man mehrere Sender haben will – zum Beispiel einen kleinen Handsender für Reisen und Hangfliegen, und einen Pultsender mit vielen Funktionen für den heimischen Modellflugplatz.

**Computersender lassen sich auf jedes einzelne Modell individuell programmieren.  
Ein Display gibt Auskunft über die jeweilige Funktionen und die Einstellung**







## 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 ( $\text{cm}^3$ ) und nach oben bis etwa  $25 \text{ cm}^3$ . 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  $100 \text{ cm}^3$  und mehr haben. Damit kann man Modellflugzeuge von  $50 \text{ kg}$  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



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

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.





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 Modellflugantriebe 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](http://www.dmfv-shop.de)







# Kapitel 2

## 2A – Erster Überblick

### Grundlagen der Fliegerei

#### Das Fliegen: Wie funktioniert es, worauf kommt es an, und ist es auch gefährlich?

Die Geschichte der Luftfahrt begann mit Ideen von Geräten, die den Vogelflug nachahmten. Man scheiterte. Dann kamen die Ballone und Zeppeline, also nach dem Prinzip Leichter als Luft, und es dauerte noch eine Zeit lang, bis man wieder – und diesmal endgültig, auf Geräte schwerer als Luft zurückkam.

##### Leichter oder schwerer als Luft: Zwei Wege führen nach oben

Benzinmotor und Propeller in dem Flyer der Gebrüder Wright haben im Jahr 1903 die neue Ära eingeläutet. Das Prinzip des Flugzeugs mit fester Tragfläche und Antrieb durch einen Verbrennungsmotor und Propeller ist bis heute, trotz aller Verkehrs- und Militärflugzeuge mit Strahlantrieb, das immer noch am meisten verbreitete. Aber auch Ballone und Luftschiffe kann man gelegentlich sehen. Die beiden gegensätzlichen Konzepte existieren noch: Leichter oder schwerer als Luft.

##### Auftrieb und die Dinge, auf die es ankommt

Der Auftrieb ist die Kraft, die ein Fluggerät trägt. Wenn es kein Ballon ist, also leichter als Luft, muss es anders gehoben werden: Mit seinen Flügeln oder dem Rotor eines Hubschraubers. Wenn Du Deine Hand aus dem Fenster eines fahrenden Autos ausstreckst, merkst Du, je nach Stellung der Handfläche, wie diese stark nach

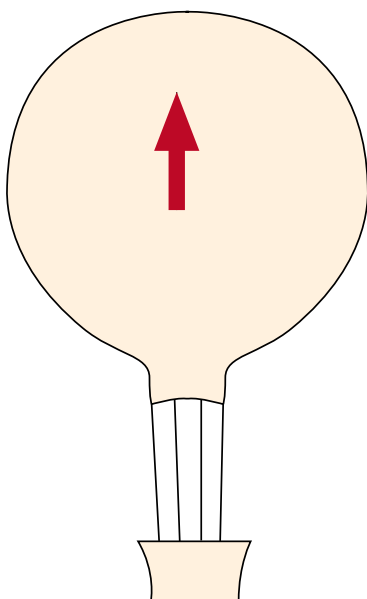
oben gehoben oder nach unten gedrückt wird. Auf der Autobahn ist das Experiment schon gefährlich, so stark werden die Kräfte.

Das ist, was ganz vereinfacht ausgedrückt auch Flugzeuge in der Luft hält. Solange sie sich schnell genug bewegen, können sie gar nicht „runterfallen“, die Luft trägt sie genauso sicher wie das Wasser ein Boot. Je höher die Geschwindigkeit, desto stärker die Auftriebskraft des Flügels. Schnelle Militärjets wiegen viele Tonnen und kommen dennoch mit ganz kleinen Tragflügeln aus. Der Motor hält das Flugzeug nicht in der Luft. Er hat die Aufgabe, es schnell genug zu machen, damit der Flügel es trägt. Bei einem Segelflugzeug ist die geneigte Bahn sein „Motor“, es fliegt sozusagen bergab. Die Größe des Auftriebs hängt von der Flügelgröße, der Fluggeschwindigkeit, dem Profil und dem Anstellwinkel des Flügels ab. Alle diese Größen gehören zusammen – ändert man die eine, hat es Auswirkung auf die anderen.

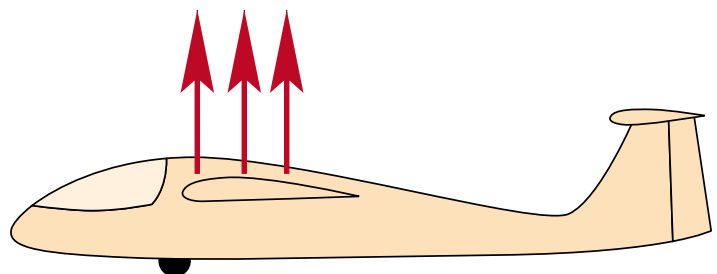
##### Flügelgröße

Je größer ein Flügel ist, desto mehr Auftrieb kann er erzeugen. Bei einem Schiffssegel ist es ähnlich: Je größer es ist, desto größer auch die von ihm erzeugte Kraft.

Die Fluggeschwindigkeit erhöht den Auftrieb. Auch hier kann man das Segel zum Vergleich nehmen, das im starken Wind das Schiff kräftiger vorwärts treibt. Je schneller ein



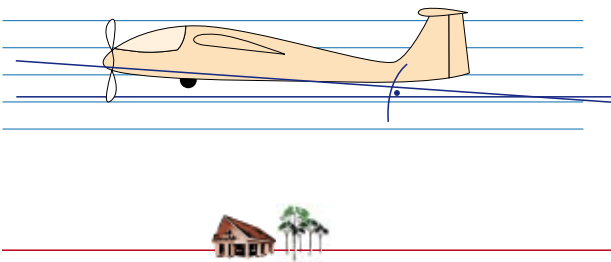
Auftrieb



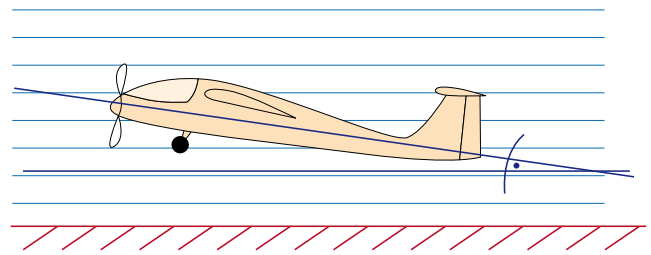
Der Ballon ist leichter als Luft, das ist sein Auftrieb. Ein Flugzeug wird vom Auftrieb seiner Tragfläche getragen – wenn es schnell genug fliegt. Dazu ist der Motor da



1



2



**1: Die Normalfluglage, der Anstellwinkel ist gering, der Widerstand ebenso.**

**2: Das Höhenruder voll gezogen, das Flugzeug setzt zur Landung an. Großer Anstellwinkel, höherer Auftrieb, größer Widerstand. Den Anstellwinkel bestimmt der Pilot. Es ist der Winkel der Profilachse zur Luftströmung**

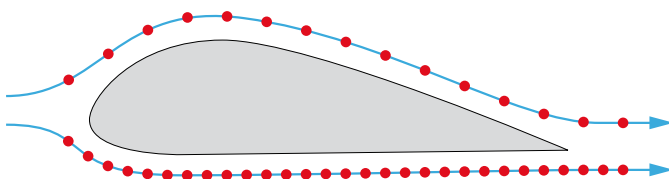
Flugzeug fliegt und sein Flügel durch die Luft bewegt wird, desto höher wird der von ihm erzeugte Auftrieb sein.

Merke: Mit einem kleineren, schnell fliegenden Flügel können wir den gleichen Auftrieb erzeugen wie mit einem großen, aber langsam fliegenden. Anschauliches aus dem Tierreich: Eine Eiderente hat keine allzu großen Flügel. Sie muss recht flott unterwegs sein, mit 76 Kilometer in der Stunde (km/h) gehört sie zu den schnellsten Streckenfliegern. Ein Storch mit seinen gewaltigen Flügeln kann dagegen langsam gleiten und trotzdem seinen schweren Körper tragen.

## Das Profil

eines Tragflügels hat fast immer eine nach oben gewölbte Form, weil sie dann einen Auftrieb erzeugt. Klingt zunächst seltsam. Der „Buckel“ müsste ja das Profil nach unten drücken, oder? Es ist genau umgekehrt.

Die Vorgänge sind sehr kompliziert und nur durch mathematische Modelle einigermaßen korrekt zu beschreiben. Machen wir es uns also einfacher, auch wenn es nicht ganz richtig sein wird.



In unserem Beispiel ist unterhalb des Profils der Druck höher als oberhalb. Die Differenz dieser beiden Drücke ist unser Auftrieb, besser gesagt: Ein Teil davon, denn es sind weitere Strömungskräfte im Spiel. Auf der Flügeloberseite ist der Druck geringer, auf der Flügelunterseite größer. Etwas stört uns dabei. Weil Gase immer nach einem Ausgleich der Druckunterschiede streben, haben sie auch an den Flügelenden dazu eine gute Möglichkeit. Dort kann die Luft von unten nach oben strömen, was mit einer großen Wirbelbildung, also Widerstand, einhergeht. Lange Flügel, also sehr große Spannweiten, sind im Vorteil: Die Wirbelstörungen an Flügelenden haben weniger Auswirkung auf den Gesamtauftrieb entlang der Tragfläche. Hochleistungssegelflugzeuge haben daher schmale Flügel mit Spannweiten von 25 und mehr Metern

Der Flügel bewegt sich durch die Luft, wird also umströmt. An seiner Vorderkante muss sich die Strömung teilen. Bei Gasen gilt: Die Teilchen streben immer danach, den Raum gleichmäßig zu füllen. Und der Abstand der Teilchen ist gleich Druck. Größere Abstände der Gasmoleküle gleich weniger Druck. Die Teilchen oben müssen sich beeilen, damit sie sich nach dem Passieren des Flügels mit den unteren wieder vereinigen können, weil sonst dahinter wieder Druckunterschiede entstehen würden. Auf der Flügeloberseite müssen die Luftteilchen also eine größere Strecke bewältigen als unten. Oben müssen sie sich auf der längeren Strecke verteilen, deren Abstände werden größer, der Druck folglich geringer als unten. Die Druckdifferenzen auf der Flügelober- und seiner Unterseite sind der Auftrieb. Es sind immer Drücke, die wirken. Wie schon angemerkt, ist diese Beschreibung wirklich grob vereinfacht, ein Aerodynamiker dürfte damit kaum einverstanden sein. Halten wir also fest: Der Auftrieb ist die Folge der Druckverteilung über dem Flügel und um ihn herum.

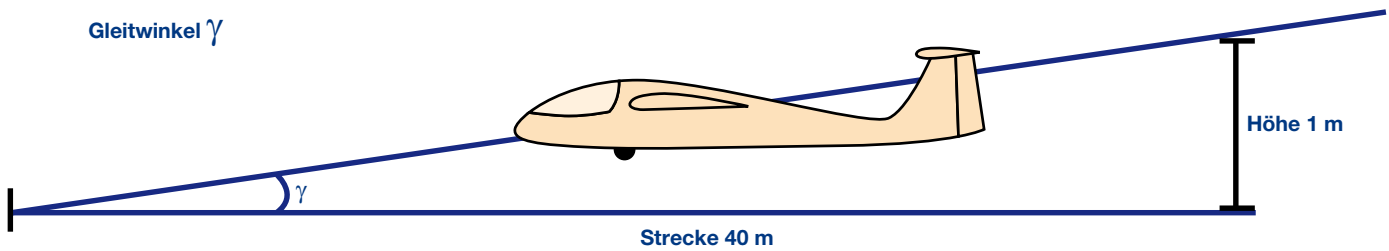
Für jedes Flugzeug versuchen die Konstrukteure ein optimales Profil zu entwerfen. Es soll wenig Widerstand erzeugen (= geringer Kraftstoffverbrauch), viel Auftrieb (= mehr Zuladung) besitzen, aus einer möglichst kleinen Flügelfläche (= weniger Widerstand) viel herausholen und ein großes Geschwindigkeitsspektrum haben (langsam = Start und Landung, schnell = Reiseflug).

## Anstellwinkel

Dieser beschreibt die Schrägstellung des Profils in der Strömung. Je höher angestellt der Flügel ist, desto mehr Auftrieb erzeugt er. Weil aber dabei gleichzeitig der Widerstand wächst, kann man das Spiel nicht unendlich treiben – irgendwann bremst der Widerstand so stark, dass es gar nicht mehr vorwärts geht. Die Strömung am Flügel bricht zusammen. Bei einer Landung wird der Flügel stark angestellt, der Auftrieb ist hoch, das Flugzeug kann also langsam aufgesetzt werden. Gleichzeitig ist der Widerstand in diesem Flugzustand hoch. Mit einem hohen Anstellwinkel langsam zu fliegen ist nur bei Start und Landung sinnvoll.



## Gleitwinkel $\gamma$



$$\text{Gleitwinkel} = 1:40 = \frac{\text{Höhe}}{\text{Strecke}}$$

Merke: Mehr Flügelfläche, höhere Geschwindigkeit, mehr Anstellwinkel bringt mehr Auftrieb. Gleichzeitig verursachen sie dabei auch einen Anstieg des Luftwiderstands.

## Die Flugleistungen: Alles hängt zusammen

Jedes Flugzeug sollte seinen Einsatzzweck gut erfüllen. Das Verkehrsflugzeug muss viele Passagiere schnell und preiswert über große Entfernungen bringen, ein Militärjet sollte eine große Reichweite haben und wendig in den Manövern sein, ein Segelflugzeug muss kleinste Aufwinde nutzen können und weit gleiten. Dazu ist es konstruiert und besitzt ein optimales Flügelprofil. Drei Größen sind es, mit denen man die Leistung beschreiben kann: Geschwindigkeit, Gleitwinkel, Sinken. Sie hängen eng zusammen und verändern sich je nach Flugsituation.

## Die Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit eines Flugzeugs, bei der es flugfähig ist, wird durch zwei Grenzwerte bestimmt: Die Mindest-

geschwindigkeit, unterhalb derer der Auftrieb der Tragflächen zusammenbricht und das Flugzeug nicht mehr fliegt, und die Maximalgeschwindigkeit, bei der die Festigkeit der Struktur noch nicht überfordert wird. Und irgendwo dazwischen liegt die Geschwindigkeit, bei der ein Flugzeug optimal seine Aufgabe erfüllt. Ein Segelflugzeug gleitet dann am besten, kommt also sehr weit, ein Verkehrsflugzeug hat seine Reishöhe erreicht, bei der die Geschwindigkeit und der Kraftstoffverbrauch in einem optimalen Verhältnis zueinander stehen.

Der Gleitwinkel oder sein reziproker Wert, die Gleitzahl, beschreiben, wie weit ein Flugzeug ohne Motor aus einer bestimmten Höhe kommt. Es ist für jedes Flugzeug anders und ändert sich mit Flächenbelastung und Geschwindigkeit. Hat ein Segler zum Beispiel seine beste Gleitzahl von 40 bei 90 km/h, kommt er aus 1.000 m Höhe 40 km weit – aber nur bei dieser Geschwindigkeit. Wird sie höher oder niedriger, verschlechtert sich die Gleitzahl. Eine Erhöhung der Flächenbelastung kann bei modernen Seglern in gewissen, engen Grenzen die Gleitzahl verbessern.

## Rechenecke

Wenn wir lesen, dass ein Segelflugzeug eine Gleitzahl von 40 hat, bedeutet es, dass der Segler aus 1.000 m (= 1 km) Höhe 40 Kilometer weit kommt. Damit können wir auch schon seine Sinkgeschwindigkeit ausrechnen. Setzen wir nun seine Fluggeschwindigkeit mit 80 km/h an. Für die 40 km Strecke benötigt er also die halbe Zeit, 30 Minuten. Bei 80 km/h fliegt er dann etwa 22 Meter pro Sekunde (m/s) weit (1 Stunde = 3.600 Sekunden). Wenn der Höhenverlust auf 40 km Strecke und bei 1.800 Sekunden Flugzeit 1.000 Meter beträgt, so liegt das Sinken des Flugzeugs in einer Sekunde bei etwas über 0,5 Metern. Die Geschwindigkeit betrug 80 km/h, die Gleitzahl 40 und das Sinken 0,5 m/s.

Und nun wollen wir schneller fliegen: Der Segler fliegt doppelt so schnell, 160 km/h. Er braucht nur die halbe Zeit, also eine Viertelstunde, für dieselbe Strecke von 40 km. Verliert er dabei auch nur die halbe Höhe, ist dann seine Gleitzahl (jetzt rechnen wir es genau um) auf 80 gestiegen? Leider nicht. So ein Flugzeug muss erst gebaut werden, alle Segelflieger träumen davon! Wir haben es nämlich mit Widerstand zu tun, und der wächst im Quadrat zur Geschwindigkeit. Doppelt so schnell entspricht vierfach höherem Widerstand. Je schneller wir uns bewegen, desto mehr Kraft wird benötigt, um den Widerstand zu überwinden. Fliegt unser Segler 160 km/h anstatt 80 km/h, so hat er mit dem vierfachen Widerstand zu kämpfen, muss also steil nach unten gleiten, um die Geschwindigkeit von 160 km/h zu halten. Und dabei verschlechtern sich seine Leistungen.

Wie ist es aber mit einem Motorflugzeug? Das hat doch einen Motor! Eine hohe Gleitzahl, also ein flacher Gleitwinkel, ist immer, auch bei einem Motorflugzeug, das Ziel. Selbst wenn es mit dem Motor horizontal fliegt, ist die Gleitzahl dabei. Je besser die Gleitzahl, umso weniger Antriebskraft benötigt ein Motorflugzeug für den Horizontalflug, desto geringer sein Kraftstoffverbrauch. Geringes Sinken, hohes Gleiten, geringer Luftwiderstand, hohe Fluggeschwindigkeit: Das sind die Ziele, die ein Flugzeugkonstrukteur vor Augen hat, die Schrauben, an denen er drehen kann. Leider sind ihm enge Grenzen gesetzt, die Schrauben sind, physikalisch bedingt, recht kurz. Ändert man die eine Einstellung, hat das oft negative Auswirkung auf die anderen.





Das Sinken oder die Sinkgeschwindigkeit beschreibt, wie viel Höhe ein Flugzeug in einer Sekunde verliert. Sie hängt von der Fluggeschwindigkeit, dem Profil und der Flächenbelastung, sprich wie viel Flugzeuggewicht die Tragfläche tragen muss, ab.

### Das Gewicht des Flugzeugs und die Flächenbelastung

Das Gewicht des Flugzeugs beeinflusst seine Leistung. Mehr Gewicht bedeutet eine höhere Flächenbelastung, also ein höheres Sinken. Es wird mehr Auftrieb benötigt, den nur eine höhere Geschwindigkeit oder ein höherer Anstellwinkel liefern können – beides auf Kosten des steigenden Widerstands. Daher ist Leichtbau immer vorteilhaft, bei Großflugzeugen wie im Modellbau. Leicht zu bauen heißt aber auch eine aufwändige Konstruktion und teure Spezialwerkstoffe. Und man darf das Flugzeug nicht so weit „erleichtern“, dass seine Festigkeit beeinträchtigt wird. Im Großflug kommen noch die Sicherheit und nicht zuletzt auch der Komfort hinzu. Keine Fenster, keine Notausstiege, keine Polsterung der Sitze: Das würde natürlich viel Gewicht beim Verkehrs-

flugzeug sparen. Ob dann aber jemals ein Passagier in ein solches Flugzeug einsteigen würde?

Oder wir machen es anders und vergrößern die Tragflügelfläche? Der größere Flügel wiegt auch mehr. Und der Widerstand wächst mit der Flügelgröße auch noch! Das Optimum kann nur ein Kompromiss sein.

### Der Widerstand

Eine widerspenstige Größe ist der Widerstand; er steht immer im Wege und wird immer dann größer, wenn wir es am wenigsten gebrauchen können! Wollen wir schneller Fliegen, steigt er gewaltig. Wollen wir Komfort, also zum Beispiel eine geräumige Kabine, steigt er schon wieder. Vergrößern wir die Flügelfläche, um mehr Zuladung transportieren zu können, ist er auch wieder da, der erhöhte Widerstand. Glatte, stromlinienförmige Oberflächengestaltung des Flugzeugs, kleine Querschnitte von Rumpf und nichttragenden Teilen, ein optimales Flügelprofil und eine möglichst große Spannweite sind die Mittel, mit denen man den Widerstand reduzieren kann. Es bleibt immer noch genug davon, auch beim besten Flugzeug.





## 2B – Einstieg in die Materie

# Auf die Einstellung kommt es an Was man vor dem Erstflug beachten muss

Egal, ob Verkehrsflugzeug, Sportmaschine oder Segler: Die Flugzeuge, die den Hersteller verlassen, sind flugklar und eingeflogen. Sie wurden als Prototyp einer Flugerprobung unterzogen, bei der alle Einstellungen und Änderungen erfolgten, die auf uns als Modellflieger oft noch warten. Zwar werden heutige Fertigmodelle auch nach einem vorher erprobten Prototyp hergestellt, doch bei den meisten muss man noch die RC-Anlage einbauen – und damit hat man es auch mit dem Einstellen des Schwerpunkts zu tun. Unsere Einstellarbeiten betreffen auch noch die Ruderausschläge.

### Die drei Achsen

Ein Flugzeug kann die Nase nach unten oder nach oben nehmen, es kann einen Flügel senken und den anderen heben, oder es kann nach links oder nach rechts abdrehen. Immer bewegt es sich dabei um eine der drei Achsen: Die Längs-, die Hoch- und die Querachse.

Die Drehung um diese Achsen kann absichtlich herbeigeführt werden, also mit den Rudern gesteuert. Oder es passiert einfach, weil das Flugzeug zum Beispiel durch Böen und Turbulenzen fliegt. Das sollte aber den Piloten nicht ins Schwitzen bringen, daher sollte jedes Flugzeug auch eine gewisse Eigenstabilität um jede der drei Achsen besitzen. Ein Flugzeug, das eigenstabil fliegt, gleicht kleinere Störungen der Fluglage, wie sie zum Beispiel durch Böen verursacht werden, selbsttätig aus und kehrt in die Normalfluglage zurück. Für die Eigenstabilität sind das Leitwerk, die Schwerpunktlage und die V-Form der Flügel zuständig, für das Steuern dagegen die Ruder.

Soll das Flugzeug um die Hochachse gedreht werden, tritt das Seitenruder in Aktion, wollen wir eine Rollbewegung – eine Drehung um die Längsachse – einleiten, also einen

Flügel heben und den anderen senken, so werden die Querruder betätigt. Für die Bewegung um die Querachse, also „Nase hoch oder runter“, ist das Höhenruder zuständig.

Merke: Die Leitwerke, bestehend aus Dämpfungsfläche und Ruder, sorgen für Flugstabilität, die Ruder, die beweglichen Teile, sind für das Steuern zuständig.

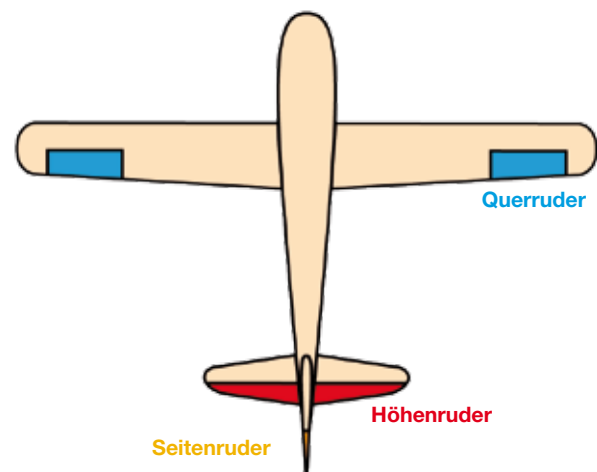
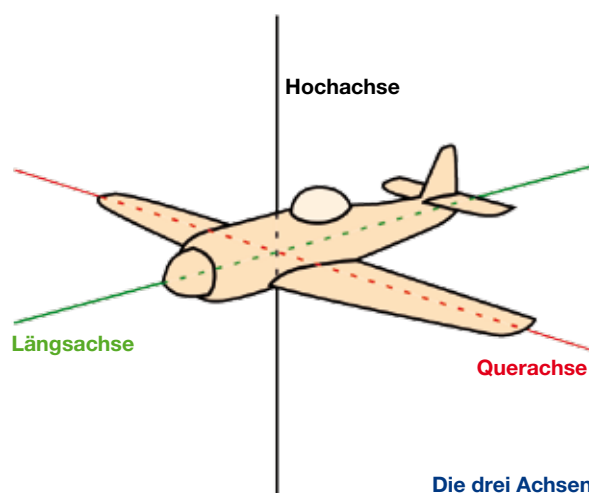
### Stabil, stabiler, am stabilsten?

Das Maß der Eigenstabilität kann man gezielt durch konstruktive Maßnahmen, auch durch die Größe der Ruderausschläge und die Lage des Schwerpunkts beeinflussen. Heißt es nun, je eigenstabiler ein Flugzeug ausgelegt ist, umso besser ist es auch? Dann haben die Piloten ja wenig zu tun! Irrtum. Je eigenstabiler ein Flugzeug ausgelegt ist, umso unwilliger nimmt es auch Steuerbefehle an, umso träger reagiert es. Das könnte irgendwann gefährlich werden. Und ein hohes Maß an Eigenstabilität bringt leider auch Widerstand, verringert also die Leistung. Manche Militärjets fliegen in einer eigentlich unfliegbaren Konfiguration, sie sind instabil eingestellt und nur mithilfe ihrer komplizierten Computersteuerelektronik beherrschbar. Man darf es also mit der Eigenstabilität nicht übertreiben!

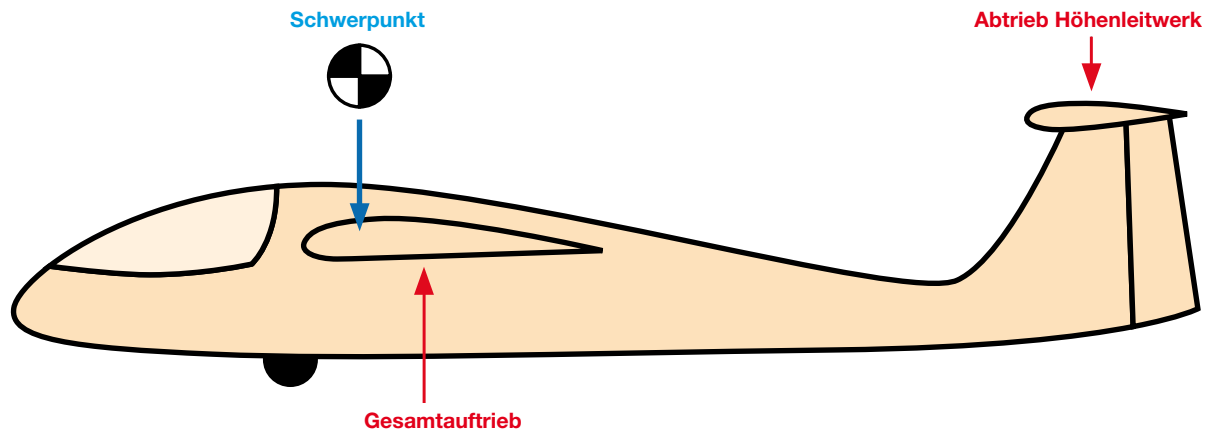
Merke: Das Flugzeug muss über so viel Flugeigenstabilität wie nötig (oder wie erwünscht) verfügen, um sicher zu fliegen und doch so wenig davon wie möglich haben, um eine gute Leistung und Steuerbarkeit zu besitzen.

### Die Querachse und der Schwerpunkt

Steuerung um die Querachse: Die Querachse geht durch den Flügel hindurch. Eine Drehung um die Querachse hat also die Änderung der Flugrichtung nach oben



Die drei Achsen eines Flugzeugs und die Ruder



**Schwerpunkt, Neutralpunkt und die Flugstabilität:** So wie man die Massen eines Flugzeugs in den Schwerpunkt projizieren kann, so kann man es mit den Auftriebskräften tun: Das ist dann der Neutralpunkt, der etwas hinter dem Schwerpunkt liegen muss, damit das Flugzeug stabil fliegt. Dann sind der Flügelauftrieb, der Schwerpunkt und die Wirkung des Höhenleitwerks so aufeinander abgestimmt, dass es immer zurück in einen stabilen Horizontalflug zurück findet. Dem Schwerpunkt folgend, „möchte“ das Flugzeug die Nase nach unten nehmen. Das geht nur bis zu einer gewissen Geschwindigkeit, bei der dann die Wirkung des Auftriebs und die Abtriebswirkung des Höhenleitwerks die Schwerpunktwirkung kompensieren. Bringt eine Bö das Flugzeug in eine steil nach unten gerichtete Flugbahn, so wird es schneller, die Höhenruderwirkung wächst und richtet das Flugzeug wieder auf. Umgekehrt, nimmt es die Nase hoch, wird es langsamer, die aerodynamischen Kräfte werden kleiner, der Schwerpunkt kommt zum Zuge. Das Flugzeug ist um die Querachse stabil

oder nach unten zur Folge, das Flugzeug steigt oder sinkt. Für die Steuerung um diese Achse ist das Höhenruder zuständig.

Die Stabilität um die Querachse wird durch das Verhältnis einiger Faktoren zueinander bestimmt. Zum einen ist es das Höhenleitwerk. Es wirkt – ohne ausgeschlagenes Höhenruder – mit seinem so genannten Fahneneffekt dann entgegen, wenn das Flugzeug ohne Pilotenabsicht seine Lage zu ändern versucht.

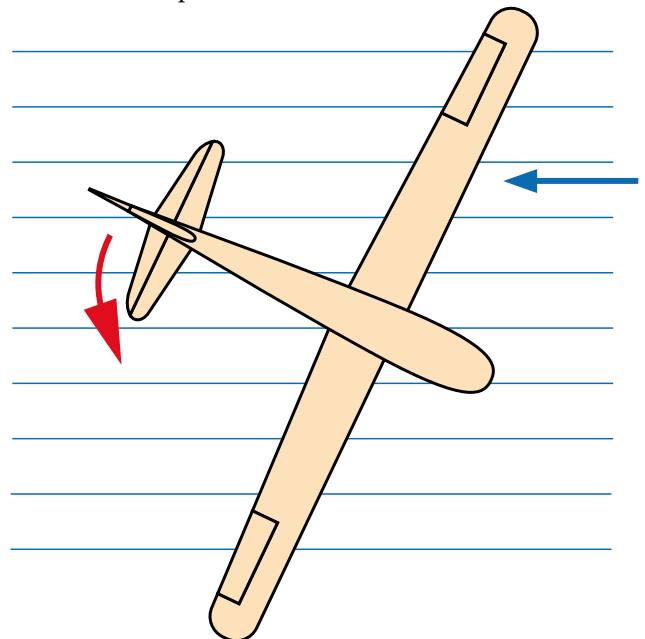
Doch ebenso wichtig für die Stabilität um die Querachse ist die Lage des Schwerpunkts im Zusammenspiel mit der Einstellwinkeldifferenz (EWD). Je weiter vorne er liegt, desto eigenstabiler fliegt das Flugzeug. (Aber: Je extremer diese Schwerpunktvorlage wird, desto träger reagiert das Flugzeug auf Steuereingaben und desto schlechter werden seine Flugleistungen).

Wird der Schwerpunkt dagegen immer weiter nach hinten verlegt, so ist ab einem gewissen Wert Schluss: Das Flugzeug reagiert immer empfindlicher, am Ende trudelt es ab und das Trudeln lässt sich vielleicht nicht mehr beenden.

Das, was wir also für eine gute Stabilität, Leistung und Steuerbarkeit suchen, ist die optimale Lage des Schwerpunkts – mit dem richtigen Wert der EWD. Das gilt für jedes Flugzeug. Selbst in einem halbvollen Verkehrsjet würden es die Piloten nicht akzeptieren, wenn alle Passagiere nur die vordersten oder – noch viel schlimmer – nur die hintersten Sitzreihen belegen würden!

Bei unseren Modellen wird die korrekte Schwerpunktlage in der Bauanleitung angegeben. Durch die Platzierung der RC-Komponenten, vor allem des Akkus, und vielleicht auch zusätzlichen Ballast wird die Schwerpunktlage eingestellt. Die letzten Feinheiten der Schwerpunktlage kann man dann erfliegen – siehe Kapitel 4b.

Merke: „Schwerpunkt geht immer vor Gewicht!“ Lieber etwas mehr Ballast in die Flugzeugnase einpacken, als mit falschem Schwerpunkt zu starten!



**Fahneneffekt:** Das Seitenleitwerk lenkt das Flugzeugheck in Richtung des geringsten Strömungswiderstandes, indem es versucht, parallel zum Fahrtwind zu stehen

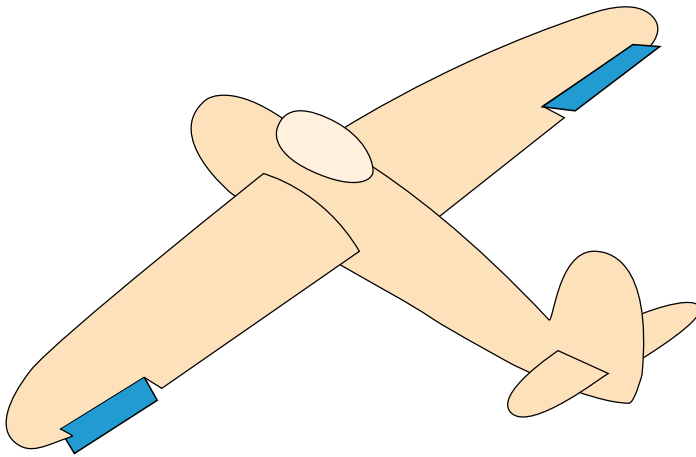
## Die Hochachse

Die Hochachse können wir uns so vorstellen, dass sie von oben nach unten durch das Flugzeug hindurchgeht. Für die Drehung um die Hochachse ist das Seitenruder, für die Stabilität um die Hochachse das gesamte Seitenleitwerk zuständig. Das Seitenleitwerk ist eine Fläche, die sich, einer Fahne gleich, immer in den Wind stellt. Weicht das Rumpfeende aus der Flugrichtung aus, wird es sofort vom Seitenleitwerk zurückbefördert.





**Querruderausschlag rechts: Rechter Flügel geht herunter, linker hoch**



## Die Längsachse

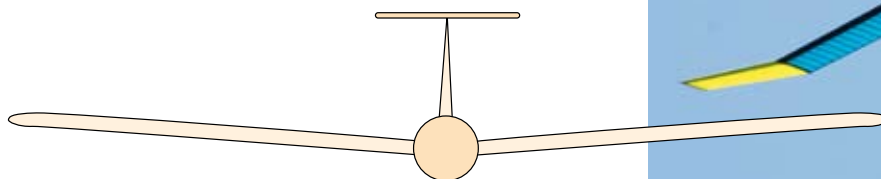
Nun bleibt noch die Längsachse, das ist die, die durch den Rumpf hindurch geht. Ein Flügel geht nach unten, der andere hoch. Das ist die Drehung um die Längsachse. Sie wird mit den beiden Querrudern gesteuert.

Ein Flugzeug um die Längsachse zu stabilisieren heißt, dass seine beiden Flügel waagerecht bleiben und in diese Lage auch nach einer Störung zurückkommen – dass es also nicht plötzlich einen Flügel nach unten nimmt und wegkippt.

Die Lösung heißt V-Form. Die Flügelhälften sind, von vorn gesehen, etwas nach oben gerichtet, manchmal sogar doppelt geknickt. Eine primitive Erklärung ist diese: Das Flugzeug schaukelt sich immer „nach unten ins Gleichgewicht“, wie ein gewölbtes Blatt. Aerodynamisch korrekt bedeutet es: Hebt sich eine Flächenhälfte, verringert sich auch ihre Projektionsfläche (sie wird von oben gesehen, „kleiner“ als die gegenüberliegende Flächenhälfte, die dank der V-Form nun horizontal liegt); die gehobene Flächenhälfte trägt also weniger und sinkt wieder. Bei Kunstflugzeugen verzichtet man auf die V-Form, sie sollen nur den Querrudern gehorchen.

## Einstellwinkel

Wir haben die drei Achsen kennengelernt, die dazugehörigen Ruder und die Bedeutung des Schwerpunkts. Noch etwas muss der Konstrukteur berechnen und bestimmen, was für das Flugzeugverhalten genauso wichtig ist: Die EWD. Der Flügel ist in einem bestimmten Winkel



**Die V-Form sorgt für Stabilisierung um die Längsachse. Manche Modelle haben einen so genannten „Doppelknick“, der noch mehr stabilisiert**

zur Rumpflängsachse eingebaut, das ist der Einstellwinkel (EW). Auch das Höhenleitwerk steht in einem Einstellwinkel zur Rumpflängsachse. Das Verhältnis der beiden Einstellwinkel ist die EWD. Weil das Höhenleitwerk in vielen Fällen in einem Winkel von  $0^\circ$  zur Rumpflängsachse steht, entspricht die EWD meist dem EW des Flügels.

Bei Fertigmodellen sind die Parameter schon festgelegt und nur durch einen mehr oder weniger aufwändigen Umbau zu ändern. Bei einem Modellbausatz können wir sie dagegen oft variieren und damit die Flugeigenschaften und Flugleistungen beeinflussen.

**Merke:** Eine Änderung der EWD verändert die Flugeigenschaften stark. Mit einer in kleinen Stufen erfolgenden Änderung der EWD bei gleichzeitiger Verlegung des Schwerpunkts kann man die Flugleistungen deutlich erhöhen. Die Voraussetzung: Man versteht, was man tut!

**Nachtrag:** Es gibt noch einen Winkel, der mit dem EW gern verwechselt wird: Der schon genannte Anstellwinkel. Der EW ist eine feste Baugröße, der Anstellwinkel ändert sich dagegen mit der Fluglage, in der sich das Flugzeug befindet. Der Höhenruderausschlag bestimmt den Anstellwinkel, mit dem das Flugzeug jeweils fliegt.

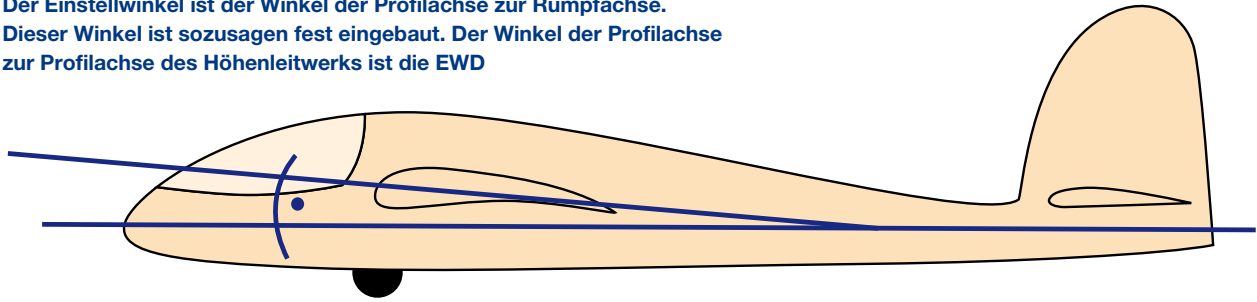
## Wir sind noch nicht fertig

Die Motorflieger, ob elektrisch oder mit Verbrenner, haben noch eine Aufgabe: Den Motor einzubauen. Festschrauben, fertig. Oder? Nicht ganz. Ein Motor dreht an einem Propeller und das Gegendrehmoment versucht den Motor – also das Flugzeug – in die entgegengesetzte Richtung zu drehen. Man baut daher oft den Motor „ein wenig schief“ ein, damit das Drehmoment kompensiert ist. Motorseitenzug für den Drehmomentenausgleich heißt die Maßnahme. Unsere Motoren drehen – in Flugrichtung gesehen – im Uhrzeigersinn. Das Gegendrehmoment versucht das Flugzeug in eine Linkskurve zu drehen. Man baut daher den Motor so ein, dass er ein wenig nach rechts zeigt. Motorseitenzug ist im Besonde-





**Der Einstellwinkel ist der Winkel der Profilachse zur Rumpfachse. Dieser Winkel ist sozusagen fest eingebaut. Der Winkel der Profilachse zur Profilachse des Höhenleitwerks ist die EWD**



ren bei Motorflugzeugen und insbesondere bei Kunstflug-Motormodellen notwendig, die in konstanter Bahn fliegen müssen.

### **Motorsturz für den Kraftausgleich**

Der Motor beschleunigt das Flugzeug, mit steigender Geschwindigkeit wächst der Auftrieb, was dazu führen würde, dass die Maschine zu stark die Nase nach oben nehmen würde. Und weil die Motorachse, das heißt der

nach vorne ziehender Motor, bei vielen Flugzeugen tiefer als der Flügel liegt, kommt bei ihnen ein zusätzliches Kippmoment ins Spiel.

Abhilfe schafft man, indem der Motor ein wenig nach unten zeigend eingebaut wird. Bei manchen Modellen wie zum Beispiel Elektroseglern ist auch das heute nicht unbedingt nötig. Man kann dem „Gas“ etwas Tiefenruder im Sender beimischen, das genügt meistens schon.



## 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 Militärfliegerei 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 „Ansnallen, 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 Horrorstellung 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.



# Kapitel 3

## 3A – Erster Überblick

# Von der Theorie zur Praxis

## Werkstatt und Werkstoffe



Mit einem einzigen Modell fängt man an, dann werden es mehr, ein eigener Raum muss her und auch der ist bald zu klein. Im Hobby ist man nie fertig

Wenn Du ein kleines „Ready To Fly“ (RTF)-Modell kaufst, bei dem die Fernsteuerung bereits dabei, der Motor eingebaut ist und die Servos installiert sind, bleibt nur noch wenig zu tun. Den Akku (den musst Du manchmal extra kaufen) für das Modell und den Senderakku laden, und schon kann es losgehen. Als „Werkstatt“ genügt dann eine Tischecke.

Oder Du kaufst ein Modell, das von Dir ausgerüstet werden muss, die heißen dann meist ARF, Almost Ready To Fly. Nun wird schon mehr an Werkstatt benötigt. Solche Modelle kommen aus Transportgründen meist in Einzelteilen. Die müssen zusammengefügt werden, unser Platz muss groß genug sein, dass das komplette Modell drauf passt. Ein Modellflieger, der sich nur mit Fertigmodellen beschäftigen will, benötigt aber zunächst nur wenig Ausrüstung. Spätestens bei der ersten Reparatur, die sicherlich nicht ausbleibt, wird man zum richtigen Modellbauer und die Werkzeugausstattung umfangreicher. Die Werkstatt wird noch weiter wachsen, wenn Du mal einen Baukasten bekommst oder gar ein Modell komplett selber bauen willst.

### Der Bauplatz

Ein Tisch oder ein Baubrett, also eine feste, gerade, ebene Unterlage, die auf jeden Fall so groß sein muss wie die

Spannweite des zusammengebauten Modells. Und Kratzer oder Klebstoffreste darf sie nicht übel nehmen.

### Werkzeuge

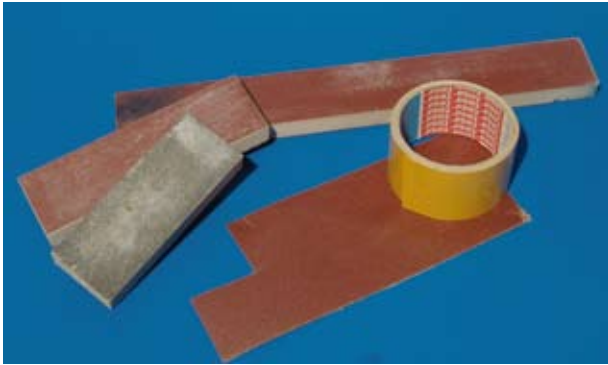
- Ein Cutter, dieses scharfe Messer mit auswechselbaren Klingen
- Ein kleiner Lötkolben mit feiner Spitze
- Ein Satz kleinerer Schraubenzieher, flache, aber auch einige mit Kreuzprofil
- Eine Bohrmaschine mit Drehzahlregelung
- Zwei, drei kleine Schraubzwingen und ein paar Wäscheklammern
- Eine Flachzange, eine Spitzzange, ein Seitenschneider
- Eine Pinzette
- Zwei oder drei feine Feilen
- Ein kleiner Schraubstock
- Ein Satz Maul- oder Ringschlüssel oder Steckschlüssel für die gebräuchlichen Muttern
- Schleifpapier
- Eine Laubsäge
- Eine kleine Bügelsäge für Metall

### Zusätzlich für die Werkstatt „de Luxe“

- Bohrständer für die Bohrmaschine
- Eine elektrische Minibohrmaschine und Fräse, in der man normale Spiralbohrer, aber auch unterschiedliche Einsätze wie Schleifsteine oder Trennscheiben montieren kann
- Ein größerer Lötkolben für dickere Leitungen
- „Dritte Hand“, eine Haltevorrichtung, mit der man Kleinteile beim Lötten fixieren kann
- Schleifklotz, in den man verschiedene Papiersorten einspannen kann



Man braucht zu Anfang nicht viel Werkzeug. Ein Lötkolben wird aber schnell zur Ausstattung dazugehören



**Schleifpapier wird häufig benötigt. Fast gleichgültig, aus welchem Werkstoff man sein Modell baut**



**Komfortabler aber nicht immer vonnöten: Die Schleifmaschine**

- Ein Fön oder ein altes Bügeleisen zum Aufbügeln von Bespannfolie
- Eine gute Dekupiersäge (elektrische Laubsäge)
- Kleiner Schwingschleifer

Merke: Es gibt nicht viele Produkte, bei denen es so große Qualitätsunterschiede gibt wie beim Werkzeug. Eine elektrische Bohrmaschine für 15,- Euro vom Discounter kann nicht viel taugen, ein Seitenschneider für 3,- Euro wird kaum etwas schneiden können. Gutes Werkzeug ist vergleichsweise teuer, man hat damit aber lange Jahre seine Freude.

## Die Werkstoffe

Es sind überwiegend Klebstoffe, die wir zum Zusammenbau benötigen. Sie sind selten bei den gelieferten Modellen dabei.

Fünf Sorten werden im Modellbau eingesetzt:

- Weißleim
- Zwei-Komponenten-Kleber
- Sekundenkleber
- Spezialkleber für Hartschaumstoffe
- Heißsiegelkleber mit Pistole (entbehrlich)

Weißleim ist billig, ungiftig und für alle Holzverbindungen, aber auch für Hartschäume einsetzbar – bei diesen dauert die Trocknung allerdings sehr lange. Zwei-Komponenten-Kleber kleben fast alles und in ihrer

„5-Minuten-Epoxi“-Ausführung auch schnell. Sekundenkleber kleben ebenfalls fast alles, sie gibt es in der Ausführung Dünnschicht, Mittel und Dickschicht. Letztere eignen sich auch für Klebungen von Teilen, die nicht so exakt passen, weil sie Spalten überbrücken. An Stellen, die nicht gut belüftet sind, dauert auch das Aushärten des Sekundenklebers länger. Ein Aktivator als Spray beschleunigt die Reaktion – oder man wartet eben ein wenig. Spezialkleber für Hartschaumstoffe auf Polyurethanbasis werden für die heute sehr verbreiteten Modelle aus Schaumstoff eingesetzt. Diese Materialien lassen sich auch mit den anderen Klebern verbinden, vorausgesetzt, man macht eine Probe an einem Reststück. Nicht immer funktioniert es, mancher Schaumstoff wird von Sekundenklebern „angefressen“. Heißsiegelkleber braucht man nicht wirklich, denn andere Kleber können dasselbe auch, eigentlich besser. Bei Schaumstoffmodellen kann dieser billige Kleber gelegentlich nützlich zum Einbau von Servos sein.

## Es wird gebaut: Die sieben Regeln

Jedes Modell wird etwas anders gebaut, dafür gibt es ja die Bauanleitung. Aber für alle gibt es ein paar Regeln:

1. Keinen Verzug einbauen. Schief zusammengesetzter Tragflügel oder ein krumm eingebautes Leitwerk haben immer ein schlecht oder gar nicht fliegendes Modell zur Folge. Vor dem Kleben die Teile auf dem Baubrett „trocken“ ausrichten, erst wenn alles wirklich gut passt, dann verkleben. Bei Holzteilen ist es immer eine gute Wahl, Weißleim zu verwenden, dann kann

## Gesundheitsschutz

**Weißleim** ist harmlos, bildet keine giftigen Dämpfe, verursacht keine Hautirritationen.

**Zwei-Komponenten-Kleber** riechen zwar, in den von uns eingesetzten Mengen ist es jedoch unbedeutend. Doch Vorsicht: Sie können Allergien verursachen, und diese können sich erst mit der Zeit entwickeln. Hautkontakt vermeiden, Schutzhandschuhe tragen.

**Sekundenkleber** sind biologisch weitgehend unbedenklich (sie werden auch in der Medizin verwendet), sie verkleben jedoch alles, auch die Haut, also zum Beispiel die Finger zusammen. Aufpassen, dünne Schutzhandschuhe tragen. Bei Verwendung von Spray-Aktivator Fenster aufmachen.

**Spezialkleber für Hartschaum:** Warnhinweise beachten, Schutzhandschuhe tragen. Auch sie kleben beinahe alles.

**Heißsiegelkleber** ist unbedenklich, kommt aber sehr heiß aus der Pistole.





**Davon kann man nie genug haben: Klebstoff**

man alles noch korrigieren. Sekundenkleber ist eben in Sekunden bombenfest.

2. Sollten die Flügelhälften zusammen- oder in den Rumpf geklebt werden, dann immer auf eine gute Klebeverbindung achten. Du solltest dabei nicht löffelfeise Kleber hineinkippen. Aber die Bereiche, die verklebt werden, müssen gut mit dem Kleber benetzt werden. Die Ruder müssen über Scharniere beweglich aufgehängt werden. Heute sind es meist so genannte Vliesscharniere, das sind elastische Plättchen aus speziellem Gewebe, die mit etwas Sekundenkleber in die Schlitze des Ruders und der Fläche eingesetzt werden.

3. Immer ist es wichtig, dass das Ruder frei und leicht beweglich ist. Nicht darauf hoffen, „die Rudermaschine schafft es“. Selbst wenn sie es schafft, sie verbraucht dann zu viel Strom.

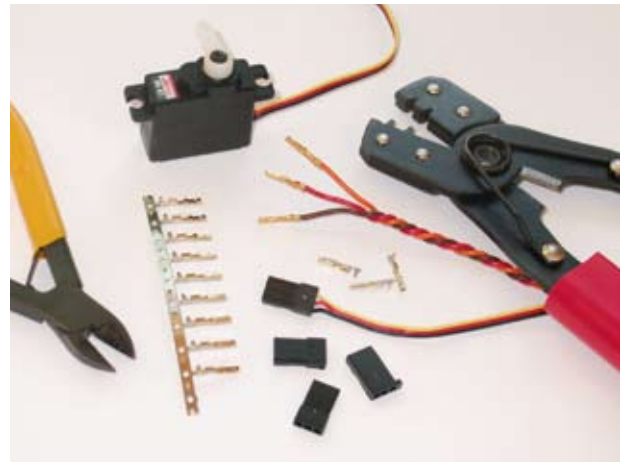
4. Die Anlenkung, die Verbindung zwischen dem Ruder und der Rudermaschine, liegt dem Modell bei, montieren musst Du sie in der Regel selber. Die Anlenkung darf nirgendwo anecken oder blockieren und muss leicht laufen.

5. Der Motor muss ordentlich angeschraubt werden. Wenn es über Schrauben mit Muttern geschieht, nimmst

Du entweder Stopfmutter, das sind solche mit einer Kunststoffeinslage, die sich nicht durch Vibrationen lösen können oder Du setzt auf die Schrauben bzw. Muttern einen Tropfen Schraubensicherungslack. Sekundenkleber tut es zur Not auch.

6. Die Kabel zu den Servos und den Akkus dürfen nicht unter Spannung stehen. Sind sie zu kurz, muss man Verlängerungskabel dazwischensetzen. Diese gibt es im Fachhandel. Man kann sie aber auch selber bauen.

7. Der Schwerpunkt muss stimmen. Er darf für die Erstflüge ein wenig (einige Millimeter) weiter vorn liegen, auf keinen Fall aber weiter hinten, als in der Baubeschreibung angegeben. Beim Einbau von Akku, Regler und Empfänger hat man etwas Spielraum, ob man sie vorne oder weiter hinten setzt. Damit kann man oft schon den richtigen Schwerpunkt erreichen. Natürlich muss bereits vorher am Modell alles dran sein – das Leitwerk, die Anlenkungen, der Propeller, das Fahrwerk. Der Akku wiegt am meisten. Hast Du für ihn den richtigen Platz gefunden, so muss er dort auch bleiben, dennoch zum Laden oder Auswechseln herausnehmbar sein. Mit Schaumstoff oder Klettband kann man ihn fixieren. Bei Seglern ist es normal, dass man Ballastgewicht in der Rumpfnase unterbringen muss, damit der Schwerpunkt stimmt.



**Spezialwerkzeug wie diese Crimpzange ist eher etwas für Fortgeschrittene**





## 3B – Einstieg in die Materie

# Und wie geht es weiter?

## Die Wahl des richtigen Modells

Als Beginner fängst Du am sinnvollsten mit einem einfachen Trainermodell an. Das kann ein Segler, ein Motorsegler oder ein Motorflugzeug sein. Vielleicht möchtest Du aber nur Hubschrauber fliegen? Dann fängst Du auch mit einem Hubschrauber an, denn das Hubschrauberfliegen unterscheidet sich völlig vom Steuern von Flächenflugzeugen und es ist auch viel schwieriger.

In jeder dieser Klassen findest Du Modelle für den Anfänger, die oft Trainer heißen. Die nächste Stufe sind Flugzeuge für den mehr oder weniger erfahrenen Sonntagsflieger, auch Sportmodelle genannt. Damit sind nicht Modelle für den Wettbewerb gemeint, sondern für das Hobby Modellsport. Zum Schluss haben wir noch etwas für die Expertenrunde oder den Spezialisten, daher wollen wir sie hier Spezialmodelle nennen: Hierher gehört alles, was aus der Reihe fällt: Aufwändige Flugzeuge für Wettbewerbsflieger oder Konstruktionen für Schaupiloten, die auf Flugtagen ihre oft viele tausend Euro teuren Maschinen vorführen und einige andere Typen mehr.

Die Trainer: Das sind Modelle für den Anfänger, aber auch ein fortgeschrittener Modellflieger kann mit ihnen

seinen Spaß haben, weil sie eben so problemlos zu fliegen sind. Sie sind in der Tat meist einfach ausgelegt, unempfindlich und auch nicht teuer. Für den Anfang sind etwas größere Flugzeuge am besten geeignet, weil sie ruhiger als die ganz kleinen fliegen und deren Lage in der Luft besser zu erkennen ist. Die Spannweite bei Seglern darf also 1,5 bis 2,5 m betragen, bei Motormodellen 1 bis 1,5 m.

Sportmodelle: Wenn Du schon etwas Erfahrung gesammelt hast, kannst Du Dich bei den Sportmodellen umsehen. Sie sind meistens schon etwas größer, sehen auch interessanter aus, und fliegen auf jeden Fall besser. Noch etwas? Ja, teurer sind sie auch. Die Sparte „Sportmodelle“ ist nach oben offen, sie können auch schon mal groß und richtig teuer werden.

Als Spezialmodelle haben wir hier Flugzeuge genannt, die etwas schwierig zu klassifizieren, auf jeden Fall aber für erfahrene Modellflieger bestimmt sind. Es können teure Wettbewerbsmodelle oder aufwändige, große und vorbildgetreue Maschinen für den Schauflug sein, wobei alle natürlich auch ganz „normal“ auf dem Sonntagsflugplatz geflogen werden können. Zu diesen Modellen



Slow- und Parkflyer sind heutzutage häufig die Modelle, mit denen der Nachwuchs seine ersten Flugversuche startet



**Bei Scale-Modellen wollen es Erbauer ganz genau wissen: das Modell soll dem Original täuschend ähnlich sehen**

muss man auch Zweckmodelle zählen, Konstruktionen, die ausschließlich für bestimmte Verwendungen ausgelegt wurden. Zum Beispiel nur den Seglerschlepp, für das Fotofliegen, auch für wissenschaftliche Zwecke, oder das Erproben bestimmter Technologien wie neuer Antriebe.

### Indoor- und Parkflyer

Diese relativ junge aber wichtige Modellsparte dürfen wir nicht übergehen. Es sind einfache, kleine Modelle aus Schaumstoff, die man in einer Turnhalle oder bei ruhigem Wetter auch im größeren Garten fliegen kann. Sie sind wirklich simpel gebaut, die Teile sind aus Schaumstoffplatten ausgeschnitten und ineinander gesteckt. Deren Vorzüge sind groß: Preiswert – sie kosten nicht viel und mit etwas Modellbauerfahrung kann man sie auch selber bauen.

Unempfindlich: Auch eine Kollision mit einem Deckenpfiler oder Baum wird weggesteckt, schlimmstenfalls schnell repariert. Leicht zu fliegen – mit einfachen Runden kann man beginnen, und doch sind ihre Möglichkeiten beinahe unbegrenzt steigerungsfähig. Mit den Modellen kann Dein Können wachsen. Experten fliegen damit atemberaubenden Kunstflug auf kleinstem Raum, Rückenflug ein paar Zentimeter (cm) überm Boden oder

Synchronflug mit mehreren Modellen. Wetterunabhängig – kann man den Hausmeister überreden, die Sporthalle zum Fliegen zu benutzen, ist das Fliegen immer möglich. Auch der Winter wird zur Flugsaison.

Die winzigen Mikrokomponenten der Fernsteuerung muss man in ihrer Funktion erst verstehen, denn es ist ein bisschen anders als bei „richtigen“ Modellen.

### Scale

Flugzeugähnlich sind viele Modelle, weil die meisten Modellflieger Nachbauten von bekannten Flugzeugen bevorzugen und die Modelle sollten dann auch wie eine „Piper“, „Cessna“, ein „Astir“ oder eine „ASW“ aussehen. Mehr oder weniger. Oft eher weniger, wenn man genau hinsieht. Mit „Scale“ meinen wir etwas anderes.

Es gibt Modellbauer, die ein, zwei oder auch drei Jahre an einem Modell bauen, in dem wirklich absolut detailgetreu das Original nachgebaut wurde. Die besten werden auf großen Wettbewerben eingesetzt. Einige spezialisierte Firmen bringen sie auch als Fertigmodelle heraus. Es gibt kein Flugzeug, das man nicht nachbauen kann. Ob und wie es fliegen wird, ist eine andere Sache. Manche Flugzeuge sind als Modelle extrem schwierig zu fliegen, viele andere lassen sich auch als sehr gut fliegende Modelle nachbauen.

### Jets

Die Nachbauten von Jets sind etwas ganz Besonderes. Dennoch gibt es sie als Sportmodelle, sogar als einfache Trainer, ebenso wie teure Scale-Flugzeuge. Heute überwiegen zwei Antriebsarten: Die Elektroimpeller und die echten Turbinen. Elektroimpeller: Sie funktionieren ähnlich wie, profan gesprochen, leistungsfähige Staubsauger. Sie verdichten und beschleunigen die angesaugte Luft. Dass die Impellermodelle so funktionieren, wie sie es heute tun – nämlich sehr gut – verdanken auch sie den modernen Akkumulatoren.

Die Szene wird zunehmend von kleinen, preiswerten Schaumstoff-Impellermodellen beherrscht, die auch ein Jet-Feeling aufkommen lassen. Weil die Modelle so leicht

**Solche Scale-Jet-Modelle sind beeindruckend, aber nichts für Einsteiger. In einer einfachen Ausführung, als Schaumstoff-Elektroimpellermodelle, sind sie jedoch für den fortgeschrittenen Anfänger durchaus geeignet**





Zeppeline sind auch im Modellflug zu finden. Sie sind aber eher eine Randerscheinung, dennoch nicht minder interessant

sind, können sie auch etwas Zuladung – sprich Akkus – mitnehmen und daher auch brauchbare Flugzeiten zustande bringen. Sie sind nicht ganz so leicht zu fliegen, weil sie recht schnell und klein sind, doch sie verlangen keine Experten am Steuersender. Elektroimpellermodelle gibt es aber auch als große, aufwändige Konstruktionen.

Die Modellturbinen: Diese extrem komplexen Antriebe entsprechen in ihrem Funktionsprinzip, aber auch in vielen Bauteilen den richtigen Strahltriebwerken. Sie treiben Modelle an, die flugfertig einige tausend Euro kosten. Solche Flugzeuge kann nur jemand fliegen, der schon viele Jahre den Modellflug betreibt (und eine ordentlich gefüllte Hobbykasse hat). Fazit: Expertenklasse

### Experimentalmodelle

Hier toben sich all jene aus, die das Normale, Tagtägliche langweilig finden. Als Modellflieger kannst Du alles ausprobieren, selbst der verrückteste Flugapparat kostet nicht die Welt und wenn er doch abstürzt – der Pilot bleibt garantiert unverletzt. Es sind Modelle, oft Eigenbauten, mit denen der Modellflieger etwas Neues ausprobieren will, ein Flugzeugkonzept entwirft, das völlig aus dem Rahmen fällt. Neugierde, auch wissenschaftliches Interesse können sein Antrieb sein, oder einfach Spaß an etwas Verrücktem.



Manchmal wird ein Modell nur gebaut, um zu sehen und zu testen, was alles möglich ist

### Ballone und Luftschiffe

Hierzu gehören die Schwebefans, die mit Gas- oder Heißluftballonen und Zeppelinen experimentieren. Die Modelle werden gelegentlich sogar wissenschaftlich eingesetzt, zum Beispiel für archäologische Luftaufnahmen. Bei den RC-Heißluftballonen wird nur der Brenner ferngesteuert, also gezündet oder ausgestellt. Damit haben die Modelballonfahrer das gleiche Problem wie ihre Vorbilder – die Geräte sind Spiel der Winde, daher nur an windstillen Tagen einsetzbar. Etwas besser dran sind die RC-Luftschiffe, die dank Antrieb auch mit leichtem Wind zurechtkommen und zum Flugplatz zurückgefahren werden können.

### Spaßvögel und andere Vogelnachbauten

„Spaßvögel“ unter RC Modellen findet man auch, die „RC-Bussarde“, „RC-Möwen“ und „RC-Störche“, also Flugmodelle mit festen Flügeln, deren Konturen einem Vogel nachempfunden sind. Sie fliegen meist mit einem mehr oder weniger geschickt versteckten Propeller und sind eigentlich eher normale Modellelektrosegler mit einem besonderen Aussehen.

Aber man experimentiert schon lange mit echtem Vogelflug. Ein Modell zu bauen, das flügel Schlagend steigt, die Richtung steuert, auch gleiten kann, am Ende sogar punktgenau landet, das ist bisher jedoch noch niemandem

**Schon am Anfang der Fliegerei versuchte der Mensch, den Vogel zu imitieren. So richtig gelingen wollte es nie**







gelungen. Es sind einfach zu viele Dinge zu lösen – der mechanische Antrieb, die Steuerung, die Flugstabilität, das Gewicht. Und doch ist die Chance groß, es eines Tages zu schaffen. Jedenfalls viel größer als die, dass sich der Mensch selbst eines Tages flügelschlagend in die Luft erhebt. Im Internet findest Du viele Links zum Thema, ein gutes Suchwort ist Ornithopter, so heißt der Modell-Vogelnachbau.

## Schall und Rauch

In Zeiten, wo unsere Sonden den nahen Weltraum erkunden und der bemannte Flug zum Mars immer näher rückt, fragt man sich: Wo bleibt die Rakete als Modell? Es gibt den Raketenmodellflugsport mit einigen auch internationalen Klassen, dem aber heute wenig Bedeutung zukommt. Raketenmodelle als Hobby haben sich in Deutschland nie so richtig etabliert. Die Sicherheitsbestimmungen, die Limitierung der Größe und Anzahl der erlaubten Treibsätze, vor allem aber auch deren Preis sind wohl die Gründe, warum die Modellrakete hierzulande nie so richtig abhob.

## Mit der Sonne fliegen

Jeder Segelflieger tankt die Sonne, wenn er in der Thermik steigt. Doch es geht auch auf die direkte Art, beim Solarflug. „Solar“ ist hoch aktuell, „solar“ ist die Energiequelle der Zukunft, „solar“ sind inzwischen die Dächer auf manchem Bauernhof. Und solar sind die Modellflieger schon geflogen, als die Welt andere Sorgen hatte und Alternativenenergien kaum jemanden wirklich interessierten. Die damalige Entwicklung führte zu Modellen, die bei gutem Wetter fast unbegrenzt oben bleiben konnten. So genannte Pufferakkus erlaubten es auch, Flugphasen ohne Sonnenstrahlung zu überbrücken.



## Mehr zum Thema ...

... Helikopter findest Du in der Helikopter-Fibel II des DMFV. Das 68-seitige Buch gibt es für 12,- direkt unter [www.dmfv-shop.de](http://www.dmfv-shop.de)



Obwohl die Elektronik inzwischen noch kleiner und leichter geworden ist, die Antriebe noch einmal mehr Leistung aus weniger Gewicht herausholen und die Effizienz der Solarzellen gesteigert werden konnte, ist es um den Solarflug ziemlich still geworden. Es könnte sein, dass er wiederkommt.

## Hubschrauber, die besondere Klasse

Wir haben schon zwei Dinge festgestellt: Wer nur Hubschrauber fliegen will, sollte auch gleich mit dem







**Hubschrauber sind schwer zu fliegen.  
Nicht aber so genannte Koaxial-Helis mit  
zwei gegensätzlich drehenden Rotoren**

Hubschrauber beginnen. Vorher mit einem Flächenmodell zu üben, bringt kaum etwas, verwirrt eher.

### Ein Koaxialheli vor dem Heckheli?

Nicht alle Hubschrauberpiloten werden dem zustimmen, aber ein „Koax“ kann ein guter Anfang sein. Wenn Du diesen perfekt beherrschst, steigst Du auf heckrotorgesteuerte Helikopter um. Auch sie, die richtigen Helikopter, gibt es in ganz klein, deren Vorteil ist ihre Bruchunempfindlichkeit. Größere Modelle fliegen dagegen ruhiger.

Die Mechanik und die Steuerung eines Hubschraubers sind so kompliziert, dass man sie nicht in wenigen Zeilen abhandeln kann. Es ist einiges an Literatur zu studieren, um den Heli richtig zu verstehen und einzustellen.

Simulator: Jeder Euro, den Du in einen Simulator investierst, kann viele Euros beim Fliegen sparen. Das heißt: Ein guter Modellflug-Simulator mit ausgereiftem Helikopter-Feature – also mehrerer Modelle mit vielen Einstellmöglichkeiten für jedes einzelne sowie variablen

### Mehr zum Thema ...

... Koaxial-Helikopter findest Du in der Koaxial-Helikopter-Fibel des DMFV. Das 68-seitige Buch gibt es für 12,- direkt unter [www.dmfv-shop.de](http://www.dmfv-shop.de)



Flugbedingungen – ist immer billiger als ein Bruch mit einem 600,- Euro-Heli.

Little help from my friends: Besonders fürs Helifliegen ist die beste Lernmethode mit Lehrer-Schüler-Kabel, wenn Du einen Kollegen findest, der sich die Zeit nimmt, mit Dir zu üben. Es werden nicht wenige Stunden sein. Zu diesem Zweck gibt es auch Heli-Flugschulen.

### Die Bauweisen – zunächst: Schaumstoffmodelle

Die Trainer als Fertigmodelle gibt es in der für Dich geeigneten Ausführung in zwei Bauweisen: Entweder als Holzmodelle, also aus Sperrholz und Balsa aufgebaut, mit Rippen und Spanten, so, wie man es früher selber machte. Oder als Schaumstoffmodelle, auch als Schaumwaffeln verspottet. Sie sehen oft sehr flugzeugähnlich aus, verfügen über viele Details. Die Teile werden in speziellen Formen geschäumt und lackiert. Oder sie bestehen nur aus einzelnen Platten, so wie die Indoor- oder Parkflyer.

Vorteile: Die Modelle sind fertig, das „Bauen“ beschränkt sich auf Zusammenstecken und Verkleben, kleine Modelle sind schon aus der Schachtel heraus flugklar. Die Flugeigenschaften sind einfach. Die Modelle sind sehr leicht. Durch das geringe Gewicht sind auch Kollisionen und Abstürze nicht dramatisch – sie bleiben ohne Folgen oder sind reparierbar. Reparaturen sind leicht auszuführen. Wenn keine Teile verlorengegangen sind, kann man sie mit schaumstoffverträglichem Kleber zusammenfügen. Fehlt etwas oder ist ein Teil richtig zerbröselt, kann man es nachbauen. Vergleichbare Materialien findet man im Baumarkt in der Abteilung Dämmstoffe. Die Modelle sind (wenn auch nicht immer) sehr günstig zu haben.



**Schaumstoff wird als Material im  
Modellbau immer beliebter. Es ist extrem  
robust und dabei nicht einmal teuer**



Nachteile: Auch wenn die Oberflächen der in Formen geschäumten Modelle relativ fest sind, so bleiben Spuren nicht aus. Kratzer und Druckstellen sind auf Dauer nicht zu vermeiden. Irgendwann ist das Modell gar nicht mehr so schön wie es aus der Schachtel kam, sondern sieht aus wie ein ramponiertes Spielzeug. Das geringe Gewicht ist vorteilhaft, jedoch nicht immer. Wenn's ordentlich bläst, haben die Schaumwaffeln das Nachsehen, deren Aerodynamik ist nicht so ausgefeilt wie bei „richtigen“ Modellflugzeugen. Festigkeit: Schaumstoff hat seine Festigkeitsgrenzen. Ein 4-Meter-Segler mit schmalen Flügeln muss anders gebaut werden. Und auch beim Hochstart eines Schaumstoffseglers muss man vorsichtig sein. Doch die Entwicklung geht immer weiter und sie werden besser.

Du wirst Freude an diesen Spaßmodellen haben, doch wenn Du weiter den Modellflug betreiben willst, so wirst Du irgendwann auch andere Modelle zum „richtigen“ Fliegen haben wollen. Fazit: Ideale Modelle für Anfänger und Spaßmodelle für alle.

### Konstruktionsmodelle

Das ist die Traditionsmethode im Modellbau, hat aber im Laufe der Zeit viele Änderungen erfahren. Die ersten Modelle wurden komplett aus Kiefernleisten, Balsa- und Sperrholz aufgebaut. Früher hat man damit als Modellbauer begonnen, nach einem Bauplan die Rippen und Spanten auszusägen und sie dann zu einem fertigen Modell zusammenzubauen. Das ist natürlich auch heute möglich, und eigentlich immer noch eine, wenn auch von vielen schon vergessene oder noch nicht kennengelernte, schöne Seite des echten Modellbaus. So können auch Unikate entstehen, Eigenkonstruktionen, die es nur in einem Exemplar gibt.

Später kamen die Bausätze dazu, mit fertigen Rippen und Spanten, manchmal mit einem fertigen Kunststoffrumpf. Die meisten Fertigmodelle kommen in dieser Bauart heute aus Asien. Der Zeitaufwand für den Bau ist bei den dort üblichen, niedrigen Lohnkosten nicht entscheidend.

Vorteile: Die Modelle sind, wenn sie gut konstruiert und gebaut sind, leicht und dennoch sehr stabil. Auch aufwändige große vorbildgetreue Flugmodelle können so gebaut werden. Wenn es Bruch gibt, ist eine Reparatur möglich, ein erfahrener Modellbauer bekommt sie so gut hin, dass nachher nichts mehr zu sehen ist.

Nachteile: Auch wenn vieles reparierbar ist, der Aufwand ist sehr hoch. Man muss die Bespannung entfernen, oft auch die Beplankung, um zum Beispiel Rippen oder Spanten zu ersetzen. Bei Kunststoffteilen lassen sich zwar kleinere Risse beheben, ist aber ein GFK-Rumpf gebrochen, so ist er kaum zu retten.

Fazit: Modelle für fortgeschrittene Anfänger, die ihre Fluggeräte schon einigermaßen im Griff haben.

### Styro-GFK-Bauweise

Die nächste Stufe des klassischen Baukastens waren Modelle mit Fertigflächen aus Holzbeplankten, jedoch unbespannten Styroporkernen und einem Fertigrumpf aus Kunststoff. Auch wenn die Einzelteile schon fast fertig aussahen, so wartete auf den Modellbauer eine Menge Arbeit. Diese Bausätze sind heute fast verschwunden – vielleicht kommen sie aber irgendwann wieder. Die Bauweisen werden jedoch weiterhin bei vielen Fertigmodellen verwendet.

**Mit Holz fing alles an. Und auch heute noch sind wohl die meisten Modelle aus Holz gefertigt**





**Vorteile:** Man kann sehr moderne und aerodynamisch saubere Flugzeuge, insbesondere Segler in jeder Größe bauen. Die Flugzeuge sind robust.

**Nachteile:** Größere Schäden sind schwer zu reparieren. Ersatzteile sind dann die bessere Lösung. Das Gewicht: Die Bauweise resultiert in einem etwas höheren Gewicht als bei reiner Holzbauweise. Wenn die Flugzeugauslegung stimmt, so ist das Gewicht aber kein Nachteil.

**Fazit:** Für Segler und Elektrosegler eine preisgünstige und sehr gute Bauweise. Ein Anfänger soll zu diesen Modellen erst greifen, wenn er Starts und Landungen sicher beherrscht.

### Kunststoffbauweise

So werden heute auch manntragende Segler gebaut. In Negativformen werden die Schalen der Bauteile – beide Rumpfhälften, Flügelober- und Unterseite – aus mehreren Lagen harzgetränkter Gewebe laminiert und dann zusammengefügt. Modellrumpfe in GFK sind keine Seltenheit, vollständige Kunststoffbauweise war jedoch lange Zeit sehr aufwändigen Modellen vorbehalten, die auch um ein Vielfaches teurer waren als herkömmliche Konstruktionen. Es waren Modelle für den Wettbewerbseinsatz. Inzwischen sind die einfacheren preiswerter geworden.

**Vorteile:** Sind das Urmodell und die Negativformen gut gebaut, so kann in ihnen ein Modell entstehen, das in Oberflächengüte und Genauigkeit mit keiner anderen Methode erreichbar ist. Ist das Modell auch aerodynamisch gut entworfen, sind die besten Flugeigenschaften zu erwarten.



**Beim Material sind kaum Grenzen gesetzt.  
Hier kommt GFK zum Einsatz**

Durch die Verwendung von speziellen Gewebearten wie Kohlefaser oder Kevlar entstehen leichte, jedoch extrem feste Bauteile. Alle aus einer Form kommenden Bauteile sind absolut identisch – Ersatzteile passen demnach immer.

**Nachteile:** Der Preis. Der Bau in Negativformen setzt deren sehr langwierige Erstellung voraus. Nur in einer größeren Serie können die Kosten etwas gesenkt werden. Die Oberfläche der Kunststoffmodelle ist sehr hart, jedoch nicht völlig unempfindlich. Eine Delle entsteht leicht beim Transport oder durch einen Stein bei der Landung. Sie ist so gut wie nicht zu reparieren. Man kann sie zwar ausspachteln, aber sie völlig zum Verschwinden zu bringen gelingt nicht. Der Bruch einer Fläche ist nicht zu beheben. Ein neues Teil muss her.

**Fazit:** Modelle für Experten, die Wert auf höchste Leistung legen und die nie eine Landung verpatzen.



#### Mehr zum Thema ...

... Segelflug findest Du in der Segelflug-Fibel des DMFV. Das 68-seitige Buch gibt es für 12,- direkt unter [www.dmfv-shop.de](http://www.dmfv-shop.de)







## 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 gespannfertige 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 Indoor-flyer. 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?





# Kapitel 4

## 4A – Erster Überblick

### Es geht in die Luft Simuliert oder echt?

Vielleicht geht es gar nicht in die Luft, sondern erst an den PC. Der Simulator als Alternative? Es sind nicht die üblichen Flugsimulatoren gemeint, mit denen man eine F-16 oder einen Airbus an einer Spielkonsole oder über die PC-Tastatur bedient, sondern jene, die Flugmodelle darstellen und die von einem RC-Sender bedient werden. Du brauchst also ein spezielles Verbindungskabel vom Sender zum Computer – nicht jeder Sender bietet aber die Möglichkeit. Es gibt auch Simulatoren, die mit einem RC-Sender ähnlichem Sendergerät geliefert werden.

Simulatoren sind sehr realistisch, was die Modellreaktionen betrifft, zumal man auch viel anpassen kann – den Flugplatz, das Wetter, die Ruderausschläge, die Motorleistung und vieles mehr. In einem Punkt ist der Simulator anders als „das richtige Leben“. Das Bild ist nicht räumlich und so hast Du beim Fliegen auf dem PC gelegentlich Schwierigkeiten bei der Entfernungsabschätzung.

Ein Modellflugsimulator ist sehr hilfreich, viele Modelle kann man herunterladen und so kannst Du vielleicht auch Dein Flugzeug auf den Schirm holen.

Mit einem guten Simulator kann man das Fliegen wirklich erlernen, sodass auf dem Flugplatz alles einfacher und stressfreier wird. Für den Anfang: Sehr zu empfehlen!



Die Flugmodelle sehen auf einem guten Simulator sehr echt aus, sie fliegen auch so

#### Checkliste vor der Fahrt zum Flugplatz:

Alle Akkus laden. Die Hinweise zur Flugvorbereitung und des ersten Starts in der Bauanleitung genau lesen. Daher ist die Ausführlichkeit der Anleitung so wichtig bei der Wahl eines Modells. Alles am Modell genau überprüfen, vor allem den Schwerpunkt und alle Einstellwinkel sowie Ruderausschlüsse. Die Ruderausschläge kontrollieren, alle Kabel und Steckverbindungen prüfen. Ist der Propeller fest angezogen?

#### Checkliste auf dem Flugplatz

Modell sorgfältig zusammenbauen. Fliegst Du eine 35-MHz-Anlage und sind mehrere Modellflieger auf dem Gelände, die ebenfalls dieses Band nutzen, erst kontrollieren, ob Dein Kanal frei ist. Alle fragen, falls keine Frequenztabelle aufgestellt ist, auf der jeder seinen Kanal bekannt gibt. Sender einschalten. Ist der Sender mit Modellspeichern ausgestattet, nachschauen, ob Du tatsächlich das richtige Modell aufgerufen hast.

Bei Elektromodellen den Gasknüppel oder den Schalter auf „Motor Aus“ stellen. Die Empfangsanlage einschalten oder den Akku anschließen. Dann stellst Du Dich hinter das Modell, das mit der Nase nach vorne von Dir weg zeigt. Vorsicht beim Propeller, auch Luftschrauben an kleinen Motoren können schlimme Verletzungen verursachen. Daher: Sich immer hinter dem Propeller bewegen, nie über dem Propeller von vorne Richtung Modell greifen. Ruderausschläge und deren Richtung prüfen. Geht beim Knüppelausschlag „hoch“ das Höhenruder tatsächlich hoch, bei Linkskurve das Seitenruder links, bei einem Querrudermodell das linke Ruder nach oben, das rechte nach unten?

Reichweitentest: Bei einer 35-MHz-Anlage schiebst Du die Senderantenne zusammen, lässt sie aber im Sender eingeschraubt. Die Ruder sollten dabei bis zu einer Entfernung von 30 bis 40 Meter sauber reagieren und nicht zittern. Bei einem Elektromodell sollte ein Freund das Modell so hoch halten, dass der Propeller keine Bodenberührung haben kann, falls der Motor plötzlich anläuft.

Fernsteuerungen auf dem 2,4-GHz-Band haben ganz kurze Antennen, die man nicht einschieben kann. Der Reichweitentest wird je nach Anlage unterschiedlich durchgeführt. Stimmt alles, kann es losgehen. Vorher nachschauen, ob die Luft frei ist und keine Leute auf dem Fluggelände in Flugrichtung stehen. Immer gegen den Wind starten.



## Startmethoden – Handstart-Segler oder Elektrosegler

Mit einem Segler oder Elektrosegler machst Du erst Handstarts im Gleitflug. Wenn Du einen Freund dabei hast, sollte er das Modell starten. Dann kannst Du Dich aufs Steuern konzentrieren. Mit dem Modell laufen, wenn man spürt, dass es schon fliegt, mit einem Schubs gerade nach vorn freigeben. Nicht nach oben werfen. Geradeaus fliegen, die Flugbahn mit kleinen Ausschlägen korrigieren. Das Modell sollte im flachen Winkel fliegen und keine großen Steuerausschläge benötigen.

### Bodenstart Motormodell

Beim Bodenstart darauf achten, dass das Modell geradeaus läuft, Gas zügig, aber nicht abrupt bis Vollgas geben. Ist das Modell schnell genug, das Höhenruder leicht antippen, nun sollte das Modell abheben. Im flachen Winkel steigen. Bei den ersten Flügen nach Möglichkeit immer von sich weg, große Achten fliegen, sodass Du Dir immer vorstellen kannst, hinter dem Modell zu stehen, es von hinten zu sehen. Auf Dich zuzusteuern, bedeutet ein Umdenken. Damit ist man als Anfänger schnell überfordert.

### Hangstart

Trägt der Hang, bläst der Wind möglichst senkrecht zu seiner Flanke? Das Gelände in Gedanken auf Notlande-



**Hangstart gibt es nicht nur in den Bergen, sondern auch an der (Steil)-Küste**

plätze checken, falls der Wind doch nicht trägt. Besser tief unter der Startstelle, dafür aber sicher landen, als krampfhaft zu versuchen, wieder nach oben zu kommen – das geht meistens schief. Vor dem Start genau die Landung einplanen.

### Laufstart

Selten praktiziert, daher hier nur am Rande erwähnt: Ein Läufer, der etwas Erfahrung haben muss, zieht das Modell wie einen Drachen hoch. Immer gegen den Wind starten. Bei schnelleren Modellen ist eine Umlenkrolle nützlich, der



**Zwei-Mann-Laufstart, auch „Bullenschlepp“ genannt. Extrem kraftraubend und wird nur in der Kategorie F3J eingesetzt**





Starter muss nicht so schnell rennen. Der Laufstart wird heute als Powerstart in der Kategorie F3J verwendet.

### Gummiseilhochstart

Früher beliebt, heute schon Geschichte. Vorteilhaft war, dass man auch allein sein Modell auf Höhe bringen konnte. Darüber hinaus war die Startmethode sehr sportlich – viele Kilometer Laufstrecke an einem Flugtag. Man musste das Seil immer wieder zurückholen. Ein langer, starker Gummi von etwa 20 bis 30 m Länge und eine etwa 3- bis 4-mal längere Nylonschnur mit einem kleinen Ring am Ende waren die Startvorrichtung. Ausgezogen, Ring in den Starthaken eingehängt, Modell freigegeben. Rasant stieg es hoch. Bei Gegenwind erreichte man ordentliche Höhen. Doch die Methode war nicht ohne Risiko. Brach das Modell gleich nach dem Start aus, flog also plötzlich stark zur Seite, folgte der Absturz meist in Bruchteilen von Sekunden. Die Ursache: Meistens wurde das Modell schief oder zu langsam freigegeben.



Der Gummiseilhochstart



Der Windenstart. Er wird heute hauptsächlich in F3B praktiziert

### Windenhochstart

Die Standardmethode im F3B-Wettbewerb, sonst eher selten praktiziert, weil der Aufwand hoch ist: Teure elektrische oder Benzinmotorwinde und großer Platzbedarf, um das Seil nach verschiedenen Windrichtungen auszulegen. Einiges an Erfahrung wird vom Windenfahrer verlangt. Die Winde wird vom Helfer oder auch vom Piloten selbst über ein Pedal bedient.

### Start mit Motormaschine

Die Huckepackmethode ist auch schon so gut wie vergessen. Der Segler wird dabei auf einer Huckepackvorrichtung festgeschnallt und das Gespann startet. Gesteuert wird dabei bis zum Ausklinken nur das Motormodell. Eine an sich sichere Methode. Weil der Segler zum Auftrieb des Gespannes beiträgt, können auch große Segler von vergleichsweise kleinen Motormaschinen auf Höhe gebracht werden.

### F-Schlepp

Start wie im Großflug. Der Segler hat in der Nase eine Ausklinkvorrichtung. Während im Großflug die Aufhängung am Motorflugzeug am Heck ist, wird sie im Modellflug oben am Rumpf, etwa dort, wo die Tragfläche endet, installiert. Der Grund sind unterschiedliche Massenverhältnisse und Ruderwirkungen im Modellflug, sowie



Die Huckepack-Methode



die Tatsache, dass Modellpiloten die Flugbahn und Geschwindigkeit vom Boden aus nicht so genau bestimmen können wie der Seglerpilot im Großflug, der das Heck der Motormaschine immer im Blickwinkel hat.

F-Schlepp verlangt erfahrene Modellpiloten. Nur die Motormaschine bestimmt die Flugbahn und den Steigwinkel. Der Segler fliegt mit leichter Überhöhung hinterher. Kurvenradien größer wählen als die des Motormodells, das den Segler eigentlich mehr um die Kurve herumziehen sollte. Der Seglerpilot passt nur die Querneigung an. Zu große Überhöhung der Schleppmaschine und deren Unterfliegen vermeiden. Bei zu starkem Seildurchhang oder kritischen Fluglagen gleich ausklinken.







## 4B – Einstieg in die Materie

# Feintuning

## Wie stelle ich mein Modell optimal ein?

Einiges haben wir ja schon kennengelernt, das Sinken, die Gleitzahl, den Widerstand, die Flächenbelastung, die Einstellwinkel. Die Konstruktion der heute üblichen Fertigmodelle steht fest, da kannst Du nicht mehr viel ändern. Dennoch gibt es Möglichkeiten, die Flugleistungen des Modells durch Optimierungsmaßnahmen sehr positiv zu beeinflussen.

Auch wenn nur noch wenig zu bauen ist: Mit Klebstoffen und Lacken sparen, leichte RC-Komponenten einbauen. Leichte Modelle bringen Vorteile, sie fliegen langsamer, sind weniger bruchempfindlich.

### Widerstandsminderung

Verzugsfrei das Modell zusammenbauen. Ein schiefes Flugzeug fliegt schief, sodass man es umtrimmen, mit entsprechenden Rudern ständig gegensteuern muss. Das bremst, kostet Kraft. Für eine möglichst glatte Oberfläche sorgen, keine überstehenden Kanten entstehen lassen, zu große Spalten bei den Rudern vermeiden. Anlenkung so weit wie möglich im Flügel oder im Rumpf „verstecken“. Auf einen sauberen Übergang von Propeller zu Rumpf achten. Spinnergröße so wählen, dass keine Stufen zum Rumpf hin entstehen.

### Einstellarbeiten

Der beste Rennwagen ist eine lahme Schaukel, wenn zum Beispiel der Spurlauf der Vorderräder falsch eingestellt



Ein guter Spinner-Rumpf-Übergang reduziert den Widerstand!

ist. Umso mehr gilt dies, für eine richtige Einstellung von Flugzeugen. Die Nummer eins in der Pflichtliste ist die Lage des Schwerpunkts. Liegt er falsch, fliegt das Flugzeug möglicherweise gar nicht. Der Schwerpunkt wird in der Anleitung zum Modell (hoffentlich) angegeben. Und wenn nicht? Oder wenn Du ein gebrauchtes Modell ohne Anleitung gekauft hast? Aber auch die vom Hersteller empfohlenen Einstellungen kann man optimieren.

### Das Erliegen des Schwerpunkts

Gehen wir erstmal von einem Modell aus, bei dem wir die Schwerpunktlage nicht kennen. Sie ist für jedes Profil anders, aber grob kann man von etwa 30 Prozent (%) der Flügeltiefe ausgehen – vorausgesetzt, der Flügel ist vorn gerade, also die Nase nicht gepfeilt. Ist der Flügel an der Wurzel, also am Rumpf, zum Beispiel 20 cm tief (= breit), so soll der Schwerpunkt bei etwa 6 cm liegen, von der Nase gemessen. Durch Verschieben des Akkus oder auch durch Ballastgewicht in der Rumpfnase stellst Du den Schwerpunkt ein. Alle Änderungen des Schwerpunkts, die sich bei der Flugerprobung herausstellen, nimmst Du immer nur in kleinen Schritten vor.

Methode 1: Mit einem Segler oder Elektrosegler sind erst einige Handstarts zu machen. Das Modell mit Anlauf und gerade freigegeben, es sollte ohne große Ruderkorrekturen einen gestreckten Gleitflug absolvieren. Bei einem Motormodell verzichten wir auf solche motorlosen Handstarts. Auch bei ihnen kontrollieren wir aber die Schwerpunktlage – jene 30 %.

Nun geht es darum, die Schwerpunktlage im Flug und genauer zu ermitteln. Du bringst das Flugzeug auf Höhe, bei einem Motorflugzeug nimmst Du Gas weg oder stellst den Elektromotor ab. Das Flugzeug gleitet. Jetzt ziehst Du ganz langsam am Knüppel des Höhenruders. Das Flugzeug wird immer langsamer. Irgendwann reicht der Auftrieb nicht mehr aus, das Modell nimmt die Nase herunter und nimmt Fahrt wieder auf, oder es kippt über eine Fläche weg und nimmt ebenfalls Fahrt auf. Du stellst den Höhenruderknüppel wieder auf neutral. Wenn sich das Flugzeug danach sofort wieder abfängt, befindet sich der Schwerpunkt auf der sicheren Seite.

Es kann aber auch passieren, dass das Flugzeug ins Trudeln übergeht. Du stellst den Höhenruderknüppel wieder auf neutral: Endet die Trudelbewegung gleich und das Flugzeug fängt sich wieder auf, so ist der Schwerpunkt optimal eingestellt. Für einen Anfänger allerdings ist eine solche Trudelfreudigkeit ein wenig „zu scharf“, er kann mit dem Schwerpunkt etwas nach vorne rücken.



Es kann aber schlimmer kommen: Das Trudeln hört nicht auf. So hast Du zunächst das Problem, den Flieger zu retten. Du gibst voll Seitenruder (nicht Querruder) in entgegengesetzte Richtung. Trudelt das Modell rechts herum, gibst Du Seitenruder Vollausschlag links und umgekehrt. Wird das Trudeln damit beendet, ist der Schwerpunkt etwas zu weit hinten, aber der Flieger beherrschbar (für ein Kunstflugmodell ist es eigentlich genau richtig). Wenn das Trudeln jedoch mit Seitenruder nicht zu beenden ist, hast Du eine heikle Kiste am Steuerknüppel. Zum Seitenruder jetzt noch voll Tiefenruder geben, das kann helfen. Zusätzlich die Querruder voll gegen die Drehrichtung ausschlagen. Und Gas geben. Das sind die Rettungsmaßnahmen, die Du noch hast. Gelingen sie, dann zügig, nicht zu langsam, zur Landung ansetzen und den Schwerpunkt korrigieren.

Eine ausgeprägte, schwer zu beendende Trudelneigung heißt immer, dass der Schwerpunkt zu weit hinten liegt.

Methode 2: Sie gilt für Leistungssegler und Elektrosegler, um sie auf beste Performance zu optimieren. Sie sieht zunächst etwas unlogisch aus. Man muss erst einmal verstehen, was da vor sich geht. Du bringst das Flugzeug auf Höhe und trimmst es auf Geradeausflug mit Normalfahrt aus. Dann sind die Wirkung von EWD und Schwerpunkt im Gleichgewicht. Der schwerpunktbedingten – und für die Flugstabilität notwendigen – Neigung, die Nase nach unten zu nehmen, wirkt das Höhenleitwerk entgegen. Nun kann man des einen zu wenig, dafür des anderen zu viel haben. Das Flugzeug fliegt dann immer noch geradeaus, aber seine Leistungen sind nicht optimal. Stehen also diese beiden Werte, die Schwerpunktlage und die EWD, auch richtig zueinander? Das wollen wir gleich sehen.

Wir fliegen mit Normalfahrt, sauberes Gleiten austrimmen, beim Elektrosegler ist der Motor abgestellt. Nun etwas Tiefe geben und halten, sodass das Flugzeug in einem Winkel von etwa 30° einige Strecke geradeaus herunterfliegt. Dann den Knüppel schlagartig auf Mittelstellung zurückkommen lassen.

Das Flugzeug wird dabei so reagieren:

- a. Es schießt sofort hoch.
  - b. Es fliegt einen großen weichen Abfangbogen nach oben.
  - c. Es fliegt weiter nach unten oder die Bahn wird sogar immer steiler.
- 
- a: Die EWD ist zu groß. Sie muss verringert und der Schwerpunkt zurückverlegt werden.
  - b: Alles im grünen Bereich.
  - c: Die EWD ist zu klein, muss größer werden, der Schwerpunkt ist nach vorn zu verlegen.

Die Erklärung: Die Flugbahn ist das Zusammenspiel der Einstellwinkel-

differenz und der Schwerpunktlage. Wird das Flugzeug schnell, gewinnt die aerodynamische Wirkung der EWD, somit auch des Höhenleitwerks, deutlich überhand. Wenn wir sie aber korrigieren, dann muss gleichzeitig an der „anderen Schraube“, dem Schwerpunkt, die Änderung kompensiert werden. Wenn Du die EWD veränderst, passt der Schwerpunkt nicht mehr – der war ja für die ursprüngliche EWD austariert. War sie zu hoch, musste sie mit einem zu weit vorn liegenden Schwerpunkt gemäßig werden. Umgekehrt ist es der Fall, wenn die EWD zu gering war und der Schwerpunkt daher zu weit hinten lag. Die notwendige Vergrößerung der EWD muss nun mit der Vorverlegung des Schwerpunkts kompensiert werden, sonst würde das Flugzeug schwanzlastig werden.

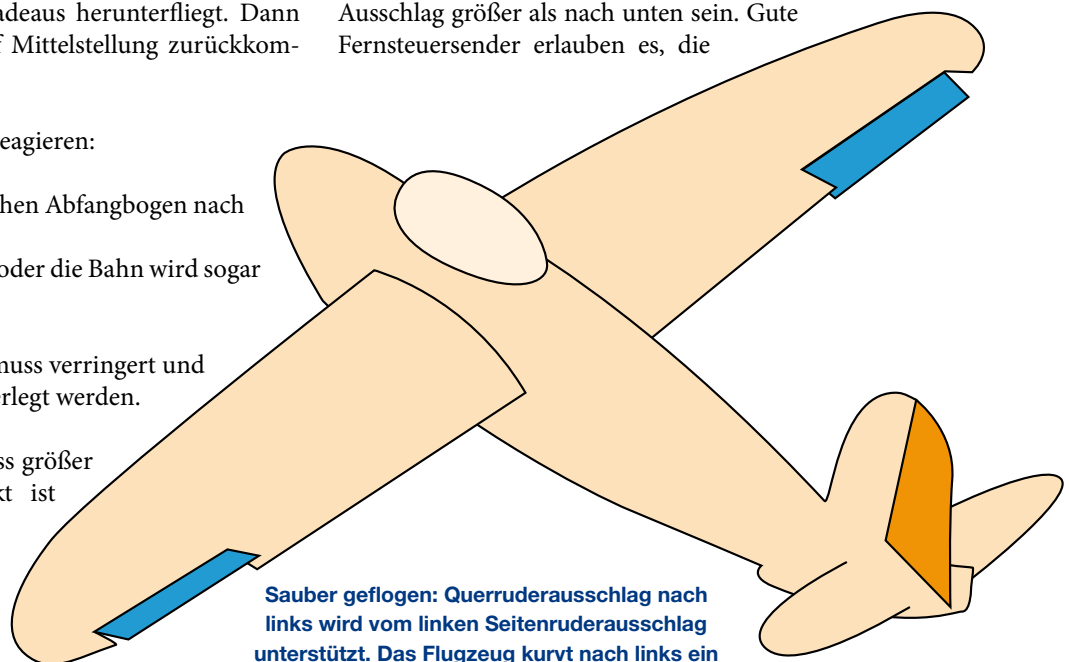
Die Umsetzung der Erkenntnisse wird Dir möglicherweise einiges Kopfzerbrechen bereiten, auch bei den notwendigen Umbauten. Man muss entweder den Sitz des Flügels oder des Höhenleitwerks ändern. Nun wollen wir etwas großzügig sein. Diese Methode wird hauptsächlich bei Hochleistungsseglern angewandt, um sie zu optimieren. Bei anderen Modellen ist Methode 1 ausreichend.

## Die Rudereinstellungen

In einer guten Bauanleitung sind auch die optimalen Ruderausschläge vorgegeben. Und wenn wir diese nicht haben? Dann müssen wir uns vortasten. Für das Leitwerk sind 20 bis 25° in Ordnung, das Seitenruder kann auch 30° zu beiden Seiten bekommen. Sehr nützlich ist die Expo-Funktion im Sender. Damit reagieren die Ruder um die Mittelstellung feiner und erst zur Endstellung hin stärker. Der Rest ist Gefühlsache. Man muss die Einstellung finden, bei der sich das Modell angenehm fliegt.

## Querruderdifferenzierung

Die Querruder sind da anders, sie brauchen, vor allem beim Segler, eine Differenzierung. Nach oben muss der Ausschlag größer als nach unten sein. Gute Fernsteuersender erlauben es, die





Differenzierung für beide Ruder gleichzeitig einzustellen. Dabei geht es darum, dass der Ruderausschlag nach oben größer ist als nach unten. Dafür gibt's zwei Gründe: Oben gestellte Querruder wirken weniger als beim Ausschlag nach unten. Und die Querruder braucht man für den Kurvenflug, für den das Flugzeug nicht nur eine Fläche senken und die andere heben, aber auch um die Kurve herumkommen muss, sich also auch um die Hochachse dreht. Das höher gestellte Querruder an der gesenkten Fläche bremsst dann mehr als das nach unten ausgeschlagene Querruder auf der gegenüberliegenden Fläche. Es unterstützt die Seitenruderwirkung, ohne die keine saubere Kurve zu fliegen ist.

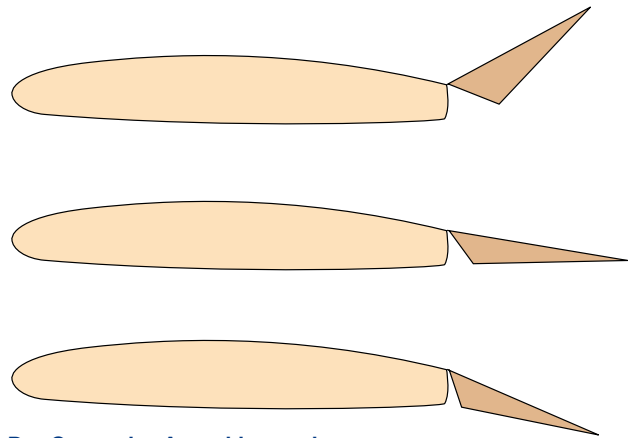
## Mischer

Fangen wir mit dem Kurvenflug an: Eine saubere Kurve lässt sich nur mit richtig dosiertem Einsatz von Quer- und Seitenruder fliegen. Das ist nicht so einfach, und selbst die Sportflieger in ihren Cessnas vergessen gern, wozu sie die Pedale haben. Sie haben ja einen Motor. Anders die Segelflieger, die mit Höhe haushalten müssen. Sie fliegen nach dem Faden an der Haube. Steht er gerade, ist die Kurve optimal geflogen.

Bei einem Modell ist es schwieriger, vor allem in größerer Höhe sieht man nicht, ob das Flugzeug „schiebt“ oder „rutscht“. So mischt man gern beide Funktionen, dem Querruder wird Seitenruderausschlag dazugemixt. Gibt man einen Querruderausschlag, so kommt das Seitenruder mit, schon passt es. Dennoch sollte man es auch lernen, beide Funktionen getrennt und simultan zu bedienen. Vor allem im F-Schlepp ist das von großem Nutzen.

Der Motorflug ist der nächste Kandidat für unsere Mischer: Passt der Motorsturz nicht ganz oder ist er gar nicht vorhanden, kann man dem Gasknüppel einen gewissen Tiefenruderausschlag beimischen. So muss man beim Gasgeben nicht immer das Höhenruder nachdrücken.

Die Landung: Die Landehilfen, ob Störklappen oder hochgestellte Querruder beim Elektrosegler oder Butterfly beim



Der Querruder-Ausschlag nach oben ist größer als nach unten

Vier-Klappen-Segler, verändern immer den Gleitflug, in den meisten Fällen nimmt das Modell die Nase hoch und wenn man nicht schnell mit Nachdrücken reagiert, verliert er Fahrt. Hektik ist dann angesagt, Nachdrücken, Klappen rein, ziehen, Klappen raus, Berg-und-Tal-Flug sind die Folge. Richtig beigemischter Tiefenruderausschlag bringt Ruhe in die stressige Landung, das Flugzeug bleibt auf seiner Bahn und behält Fahrt, nur sinkt es stärker.

Die modernen Computerfernsteuerungen bieten fast unendlich viele Einstellmöglichkeiten, die, bis auf die Hubschrauberpiloten, nur wenige wirklich umfangreich nutzen. Es ist ähnlich wie bei Handys oder TV-Bedienungen. Man hat ein dickes Buch mit all den „Features“ und weiß nicht einmal, wozu das alles gut sein soll.

Doch bei unseren Modellflugzeugen ist es anders. Es lohnt sich, das Handbuch zu studieren und die Möglichkeiten durchzuspielen. Die Mischer, die Flugphasenprogrammierung, die Stoppuhren machen das Fliegen einfacher, sicherer und helfen, mehr Leistung aus dem Flugzeug herauszuholen. Vor allem aber: Das Flugzeug fliegt dann sauber und wir können uns auf das Wesentliche konzentrieren – es so zu Steuern, wie wir wollen, dass es fliegt.





## 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

Der Vereinsflugplatz





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](http://www.dmfv-shop.de)



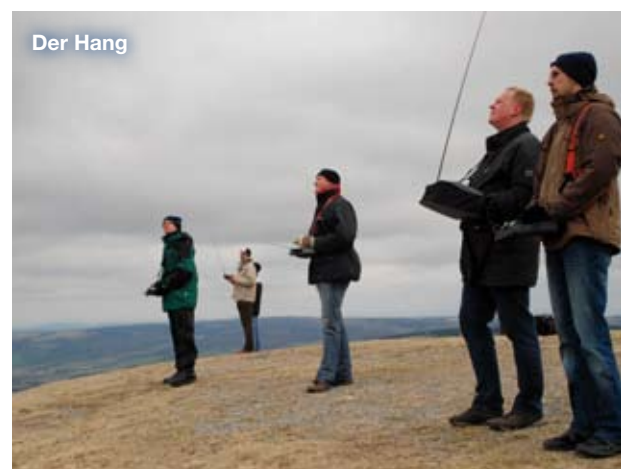
Das Hangfliegen ist ein besonders Erlebnis, und wenn Du einen Hang in der Nähe hast, brauchst Du nie einen Motor. Am Hang kannst Du, je nach Windstärke, mit jedem Segler fliegen. Es gibt jedoch spezielle Hangflugmodelle, schnelle kunstflugtaugliche Segler, mit denen man enorme Geschwindigkeiten erreichen 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.





# Kapitel 5

## 5A – Erster Überblick

# Leicht, leichter, am leichtesten Leichter als Luft

Mit dem „schwerer als Luft-Gerät“ hat man sich lange beschäftigt, doch funktionieren wollte es nicht, vor allem deshalb, weil man die Idee des Flügelschlagapparat nicht aufgeben wollte oder auch konnte: Die Vorstellungskraft fehlte.

Den anderen, einfacheren Weg, skizzierte schon Albert von Sachsen (1216-1390), ein Naturphilosoph: „... wenn es über Luft ein Schiff gäbe, das nicht mit Luft gefüllt, sondern mit Feuer, so würde es nicht in der Luft sinken“.

Das Gewicht der Luft ist schwer zu unterbieten. 1 Liter Luft wiegt etwas über 1 Gramm (g) – die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und der Druck spielen da mit. Noch leichter zu sein, ist schwer. Bis auf wenige Gase sind alle Stoffe schwerer.

Kann man dennoch in der Luft Auftrieb erzeugen, indem das Fluggerät leichter als Luft wird? Es geht. So wie eine Gasblase oder ein Korken im Wasser nach oben steigen, so funktioniert es auch in der Luft: Leichter steigt. Warme Luft dehnt sich aus, in gleiches Volumen passt dann weniger Luft hinein. Es wird leichter.

Galileo Galilei (1564-1642) hatte die Fragen genauer untersucht und den Unterschied zwischen leichter und schwerer als Luft beschrieben. Die Physik hat die Luft als Materie mit eigenem Gewicht erkannt. Jetzt fehlte nur noch die geniale Idee, auf die natürlich auch irgendwann die Menschen kamen: Wenn man die warme Luft in einer sehr leichten Hülle einfängt, so wird diese nach oben steigen. Genauso funktioniert es auch mit Gasen, die leichter als Luft sind, mit Wasserstoff oder Helium.

Die große Zeit der Ballone und später der Luftschiffe begann. Das schien die richtige, einzige Lösung und sie funktionierte auch. Der erste bemannte Start eines Heißluftballons fand im Jahre 1783 in Frankreich statt.

### Luftballon

Ein Heißluftballon ist mit warmer Luft gefüllt. In der Ballonhülle ist „dünnere“ Luft als außen, die Luft im Ballon besitzt weniger Gewicht als die kältere Luft außen. Der Gewichtsunterschied ist so groß, dass ein großer Ballon auch Lasten – also seine eigene Hülle, den Korb und die Passagiere tragen kann. Die Luft kühlt jedoch



**Flugsamen der Pusteblume. Mit aufsteigenden Strömungen und Wind können sie hunderte Kilometer weit kommen. Manche Insekten, zum Beispiel einige Spinnen, nutzen das gleiche Prinzip des Fliegens per Anhalter – unter Zoologen „Ballooning“ genannt: An Spinnfäden hängend, werden sie von Luftströmungen mitgenommen und über weite Strecken fortgetragen. Trotzdem – auch sie sind schwerer als Luft**

Bild: Wikimedia commons





**Montgolfière.** Sie hatte noch keinen Brenner wie heutige Heißluftballone, höchstens eine Metallpfanne, in der man etwas brennbares Material zur Erzeugung zusätzlicher Heißluft hatte. Einmal mit Heißluft gefüllt, stieg sie solange, bis die Luft innen abkühlte

Quelle: Wikipedia commons

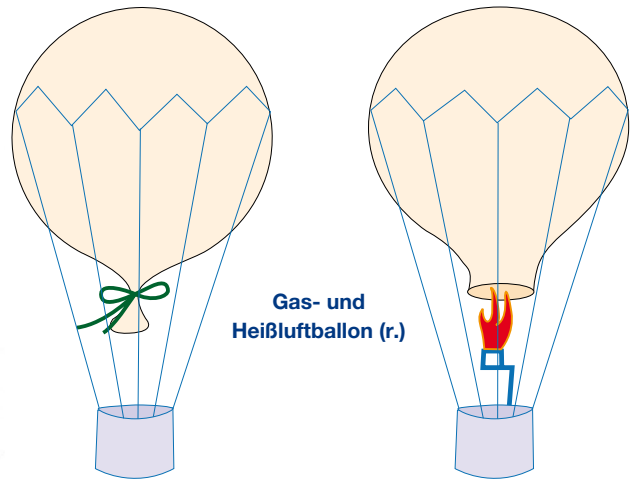
schnell ab, sodass sie mit einem Brenner nachgeheizt werden muss. Dazu ist der Luftballon von unten offen.

Gasballone sind dagegen dicht verschlossen und mit Helium oder Wasserstoff gefüllt. Sie haben jedoch ein Ventil, durch dessen gesteuertes Öffnen und Schließen das Gas abgelassen werden kann.

## Luftschiff

Ein Luftschiff ist ein Luftballon mit Antrieb und Steuerrudern. Es hat eine längliche Form, die seinen Widerstand mindert. Es wird durch leichte Motoren mit Propellern vorangetrieben und mit großen Ruderflächen am Heck gesteuert. Anders als ein Luftballon, der mit dem Wind fortgetragen wird und sein Pilot lediglich bestimmen kann, ob er steigen oder sinken möchte, kann ein Luftschiff in jede Richtung gesteuert werden.

Ein Ballon ist mal leichter, mal schwerer als Luft, je nachdem, ob er steigen oder sinken soll. Für ein Luftschiff auf seiner Fahrt ist es dagegen optimal, wenn es in etwa gleichschwer wie Luft ist. Von seinen Motoren angetrieben, fährt es vorwärts. Erst im Fahrtwind werden seine Ruder wirksam – so wie bei einem Boot das Ruder immer



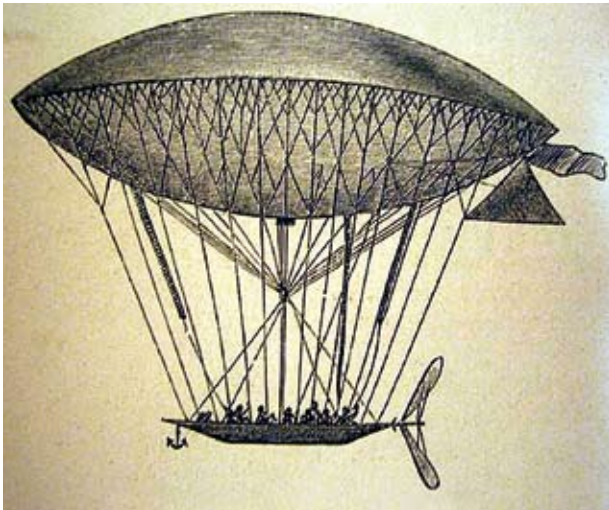
besser funktioniert, je schneller das Boot fährt. Steht das Boot, so ist das Ruder wirkungslos.

Ein kleiner Ausflug in die Semantik: Fliegen oder Fahren? Das ist die schwierige Frage! In der Fliegersprache hat sich eingebürgert: Geräte schwerer als Luft, also Flugzeuge und Hubschrauber, fliegen. Geräte, die leichter als Luft sind, fahren. Was schon erst einmal so eindeutig auch nicht ist: Will der Ballonfahrer landen, muss sein Gerät schwerer als Luft werden. „Leichter als Luft“ stimmt dann nicht mehr. Aber eines ist richtig: Ein Ballon wird in



**Gasballon von Jacques Alexandre César Charles.** Alle Arten von Ballonen sind zunächst leichter als Luft und steigen hoch. Irgendwann will der Ballonfahrer jedoch das Steigen beenden oder wieder landen. Soll der Ballon sinken, muss er schwerer als Luft werden. Beim Heißluftballon lässt man die Luft abkühlen, beim Gasballon lässt man Gas ab





**Der Anfang: Das Luftschiff von Henri-Laurent Dupuy de Lôme, 1872. 30 Meter lang, acht Matrosen arbeiteten aus voller Kraft an einer Kurbelwelle und haben eine Gesamtleistung von gerade einmal 2 PS an den Propeller geliefert. Das Experiment war alles andere als gelungen**

Quelle: Wikipedia commons

jedem Falle von den Luftmassen mitgetragen, also fährt er, ohne selbst aktiv die Richtung vorzugeben.

Aber auch beim Luftschiff bestehen die Experten darauf, dass es fährt. Dabei hat ein Luftschiff viel von einem Flugzeug: die widerstandsarme Gestaltung seiner Hülle, die Motoren und die Ruder, dank derer es voll steuerbar ist.

Ein Luftschiff und ein Flugzeug verbindet eine wichtige Eigenschaft: Sie bewegen sich aktiv, mit eigens erzeugtem Vortrieb. Sie fliegen also, oder? Erstaunlicherweise nennt man die Fluggeschwindigkeit eines Flugzeugs gern auch „Fahrt“, der Fluggeschwindigkeitsmesser wird unter Fliegern „Fahrtmesser“ genannt. Was nun? Fahren, fliegen, oder beides? Man könnte lange darüber diskutieren. Lohnt sich aber nicht. Lassen wir die Hobbyballonfahrer und die wenigen Luftschiffe weiter fahren.



**Heute, modern: Ein Prallluftschiff mit leichten, leistungsfähigen Motoren**



## 5B – Einstieg in die Materie

# Falsche Schlüsse aus guten Beobachtungen

## Wenn Eindrücke täuschen

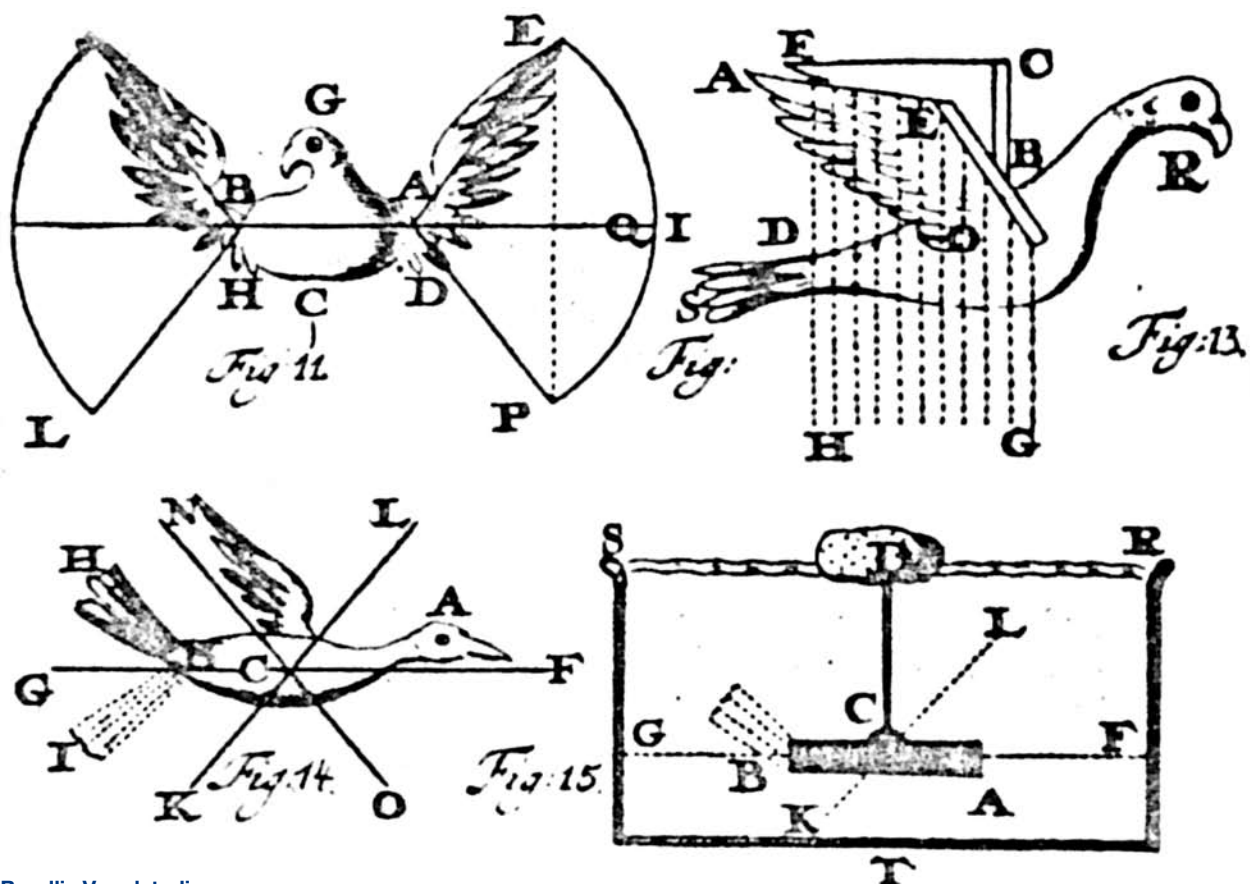
Über das Fliegen haben viele nachgedacht, manche richtig, manche falsch. Der Franziskaner Roger Bacon (1214-1292) träumte von Flugmaschinen, da Vinci skizzierte Flugapparate, ein renommierter Wissenschaftler, Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), der sich mit Physik, aber auch Mathematik, Astronomie und Mechanik befasste, entwickelte Vorstellungen vom Vogelflug, die aus heutiger Sicht ziemlich abwegig waren, obwohl er gerade über den Bau des Vogelkörpers viel Neues herausfand.

Was aber in Borellis Weltbild nicht hineinpasste, war die Vorstellung von der Luft als einem Medium, das einen Körper tragen könnte. Es war damals schwer vorstellbar. Natürlich kannte Borelli Windmühlen und Segelschiffe, bei denen die Luft allein erhebliche Kräfte entwickeln konnte. Doch Fliegen in der Luft? Borelli hatte nur eine Erklärung: Vogelflug als eine Folge von Luftsprüngen: Erst der Flügelschlag, der den Vogel nach oben und vorwärts „wirft“, dem ein „Fortfliegen“ nach dem Trägheitsprinzip bis zum nächsten Flügelschlag folgt. Ähnlich einem übers Wasser springenden Stein.

Und die minutenlang ohne Flügelschlag gleitenden Störche und Greifvögel? Ohne die damals unbekannte Auftriebskraft hatte Borelli ein Problem damit. Seine Erklärung hieß auch hier Schwung, gespeicherte Energie, die den Vogel in eine „parabolische Kurve“ hinaufträgt. Bei einem Adler, der eine halbe Stunde ohne Flügelschlag steigt, musste Borelli schon seine Zweifel bekommen haben. Eine Erklärung fand er aber nicht. Es gab aber noch abenteuerlichere Theorien, wie zum Beispiel diese: Gravitation nimmt mit der Höhe ab. Der Vogel wird oben leichter und immer leichter ...

### Die „Leichter-als-Luft“ sind zunächst besser – und Luftleer ist am leichtesten ...

Die Idee war einleuchtend und wieder einmal falsch: Eine luftleere Kugel würde den größten Auftrieb erzeugen, meinte ein gewisser Francesco Lana di Terzi (1631-1687). Otto von Guericke (1606-1686) hat mit solchen leerpumpen Kugeln Aufsehen erregt, die, aus zwei Halbkugeln zusammengesetzt, von 18 Pferden nicht auseinander



Borellis Vogelstudien



**Der Gasballon „Charlière“ war besser als die „Montgolfière“, ist aber leider zehn Tage zu spät gekommen ...**

Bild: Wikimedia commons

zu reißen waren. Nur: Fliegen, das wollten die Kugel nicht und mit ihrem aus schwerem Metall gebauten Körper konnte sie es auch nie.

„Ein Schiff, mit Feuer gefüllt.“ Ein Heißluftballon war es, den die Brüder Joseph Michel und Jacques Etienne Montgolfier erfanden. Im Juli 1783 stieg die erste Montgolfière in den Himmel. Zwei Monate später mit drei Passagieren – einem Hahn, einer Ente und einem Hammel. So wie der Hund Laika oder die amerikanischen Affen bei den ersten Weltraumflügen, sollten auch hier Tiere erst einmal testen, ob der Mensch in der bis dahin unbekannten Umgebung überleben kann.

Und noch im Herbst desselben Jahres sind die beiden Franzosen Jean-François Pilâtre de Rozier und François d'Arlandes als Passagiere mit einer Montgolfière hinaufgestiegen. Weil die beiden Erfinder des Ballons annahmen, heißer Rauch sei das tragende Medium und nicht heiße Luft allein, waren ihre Aufstiege eine ziemlich stinkende Angelegenheit: Feuer aus Stroh, Schafswolle und angeblich auch Tierkadavern produzierte den richtigen Qualm.

Man sieht, die beiden Brüder waren keine echten Wissenschaftler. Der Physiker Jacques Alexandre César Charles konnte sich mit Gasen aus und ging anders an die Sache heran: Seine Charlière war mit Wasserstoff gefüllt. Sie

flog höher und länger als die Montgolfière, auch wenn ihr erster Flug im Desaster endete: Die Dorfbewohner vermuteten in dem niedergegangenen schrecklichen Gebilde ein Ungeheuer aus der Unterwelt und machten das einzig Richtige, was man mit Ungeheuern macht: sie töteten es mit Heugabeln. Zum Glück war kein Pilot dabei.

Bald baute Charles den nächsten, schon großen Gasballon, mit dem auch die ersten Passagiere befördert wurden. Sie fuhren länger, leider aber zehn Tage später als der erste bemannte Montgolfière-Flug, der damit in die Geschichte einging. Der Zweitbeste ist der erste Verlierer.

### **Heiße Luft oder kaltes Gas: Vielleicht beides?**

Damit gab es zwei Luftfahrzeugtypen, den Heißluft- und den Gasballon. Und es sollte uns wundern, wenn keiner auf die Idee gekommen wäre, beides zu kombinieren. Er hieß Jean-François Pilâtre de Rozier – ja, der war es, der schon als erster Mensch mit der Montgolfière aufgestiegen war. Ein Ballon, in dem Wasserstoffgas heiß gemacht wird, das war seine Entwicklung, die, so war es üblich, auch nach ihm benannt wurde: Rozière.

De Rozier, ein Physiker, wusste um die Gefährlichkeit des Erhitzens von Wasserstoff und traf entsprechende Vorkehrungen. Doch über elektrostatische Entladungen – die anderthalb Jahrhunderte später, 1937, auch dem Zeppelin LZ 129 zum Verhängnis wurden – wusste er zu wenig. Bei der ersten Fahrt der Rozière im Jahr 1785 entzündete sich das Gas durch solche elektrostatische Entladungen. De Rozier und sein Mitfahrer Pierre sind damit in die Geschichte der Luftfahrt eingegangen – als ihre ersten Todesopfer.

### **Die Steuerung der Ballone**

Sinken und Steigen. Das ist nicht viel, und es sind auch die einzigen zwei Richtungen, in die ein Ballon gesteuert werden kann. Weil aber die Winde mit der Höhe ihre Geschwindigkeit, oft aber auch ihre Richtung ändern,



**Der Tod der Rozière-Fahrer**

Bild: Wikimedia commons





haben die Ballonfahrer damit eine Möglichkeit, durch Höhenwechsel auch ihre Flugbahn zu ändern. Dabei kann der Luftballon mit einem Höhenwind beträchtliche Geschwindigkeiten erreichen. Die Ballonfahrer selbst merken nichts davon, für sie ist es windstill.

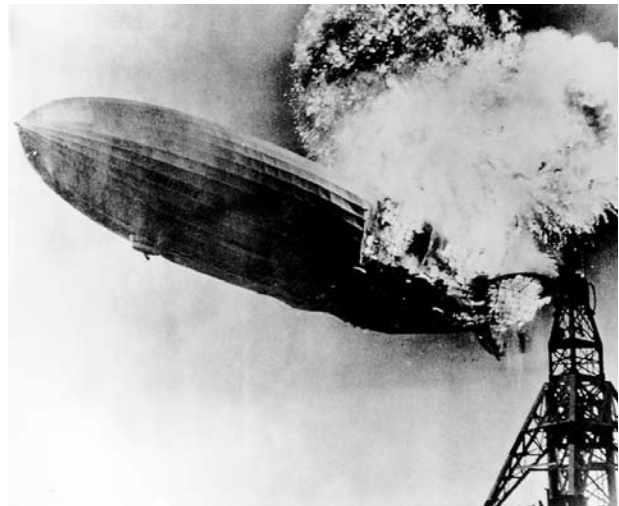
### **Die Leichter-als-Luft-Ära geht zunächst noch weiter**

Die Ballone und vor allem die Luftschiffe wurden in der Luftfahrt noch eingesetzt, als Flugzeuge ihnen technisch längst überlegen waren. Eines der berühmtesten und auch sichersten Flugzeuge der frühen Passagierluftfahrt, die DC-3, ist bereits 1935 entstanden. Sie konnte rund 30 Passagiere schnell transportieren und war für damalige Verhältnisse weitgehend wetterunabhängig. Nur Sturm und Nebel waren ein Problem. Aber den Atlantik zu überqueren, das konnte die DC-3 noch nicht. Das konnten nur Schiffe – und Luftschiffe. So die Zeppeline, die zur selben Zeit noch von Europa nach Amerika



**Die Wetterabhängigkeit war und bleibt das Hauptproblem der Luftschiffe. Die Hindenburg-Katastrophe bereitete dann endgültig diesen imposanten Leichter-als-Luft-Geräten ihr Ende. Heute sieht man nur noch vereinzelte Luftschiffe, meist als Werbeträger, und es gibt das Hobby des Ballonfahrens**

Bild: Wikimedia commons



**LZ 129 „Hindenburg“, die noch einmal eine große Zeit der Transatlantik-Luftfahrt einleiten sollte. Das Ende kam schnell, beim spektakulären Unglück in Lakehurst am 6. Mai 1937. Trotz aller Verschwörungstheorien gilt eine elektrostatische Ladung, die das Wasserstoffgas entzündete, als die wahrscheinlichste Ursache**

Bild: Wikimedia commons

verkehrten. Mit einem riesigen Aufwand (zugegeben, auch Komfort, einschließlich Betten) wurden an die 100 Passagiere befördert.



**Mit der DC-3 hat die Ära der Verkehrsfliegerei ihren Aufschwung genommen. Das Flugzeug gilt bis heute als eines der zuverlässigsten**



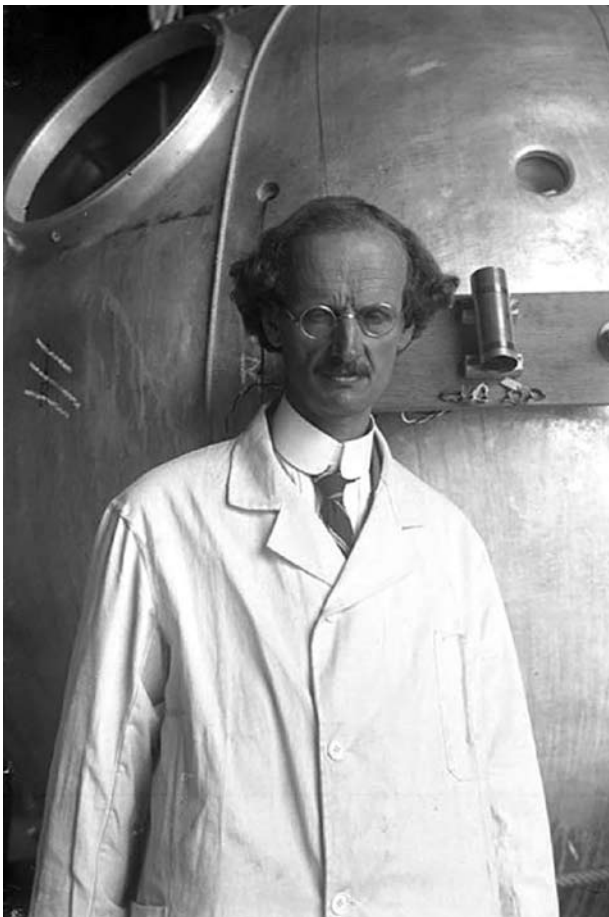
## 5C – Weiterführend, für Fortgeschrittene

# Kurzer Ruhm

## Die Ballone

1783, mit den ersten Starts der Montgolfièren und Charlièren 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 Halbstarrluftschiffe, 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 Einsatz einschränkung 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.



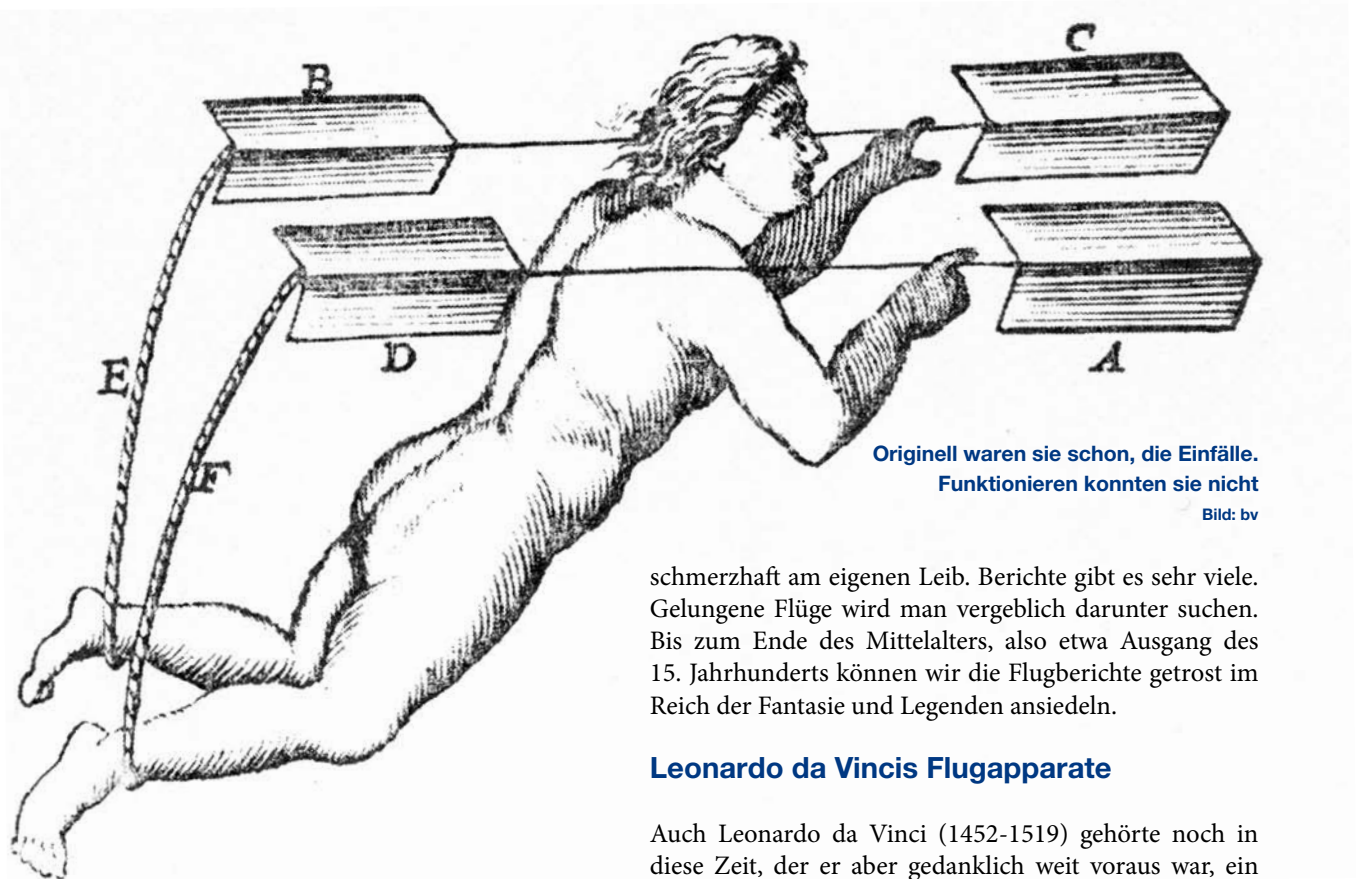


# Kapitel 6

## 6A – Erster Überblick

# Ein Traum, alt wie die Menschheit

## Doch lange nur geträumt



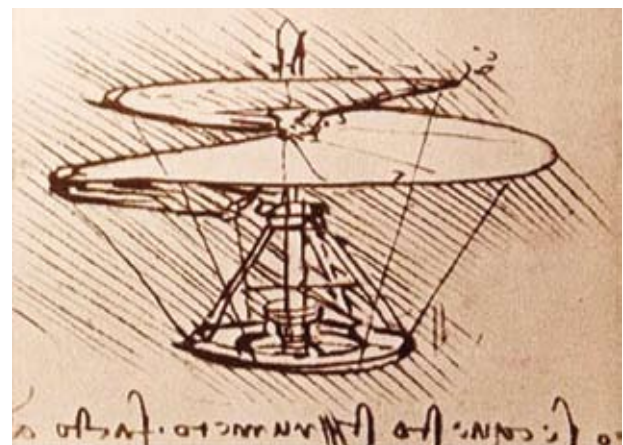
Originell waren sie schon, die Einfälle.  
Funktionieren konnten sie nicht

Bild: bv

schmerzhaft am eigenen Leib. Berichte gibt es sehr viele. Gelungene Flüge wird man vergeblich darunter suchen. Bis zum Ende des Mittelalters, also etwa Ausgang des 15. Jahrhunderts können wir die Flugberichte getrost im Reich der Fantasie und Legenden ansiedeln.

### Leonardo da Vincis Flugapparate

Auch Leonardo da Vinci (1452-1519) gehörte noch in diese Zeit, der er aber gedanklich weit voraus war, ein Genie eben. Er war nicht nur Maler der Mona Lisa und des Abendmahls und ein berühmter Bildhauer, er war auch Kartograph, Anatom und Erfinder auf vielen Technikgebieten. So entwarf er unter anderem auch Flugmaschinen.



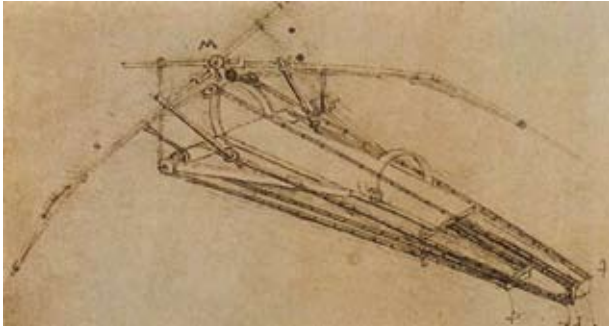
Da Vincis „Schraubflügelapparat“, der schon an einen Helikopter erinnert. Obwohl er aus vielen Gründen niemals so fliegen konnte, war die Idee für damalige Zeit genial

Quelle: Wikimedia commons

Vom Fliegen träumte der Mensch immer. Und hier ist „Traum“ nicht nur im übertragenen Sinne gemeint. Hast Du nicht auch schon Mal geträumt, wie ein Vogel durch die Luft zu fliegen? So wurde fleißig geflogen, in Märchen, Mythen, Geschichten. Als fliegende Hexen und fliegende Teppiche, als Ikarus, als Vogelmensch oder als Reisende mit chinesische Drachen. Die Flugmythen, Märchenflüge und wundersame Flugerlebnisse – in Stein gemeißelt, in Höhlen geritzt, gemalt und gezeichnet, aufgeschrieben oder nur immer weiter erzählt – wir finden sie in allen Kulturen der Erde.

Träumen darf man alles. Und so war den Menschen jedes Mittel recht, wenn es darum ging, sich in die Luft zu erheben: Zauberkünste, Geheimwissen, Schwäne im Gespann oder gasgefüllte Schweineblasen. Dass die Märchenflugapparate niemals fliegen konnten, das wussten vermutlich schon die Geschichtenerzähler selbst.

Einige, die es dennoch wissen wollten und mit Tüchern, Federkleid oder Bambusschwingen von einer Anhöhe herunter sprangen, erlebten es mehr oder weniger



**Die wohl bekannteste Flugmaschine von Leonardo da Vinci. Da Vinci begriff, dass die Kraft der Arme zum Fliegen niemals reichen würde und so sollen die Flügel mit Hilfe aller Muskeln, vor allem auch der Beinmuskeln, die viel kräftiger sind, bewegt werden. Auch das würde aber nicht reichen. Und wie der Apparat mit dem Piloten in die Luft kommen soll, diese Antwort blieb uns der Künstler ebenfalls schuldig**

Jahrhunderte später haben Bewunderer einige seiner Flugapparate nachgebaut und glauben, diese wären in der Tat flugfähig. Sie waren es nicht, sie konnten es nicht sein. Viele seiner Ideen waren schon bahnbrechend. Die Maschinen, in denen er sie umsetzen wollte, hätten sich aber keinen Millimeter vom Boden gehoben. Es fehlten ihm die richtigen Baustoffe und Antriebe, und auch Vinci hing an der Idee des Schlagflügelapparats, die bis heute noch niemand realisieren konnte. Die Zeit war noch nicht reif, auch für Genies noch nicht. Da Vincis Flugmaschinen konnten nicht fliegen.

### Gleiten statt Flattern: Das wäre die Lösung

Diejenigen, die schon damals Versuche unternahmen – es soll wagemutige Flügelmenschen gegeben haben, die sich von Türmen oder Bergen herunterstürzten – endeten, wenn sie Glück hatten, nur mit Knochenbrüchen. Es waren Tüftler und begeisterte Bastler und sie haben so ziemlich alles falsch gemacht. Ihr Vorbild war – verständlicherweise – der Vogelflug, ihre Vision ein flügel Schlagender Apparat. Damit haben sie ihr Scheitern mit eingeplant. Bis heute, im 21. Jahrhundert, ist kein funktionsfähiger Vogelflugapparat gebaut worden, der einen Menschen tragen könnte. Es spricht vieles dafür, dass es auch nie gelingt.

Hätten die frühen Flugpioniere einen segelnden Bussard anstatt die flatternde Schwalbe zum Vorbild auserwählt, dann hätten sie größere Chancen gehabt. Und hätten sie zunächst mit Modellen experimentiert – dann wären sie in Meilenschritten ihrem Ziel näher gekommen. Die wenigen schon vorhandenen Erkenntnisse waren den Tüftlern unbekannt oder wurden von ihnen ignoriert. Ein Problem, das noch lange Zeit die Entwicklung der Fliegerei begleitete und viele Leben kostete.

Für die Menschen des Mittelalters blieb es eine rätselhafte, immer geheimnisvolle Kraft, die den Vogelflug möglich machte. Dass es nicht „die eine Kraft“, sondern verschiedene Kräfte waren, haben sie nicht erkannt. Dass es den Gleitflug und den Thermik-Segelflug, den Kraftflug mit Flügelschlag und den Schwebeflug geben kann,

das war vielleicht auch ein bisschen zu viel. Der Zauber war auch so unheimlich genug.

### Endlich geht es in die richtige Richtung

Als die Ballone aufstiegen, hat die Begeisterung alle erfasst, dennoch, als Transportmittel von A nach B taugten die Ballone nicht. Die Anhänger der Idee Schwerer als Luft haben aber nicht geschlafen, sie sind inzwischen aus dem Vogelflugraum zumindest teilweise aufgewacht. Und viele haben endlich die Schwingenflugapparat-Idee aufgegeben und sich dem starren, festen Flügel zugewandt.

### Berblingers Pech

Besonders früh scheint diese Idee der Schneider von Ulm aufgegriffen zu haben, obwohl es auch über seine Versuche nur sehr ungenaue Dokumente gibt. Er hieß Albrecht Ludwig Berblinger (1770-1829) und war nicht „nur“ Schneider, sondern hat als Klosterschüler eine für damalige Verhältnisse ordentliche Ausbildung erhalten, einschließlich Physik und Geometrie, und war auch im weiteren Leben an Technik und Wissenschaft interessiert. Berblinger beschäftigte sich nicht nur mit dem Fliegen, sondern ebenfalls mit anderen Erfindungen (wie sein Vater auch schon), sodass man davon ausgehen kann, dass er systematisch vorging und durchdachte Experimente anstellte.

Es scheint, dass er irgendwann einmal wirklich geflogen sein könnte und dass es nur widrige Umstände waren, weshalb er am 31. Mai 1811 in die Donau plumpste anstatt wie vorgesehen, vor dem König und zahlreichem Publikum einen ordentlichen Flug über den Fluss vorzuführen. Wie auch immer, 1986 konnte an einem Nachbau des Berblingers Flugapparats seine prinzipielle Flugfähigkeit bewiesen werden. Berblinger beschränkte sich auf das Machbare, den Gleitflug, anstatt wie viele seiner Zeitgenossen gleich das Ganze haben zu wollen: Den Kraftflug.



**Berblingers Gleiter sah durchaus flugfähig aus und vor einigen Jahren wurde er nach alten Zeichnungen nachgebaut: er flog**

Quelle: Wikimedia commons





## 6B – Einstieg in die Materie

# Pioniere der Lüfte

## Sie hatten ihre Schwierigkeiten

Gleichzeitig mit der Entwicklung der ersten Ballone war auch die „Schwerer als Luft“-Fraktion weiterhin tätig. Sie musste zwar nicht ganz so mit jedem Gramm geizen, doch scheiterte auch sie am Gewicht, an den zu schweren Dampfmaschinen, die vorerst als einzige Antriebsalternative zur Verfügung standen.

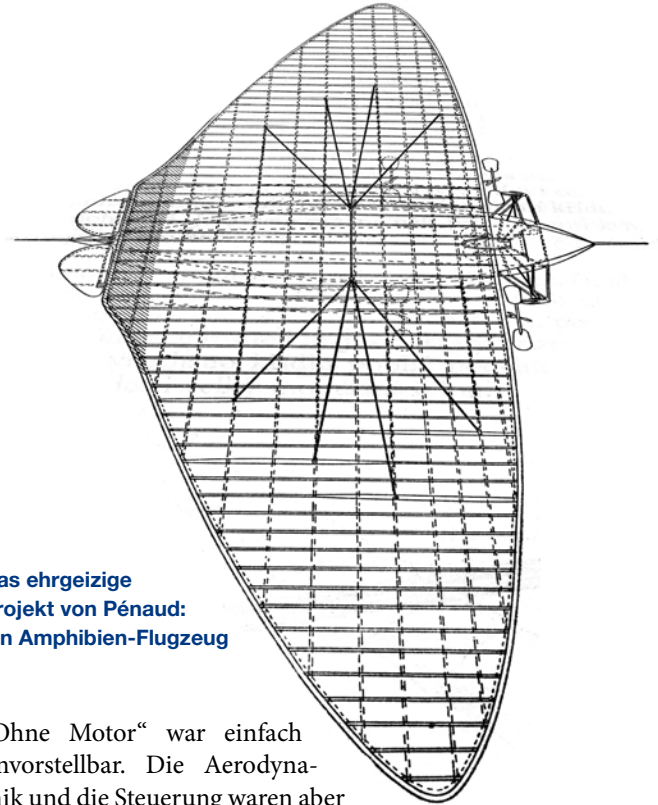
Beim Antrieb eines Fluggeräts ist sein Leistungsgewicht wichtig, das Verhältnis seiner Masse zu seiner Motorleistung. Und da war die Dampfmaschine genau der falsche Weg. Bei einem Ozeanschiff oder einer Lokomotive war sie gut, weil da eine Tonne mehr oder weniger keine Rolle spielt. Stark und leicht, so muss aber ein Flugzeugantrieb sein. „Dampfflugzeuge“ hatten keine Chance.

### Power und richtig fliegen: Die Motorflugfans

Wie sollte es nun weitergehen? Die meisten Erfinder hingen an der Idee des Kraftflugs, des Fliegens mit Antrieb.



**Der Franzose Clément Ader konstruierte den Éole, der ziemlich sicher nicht geflogen ist. Die Modellflieger schaffen (fast) alles, und so hat Josef Wimmer seinem Éole-Nachbau auch das Fliegen beigebracht**



**Das ehrgeizige  
Projekt von Pénau:  
Ein Amphibien-Flugzeug**

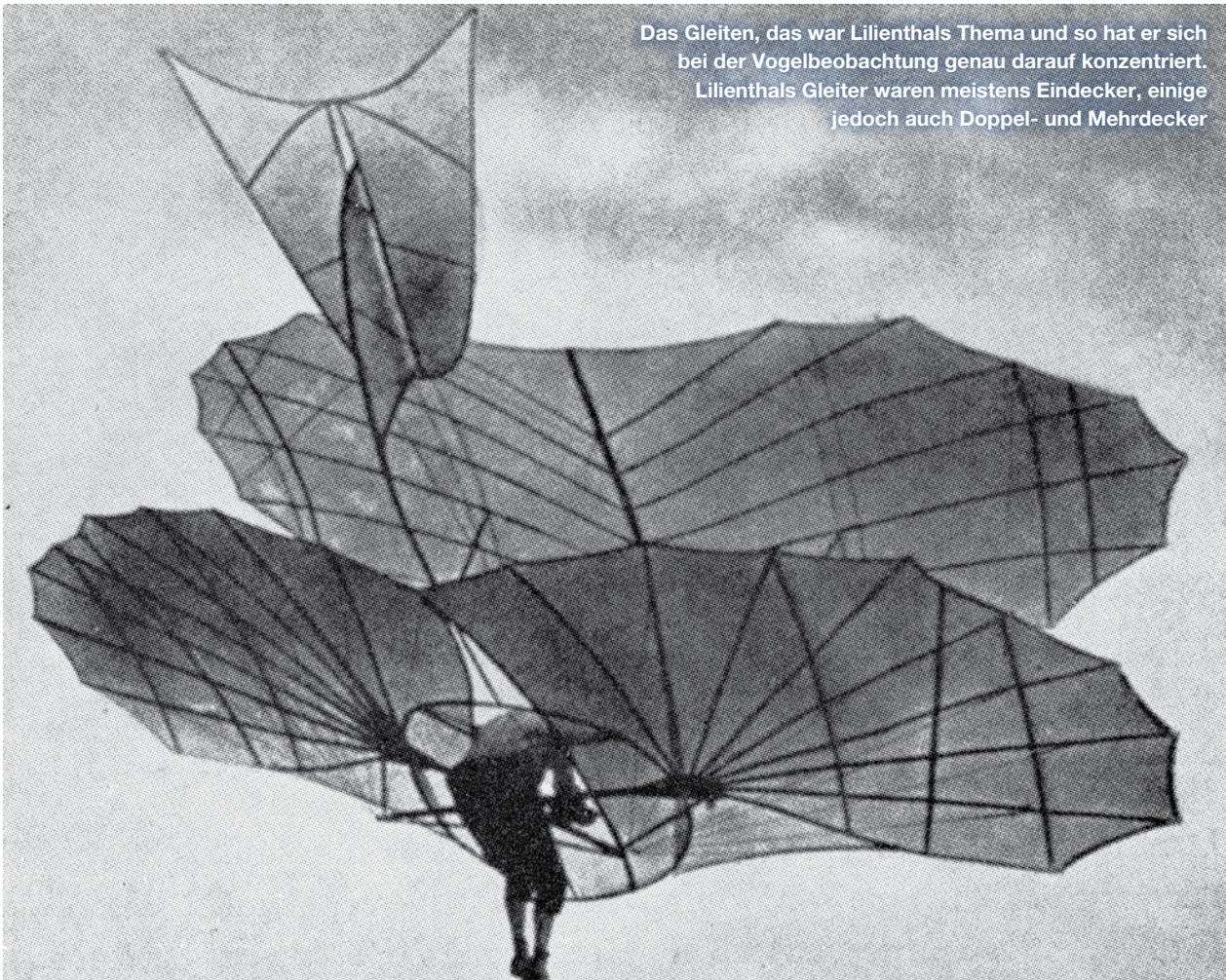
„Ohne Motor“ war einfach unvorstellbar. Die Aerodynamik und die Steuerung waren aber noch längst nicht richtig geklärt, und jetzt noch der Antrieb. Die vom Tschechen Josef Ludvík František Ressel (1793 - 1857) entwickelte Schiffsschraube war schon eine gute Idee auch für einen Flugzeugpropeller, nur der Motor, der fehlte. Manche der in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entworfenen oder auch gebauten Flugapparate hätten sogar fliegen können, wenn sie einen leichten, starken Motor bekommen könnten. Vor allem in England und Frankreich war man eifrig dabei, mit Motorkraft in die Luft zu kommen.

### Die flugbegeisterten Franzosen

Das wohl schönste Flugzeug baute der Franzose Clément Ader (1841-1925), es wird behauptet, er sei geflogen, so recht glauben können wir es nicht. Sein besonders für die Geschichte des Modellflugs ganz bedeutender Landsmann hieß Alphonse Pénau (1850-1880). Er hatte unzählige, seiner Zeit weit vorausseilende Ideen, und doch war er vom Unglück verfolgt und vielleicht auch etwas ungeschickt, was Geschäftssinn oder, modern gesagt, „Promotion“ betrifft – er fand kaum Sponsoren, die ihm geholfen hätten, seine Pläne zu verwirklichen.

Seine Forschungen gingen in viele Richtungen, das interessanteste Projekt war der patentierte Entwurf eines Amphibienflugzeugs mit Einziehfahrwerk, das vom Land und vom Wasser starten konnte. Auch Flugzeuginstru-





Das Gleiten, das war Lilienthals Thema und so hat er sich bei der Vogelbeobachtung genau darauf konzentriert. Lilienthals Gleiter waren meistens Eindecker, einige jedoch auch Doppel- und Mehrdecker

mente hat er bereits entworfen. Es blieb nur bei Plänen und Entwürfen. Er verlor alle Hoffnung und beging erst 30jährig Selbstmord.

Doch in die Luftfahrtgeschichte ist er mit einem kleinen Modellflugzeug eingegangen, das er selbst vielleicht mehr nur für ein Spielzeug hielt. Gebaut hat er es, um die Fragen der Flugaerodynamik und Flugmechanik zu studieren. Es hieß Planophore, hatte 45 cm Spannweite, 16 g Gewicht und ist über eine Entfernung von etwa 60 m geflogen. Für den Antrieb nahm er das Richtige: einen Propeller, der von einem verdrehten Gummistrang bewegt wurde. Der Gummistrang ist später für Jahrzehnte der wichtigste Antrieb für Modellflugzeuge geblieben.

### Die Engländer sind auch dabei

Vergleichsweise gute Informationen haben wir über drei flugbegeisterte Briten des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Der älteste war Sir George Cayley (1773-1857), der im Zuge seiner umfangreichen Forschungen und Experimente auch große Modelle zum Fliegen gebracht haben soll. Seine für seine Zeit sehr modernen und innovativen Erkenntnisse sind 1809 in der dreiteiligen Abhandlung „On Aerial Navigation“ erschienen. Dort geht es um Fragen der Stabilität, des Schwerpunkts, der V-Stellung der Tragflächen, die Möglichkeit und Unmöglichkeit des Schwingflugappa-

rats. Cayleys jüngerer Zeitgenosse William Samuel Henson (1812-1888) wollte ganz groß und vor allem schwer hinauf – mit einem „Dampfflugwagen“ (Aerial Steam Carriage), von 45 m Spannweite und 1.600 kg Gewicht.

Der Apparat wurde natürlich nie realisiert, aber ein Flugmodell soll er gebaut haben – allerdings auch nicht flugfähig. (Rund 150 Jahre später ist aber ein Modell entstanden – mit Verbrennungsmotor, RC-Anlage – von einem hervorragenden Modellbauer gebaut und geflogen.) Auch Hensons Problem war der Antrieb, ein Motor mit ausreichend Kraft. Das war aus einer Dampfmaschine kaum zu holen, selbst mit Expertenwissen nicht, das John Stringfellow (1799-1883) in die neu gegründete Aerial Transit Company mitbrachte.

Er baute sogar ein Flugmodell mit 3 m Spannweite, das aber im Gegensatz zum Modell der „Aerial“ von Henson leichter und aerodynamisch besser gelöst worden war, sodass es tatsächlich mit einer extrem starken, leichten Dampfmaschine in einer Fabrikhalle auch vor Zeugen geflogen ist.

### Die Segelflieger waren schneller am Ziel

Es war es ein Gleitflieger, heute würden wir sagen: Segelflieger, der nachweislich als erster Mensch mit





einem Apparat schwerer als Luft geflogen ist. Seinen Namen kennt jeder: Otto Lilienthal (1848-1896); sein Bruder Gustav (1849-1933), der intensiv an Ottos Forschungsarbeiten, nicht jedoch an den praktischen Versuchen beteiligt war, wird heute kaum noch erwähnt. Otto Lilienthal hat wie Berblinger begriffen, worauf es ankommt: nicht den zweiten Schritt vor dem ersten zu machen. Zunächst gleiten, dann sehen wir weiter, war wohl seine Überlegung. Auch er sah den Gleitflug nicht als das Ziel – dieses sollte irgendwann in einem Motorflugzeug verwirklicht werden. Er war ein ausgebildeter Maschinenbauer und besaß viele Patente, unter anderem für einen Dampfmaschinen-Kleinmotor. Eigentlich hätte er doch gleich den Motorflug ins Auge fassen können. Aber er wollte Schrittweise vorgehen, denn nur so ließen sich Fehler lokalisieren und vermeiden. Er schrieb dazu: „Es gibt nichts Verkehrter als aufgrund theoretischer Arbeiten sogleich eine Flugmaschine fix und fertig bauen zu wollen. Beim Herumraten und planlosen Probieren komme für die Fliegekunst überhaupt nichts heraus. Der Übergang müsse vielmehr planvoll und schrittweise erfolgen.“

Lilienthal ist geflogen, das wissen wir von Berichten und Fotos. Erfolgreich geflogen ist er, nachdem er sich ausführlich und intensiv mit dem Beobachten des Vogelflugs beschäftigt hatte und den Flügel mit seiner Bauweise und Funktion untersuchte und erklärte.

Danach baute er seine Modelle und seine Flugapparate. 1894 ließ er sogar in Berlin-Lichterfelde einen 15 m hohen Hügel aufschütten, von dem er startete. Sein Absturz, an dessen Folgen er kurz darauf starb, war vermutlich

durch eine Verkettung unglücklicher Umstände verursacht. Er war ohne Zweifel der erfahrenste Gleitflieger seiner Zeit – andere gab es ja auch nicht, doch nicht erfahren genug, um den Grenzzustand, als ihn eine Bö erfasste, zu meistern. Er ist in diesem Moment vermutlich auch zu langsam geflogen, was ja auch heute Drachenflegern zum Verhängnis werden kann, mit modernem Gerät.

Sein Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“, erschienen 1889, galt für lange Jahre als Standardwerk der Aerodynamik und Flugmechanik. Obwohl Lilienthal sein Flugzeug unter dem Namen „Normalsegelapparat“ sogar in Serie baute – einige Käufer sind aktenkundig – ist der Gleitflug bald durch den Motorflug abgelöst worden; mit den neuen Benzinmotoren standen endlich brauchbare Antriebe zur Verfügung. Der Gleitflug spielte keine Rolle mehr, und erst in den 20er-Jahren des nächsten Jahrhunderts erlebte er als Segelflug seine Wiederentdeckung.

### Die Motorflieger übernehmen die Führung

Mit dem 1876 patentierten Verbrennungsmotor von Nikolaus August Otto änderte sich alles. Die aussichtslosen Bemühungen, eine Dampfmaschine als Flugmotor einzusetzen, konnten aufgegeben werden und mit dem Benzinmotor begann die große Ära des Motorflugs. Am 17. Dezember 1903 ist Orville Wright (1871-1948) in dem zusammen mit seinem Bruder Wilbur (1867-1912) gebauten Flyer in den Dünen von Kitty Hawk in North Carolina fast 40 Meter weit geflogen, weitere Flüge folgten. (Auch die Brüder Wright haben mit Gleitapparaten begonnen.)





Nun ging alles rasend schnell. Nur sechs Jahre später sind aus den knapp 40 Metern des ersten Wright-Hüpfers über 40 Kilometer Flugstrecke geworden, die am 25. Juli 1909 Auguste Louis Charles-Joseph Blériot (1872-1936) über dem Ärmelkanal von Calais nach Dover zurücklegte.

Und weitere zehn Jahre später haben John Alcock und Arthur Brown den ersten Non-Stop-Flug über den Atlantik unternommen. Sie flogen – wegen der vorherrschenden Windrichtung – von West nach Ost, gestartet in St. John's, Neufundland und sind nach über 16 Stunden und 3.667 Flugkilometern in Irland gelandet. Besser gesagt, bruchgelandet, weil die Landwiese sumpfig war. Sie blieben unverletzt und wurden die ersten Transatlantikflieger. Dass ihr Flugzeug ein umgebauter zweimotoriger Bomber Vickers Vimy war, verrät auch etwas darüber, welche Kräfte es waren, die die Luftfahrtentwicklung inzwischen vorangetrieben hatten.

Mit einem ganz und gar zivilen einmotorigen Flugzeug ist aber noch Charles Augustus Lindbergh (1902-1974) eine der größten Leistungen gelungen, als er 1927 im Alleinflug in 33,5 Stunden von New York nach Paris geflogen ist und dabei über 5.800 km absolvierte. Der beleuchtete Eiffelturm führte ihn dann zum Ziel, dem Flughafen Le Bourget, wo ihn an die 100.000 Begeisterte erwarteten (und sein Flugzeug beinahe auseinander genommen haben). Lindbergh war Postflieger und daher nicht nur gut in Navigation, sondern auch lange, ermüdende Flüge gewohnt. Bei seinem Atlantik-Flug wurde ihm jedoch einiges mehr abverlangt. Von Halluzinationen bis hin zu mysteriösen „Mitfliegern“ berichtet er später über die langen einsamen Stunden.

### Das Erfolgsmodell: Das Propellerflugzeug

Benzinmotor und Propeller in dem Flyer der Gebrüder Wright haben im Jahr 1903 die neue Ära eingeläutet. Das Prinzip des Flugzeugs mit fester Tragfläche und Antrieb durch einen Verbrennungsmotor und Propeller ist bis heute, trotz aller Verkehrs- und Militärflugzeuge mit Strahlantrieb, das am meisten verbreitete.

### Viele große Erfinder – aber wer war wirklich der Erste?

Wie immer, auch Lilienthal hatten Vorläufer, die theoretische Arbeiten verfassten, in denen sie zu gleichen Ergebnissen kamen – zum Beispiel Louis Pierre-Marie Mouillard (1834-1897), der in seinem 1881 erschienenen, ebenfalls berühmt gewordenen Buch „Das Reich der Lüfte“ (L'empire de l'air) auch einen Gleiter mit fester Tragfläche entwarf. Über die Prioritäten mag man gern streiten, bis hin zu Vermutungen, wer bei wem abgeschrieben hatte. Die Wahrheit ist meist einfacher und erfreulicher: Große Entdeckungen und Erfindungen fallen nicht vom Himmel, sind nicht die Folge einer Eingebung oder Erleuchtung bei einem Einzelnen, sondern greifbar, wenn die Zeit dafür gekommen ist, wenn das allgemeine Wissen einen für sie geeigneten Stand erreicht hat. Dann



**Die Lindbergh'sche Maschine, „Spirit of St. Louis“, aus der M-2 von Ryan Airlines entstanden, ist sehr einfach in ihrer Konstruktion – der Pilot hat nicht einmal freie Sicht nach vorn. Für einen Modellnachbau keine Nachteile, im Gegenteil. Die Modell-Spirits fliegen sehr gut**

liegen alle Steinchen des Puzzles vor. Leider, muss man hinzufügen, nur Wenige, die auch schon lange nach ihnen suchten, können sie auch erkennen und aufsammeln. Oft sind es mehrere Suchende, die zur gleichen Zeit am Ziel angekommen sind und anschließend über die Lorbeeren streiten können.

Die Brüder Wright haben Lilienthals Arbeiten fortgesetzt und zunächst ebenfalls mit Gleitflugzeugen experimentiert. Am 17. Dezember 1903 ist Orville Wright mit dem Flyer etwa 10 km weit geflogen – vor Zeugen und mit fotografischen Beweisen. Es gibt jedoch weitere Kandidaten, die schon damals beanspruchten, als erste Menschen mit Motor geflogen zu sein. Ihre kleinen Fanggemeinden forschen und kämpfen bis heute weiter, um eine Anerkennung ihrer (vermeintlichen oder wahren) Pioniertat.

Der bekannteste „Verlierer“ ist Gustav Weißkopf (1874-1927), der später in Amerika lebte und dort als Gustave A. Whitehead bekannt ist. Er soll am 14. August 1901 etwa 1 km weit geflogen sein. Das wäre also zwei Jahre vor den Wrights. Einiges spricht auch dafür, leider hat er aber vergessen, ein Foto von seinem Flug machen zu lassen. Es fehlt der eindeutige Beweis. Sorry, Mr. Whitehead.

Karl Jatho (1873-1933), dessen Flug am 18. August 1903, vier Monate vor den Wrights, erfolgt sein soll. Auch Jatho vergaß am entscheidenden Tag den Fotoapparat zu Hause. Sein Flugzeug, wie wir es aus alten Dokumenten und einem neuen Nachbau kennen, lässt auch eine gewisse Skepsis aufkommen.

Auch die Österreicher darf man nicht übergehen: Ein Wilhelm Kress startete im Oktober 1901 auf dem Wienerwald-Stausee mit seinem Wasserflugzeug. Es ist zwar unumstritten, dass der Start misslang, aber wenn er vielleicht doch knapp abhob und das Wasser verließ? Es heißt ja in der Schilderung: „... hoben sich die Schwimmer des Flugzeugs erst knapp vor dem gegenüberliegenden Ufer





aus dem Wasser ...“ Ja, dann doch geflogen, oder? War es zu wenig, zu kurz, zu niedrig? Und was ist dann genug?

Wir sehen, die Lorbeeren werden selten ganz gerecht verteilt. Letztendlich ist es so wichtig auch nicht. Die Flugzeuge wurden schneller, besser steuerbar, Metall ersetzte das Holz in der Konstruktion, die Eindecker haben den Doppeldecker abgelöst, Strahlantriebe haben die Fluggeschwindigkeit erhöht, die Flugzeuge wurden immer größer, immer sicherer. Am Prinzip des Flugzeugs hat sich jedoch nichts mehr fundamental geändert. Selbst der Space Shuttle ist bei seiner Landung kein Weltraumschiff, sondern ganz einfach ein Gleiter. Lilienthal hätte es gefreut.

### Die Erfinder des Verbrennungsmotors

Erst die Verbrennungsmaschine brachte die Wende für die Fliegerei. Sie wurde von vielen erfunden oder weiterentwickelt – von Jean Joseph Étienne Lenoir, Rudolf Diesel, Gottlieb Daimler, Carl Benz, Nicolaus August Otto und noch anderen. Auch hier ließ der Streit um die Priorität, vor allem aber um Patente, nicht lange auf sich warten.

### Pech und Pannen auch bei den Profis

Zu Anfang der Luftfahrtentwicklung waren die meisten Pioniere in einer Personalunion vereint: Der Erfinder als Konstrukteur, Erbauer und eigener Testpilot. Mit dem Beginn der Serienproduktion von Flugzeugen kamen aber zu große Geldsummen ins Spiel, die Projekte wurden immer gewaltiger. Die Flugzeugfabriken gründeten eigene Konstruktionsbüros und arbeiten seitdem mit wissenschaftlichen Instituten und Hochschulen zusammen. Das hat dennoch nicht unzählige Fehlkonstruktionen, sinnlose Flugzeuge und tragische Abstürze verhindern können. Doch jede Flugzeugkatastrophe, deren Ursache man ermitteln konnte, hat auch dazu geführt, dass sie sich nicht wiederholen kann.

### Die Amateure geben nicht auf: Erfolgreiche und tragische Querköpfe

So komplex, teuer und aufwändig in der Herstellung Flugzeuge auch sind – bis heute gibt es Leute, die ihre Fluggeräte selber bauen und oft auch konstruierten. Es sind gar nicht so wenige dieser Amateurflugzeugbauer, sie sind sehr aktiv und in ihren Vereinigungen engagiert (Oskar-Ursinus-Vereinigung, [www.ouv.de](http://www.ouv.de), in den USA die Experimental Aircraft Association, [www.eaa.org](http://www.eaa.org)).

Viele Amateurkonstruktionen sind irgendwann als in Serie gefertigte Bausätze auf den Markt gekommen. Diese „Amateure“ sind alles andere als nur flugbegeisterte Tüftler. Durch die regen Kontakte innerhalb der Community steht jedem Mitglied ein breites, fundiertes Wissen und hohes handwerkliches Können zur Verfügung.

Es gibt und gab aber immer auch die anderen Amateure, die außer Begeisterung oder dem Wunsch nach Ruhm nur eine erschreckende Absenz jeglichen Fachwissens, gepaart mit einer grandiosen Missachtung dessen, was bereits hundertfach erfolglos probiert wurde, als Grundlage ihrer Projekte einsetzten. Ein trauriges Beispiel ist der Pariser Schneider François Reichelt, der in seinem „Fledermauskostüm“ vom Eiffelturm heruntersegeln wollte. Und das im Jahre 1912, drei Jahre nach der Überquerung des Ärmelkanals mit einem Flugzeug. Der Absprung gelang, der Flug nicht und sein Tod wurde sogar in einem der ersten Dokumentarfilme einer fliegerischen Katastrophe festgehalten. Die heute vor allem in Europa geltenden strengen Vorschriften und Prüfverfahren für den Bau und Betrieb der Eigenbau-Fluggeräte sind auch dazu da, um das Leben manches verrückten Schneiders zu erhalten.



**François Reichelt, noch lebend. Obwohl er vorher völlig erfolglose Versuchssprünge aus wenigen Metern sowie mit Puppenabwurf unternommen haben soll, hat es ihn nicht von seinem Vorhaben abbringen können. Während des langen Sturzes vom Eiffelturm hat er Zeit gehabt, seinen Irrtum zu erkennen**

Quelle: Wikipedia commons



## 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?

- a. Der Mensch ist zu schwer
- b. Er hat nicht genug Kraft, vor allem nicht in seiner für den Flügelschlag notwendigen Brustmuskulatur
- c. 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?

- a. 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 Großtreppe 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.