



# 3-2-1-Start!

## Faszination Modellraketen

***Raketenstarts ins All gehören immer noch zu den größten technischen Herausforderungen und bewegen oft Menschen weltweit. Fast so lange wie es real fliegende Raketen gibt, existiert auch eine entsprechende Modellraketen-Szene, die auch in Deutschland immer mehr Freunde gewinnt und sich in den letzten Jahren rasant technisch entwickelt. Wir stellen das Hobby vor, zeigen die ersten Schritte, das benötigte Material und unternehmen auch einen Ausflug in die Entwicklung eigener Modellraketen am PC.***

---

### **Lift-off! We have a lift-off!**

---

Ungezählte Male hat man diese erleichterte Meldung wohl schon von den Weltraum-Profis gehört, seit in den 50er Jahren

die ersten Raketen, zunächst ohne, dann mit Nutzlast, ins All befördert wurden. Einige davon gingen als weltumspannende Ereignisse in die Geschichte ein - der russische „Sputnik“, der erste Mensch im Weltraum, natürlich die Mondlandung,

natürlich Apollo 13, der erste Deutsche, die Challenger-Katastrophe, die Marserkundung...

Bereits in den frühen 50er Jahren des letzten Jahrhunderts begannen Enthusiasten in den USA, selbst gebaute Modellra-

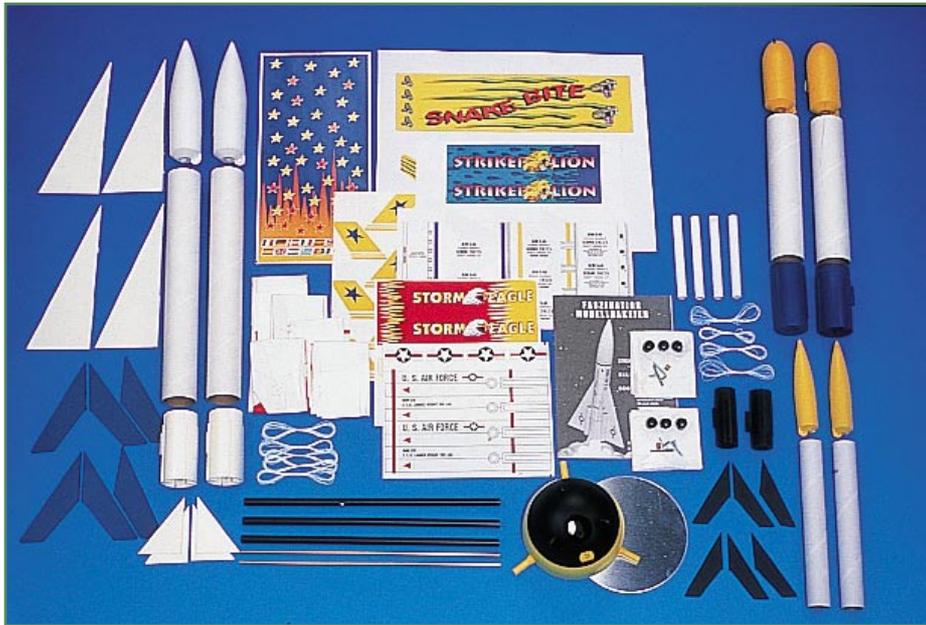


Bild 1: Für den Raketenbau nach eigenen Vorstellungen - Designer-Set

keten zu starten. Da damals noch der totale Selbstbau, inklusive unkontrolliertem Treibsatzbau, angesagt war, gab es einige Unfälle. Folgerichtig wurden bald Regeln aufgestellt, die zum Teil bis heute gelten. Vor allem die Treibsätze, Raketenmotoren genannt, dürfen seither nur noch industriell unter strenger Qualitätskontrolle hergestellt werden. Seit 1957 ständig unternommene Tests, u. a. auch absichtliches In-Brand-Setzen eines Geschäfts, das solche Raketenmotoren vertreibt, zeigen, dass es sich entgegen den ersten Annahmen um ein ausgesprochen sicheres Hobby handelt, sofern man bestimmte Regeln einhält.

Mit der Zeit hat sich eine kleine Industrie rings um den Modellraketenflug gebildet, aktuell bestimmen die beiden amerikanischen Firmen ESTES und QUEST die Szene mit einer riesigen Angebotsbreite an fliegenden Modellraketen und dem erforderlichen Zubehör in guter Qualität. Aber auch der reine Selbstbau auf Grundlage industriell hergestellter Antriebe findet in Deutschland immer mehr Anhänger.

### Keine Silvesterknaller!

Nahezu jeder hat wohl schon einmal eine „Rakete“ gestartet - zu Silvester! Jedoch hat das Knallvergnügen am Jahresende ganz und gar nichts mit dem Modellraketenflug zu tun. Zwar ähneln sich die Treibsätze äußerlich etwas, jedoch sind Raketenmotoren ganz anders und nach verschärften Sicherheitsnormen aufgebaut als die Treibsätze der Silvesterraketen. Dazu kommt als weiteres Konstruktionsmerkmal der Aufbau des Fluggerätes. Ein nach den Konstruktionsgrundsätzen des Modellraketenbaus entwickeltes Modell

wird bei ordnungsgemäßem Start kaum einmal Fehlfunktionen oder gravierende Abweichungen von der berechneten Flugbahn aufweisen. Der Start erfolgt von einer mehrfach verwendbaren, in der Konstruktion sicheren Startrampe und das am Fallschirm oder Flatterband (Streamer) langsam herabsinkende Modell kann keinen Schaden mehr anrichten - schon gar keinen Brandschaden durch explodierende Nutzlast!

Hält man die wenigen Konventionen zum Modellraketenflug, auf die wir noch kommen werden, ein, ist die Beschäftigung mit den bis zu mehrere Meter langen, fliegenden Modellen ungefährlicher und auch preiswerter als etwa Flugzeugmodellflug.

Apropos: Wir sprechen hier ausschließlich von Modellraketenflug. Das sind fliegende Raketen oder andere Flugkörper, die entweder an Vorbilder angelehnt oder frei konstruiert sind und ausschließlich auf das Fliegen hin konstruiert sind. Anders hingegen präsentiert sich der Raketenmodellbau. Hier werden vorwiegend detailgetreue Nachbauten von tatsächlichen oder Phantasie-Raumfahrzeugen/Raketen als bewunderte Standmodelle gebaut.

### Für jeden etwas

Modellraketen gibt es in unendlich vielen Variationen und vielen Preisklassen, teils komplett vormontiert, teils weitgehend selbst aufzubauen, mit und ohne Nutzlast, auch in kurioser Form, wie das Titelbild dieses Artikels bereits zeigt.

Ihre Vorteile sind schnell aufgezählt: sie ermöglichen einen kostengünstigen und schnell realisierbaren Flugspaß durch Mehrfachverwendung der eigentlichen, schnell montierbaren Rakete, man kann

bei Wetter ohne Niederschlag und starken Wind das ganze Jahr über fliegen, erreicht imposante Flughöhen und lernt fast spielerisch eine Menge über Flugphysik, Aerodynamik und die Statik von Fluggeräten.

Aber auch für den kreativen Raketen-Selbstbauer, der nicht alles selbst bauen möchte, bietet die Industrie etwas. So genannte Universalbausätze erlauben den Aufbau der verschiedensten Modellraketen nach eigenen Vorstellungen (Abbildung 1).

### Thema Sicherheit

Modellraketen fliegen mit Geschwindigkeiten zwischen 300 und mehr als 1000 km/h bis zu einigen hundert Metern hoch und entwickeln folglich auch recht hohe Vortriebskräfte. Deshalb gelten hier, wie ähnlich beim Flugmodellsport auch, einige Regeln, die es einzuhalten gilt. Das komplette Regularium findet sich auf fast allen Internetseiten zum Thema Modellraketen, z. B. auf [1].

Wir wollen hier nur einen kurzen Abriss der allgemeinen Regeln betrachten. Diese kommen ursprünglich aus den USA, werden dort als NAR SAFETY CODE (NAR - National Association Rocket, Dachverband der USA für Modellraketenflug; Internet: [2]) bezeichnet und gelten, um einige lokale Bedingungen erweitert, nahezu in allen Ländern als internationaler Sicherheits-Kodex.

Danach müssen Modellraketen aus leichten Materialien wie Papier, Pappe, Kunststoff usw. bestehen, die in ihrer Belastbarkeit an das Gesamtmodell mit Antrieb angepasst sind. Für Spitze, Flossen oder Raketenkörper selbst werden keine Metallteile eingesetzt.

Es werden nur unmodifizierte Raketenmotoren aus zertifizierter Industrieproduktion benutzt, die in ihrer Stärke dem Modell angemessen sind. In Deutschland müssen diese Motoren das BAM-Zulassungszeichen tragen, z. B. BAM-PT<sub>1</sub>-0672. Raketenmotoren fallen hier zudem unter das Sprengstoffgesetz. Sie dürfen (bis 20 g Füllmenge, darüber benötigt man eine Sondererlaubnis) ab 18 Jahren frei erworben und ganzjährig für den Modellraketenflug eingesetzt werden. Jugendliche dürfen diese Motoren unter Aufsicht einsetzen.

Tabelle 1: Empfohlene Startplatzgrößen (Auszug)

Gesamt-Schubimpuls	Äquivalentes Triebwerk	Seitenlänge Startplatz
1,26- 2,50 Ns	A	30 m
2,51- 5,00 Ns	B	60 m
5,01- 10,00 Ns	C	120 m
10,01- 20,00 Ns	D	150 m

Jede Rakete kehrt an einem so genannten Bergungssystem, einem Fallschirm oder Streamer (Flutterband), zur Erde zurück und kann so keine Schäden anrichten. Deshalb soll eine Modellrakete auch nicht mehr als 1500 g (Startgewicht) wiegen und keine Schubkraft (Start) von mehr als 320 N besitzen.

Nutzlasten dürfen nicht brennbar, explosiv oder sonst gefährlich sein, auch Tiere dürfen nicht als Nutzlast fliegen.

Starts sind nur auf freien Plätzen ohne brennbares Material (trockenes Gras u.ä.) und von einer standsicheren Startrampe mit Prallblech aus gestattet, die eine sichere, vorausschaubare Flugbahn vorgibt (maximal 60 Grad von der Horizontalen). Einige von der NAR empfohlene Platzgrößen für die gängigsten Raketenmotoren sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Bei Windgeschwindigkeiten von über 30 km/h unterbleibt jeder Start!

Es darf nur auf freie Sicht (nicht in Wolken oder Nebel hinein) und nicht in Richtung von Objekten (Flugzeuge, Gebäude), Menschen oder Tieren gestartet werden. Der Antrieb von horizontal sich bewegenden Modellen („Raketenauto“) ist verboten.

Als Zündsystem sollte ein industrielles, elektrisches Zündsystem ohne Zeitverzögerung und mit Sicherheitsvorrichtung zur Anwendung kommen, das einen Start aus sicherer Entfernung (min. 5 bis 9 m je nach Schubleistung des Raketenmotors) ermöglicht.

Schließlich untersagt der Kodex jegliche Bergung des Modells, wenn man dabei in Gefahr geraten könnte, etwa aus Stromleitungen.

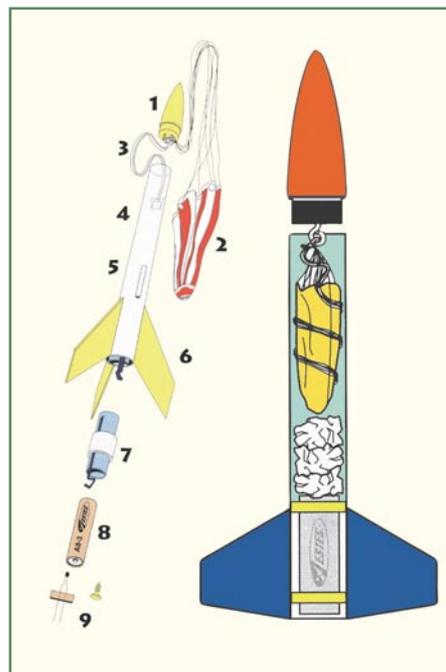
Bezüglich der örtlich zugelassenen Flughöhe und des Flugplatzes gelten im Wesentlichen die Bedingungen, die auch der Modellflugzeugflieger beachten muss, z. B. das Luftverkehrsgesetz. So hat man ausreichend Abstand zu bebauten Gebieten einzuhalten, die unmittelbare Nähe zu Flughäfen aller Art sowie der Start innerhalb von kommerziellen und Militärflugwegen (z. B. Einflugschneisen) sind tabu. Ebenso kann es, je nach örtlichen Umständen, unterschiedliche Flughöhen geben, in denen der so genannte kontrollierte Luftraum beginnt, in den keine Starts hinein erfolgen dürfen. Startet man handelsübliche Modelle mit den dazu vorgeschriebenen Motoren, wird auch in Ballungsgebieten kaum in die kontrollierte Zone, die dort bereits bei 1000 Fuß (ca. 330 m) beginnt, geflogen. Das Erreichen größerer Höhen sollte sowieso dem fachlich ausgereiften Wettbewerbsflug vorbehalten bleiben und birgt auch die Gefahr in sich, dass das Modell auf immer verschwunden bleibt, da man dann mitunter nur schwer verfolgen kann, wo es landet.

Doch genug der Regularien, so wichtig sie sind, wenden wir uns der Hauptsache zu, der Modellrakete.

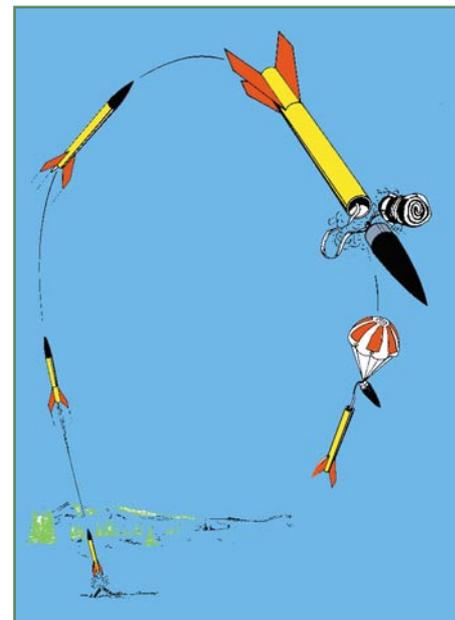
## Die Modellrakete

Abbildung 2 zeigt den typischen Grundaufbau einer Modellrakete. Die Raketen Spitze (1) ist in das Körperrohr (4) eingesteckt. Sie wird im Verlauf des Fluges durch die Ausstoßladung des Raketenmotors aus dem Körperrohr gedrückt, sodass der Fallschirm (2) austreten kann. Damit beide Teile, Spitze und restliche Rakete, gemeinsam zur Erde zurückkehren, sind sie mit dem so genannten Shock Cord (3), einem elastischen Gummiband, gekoppelt. Für die sichere Führung beim Start ist das seitlich am Körperrohr angebrachte Leitrohr (5) verantwortlich. Die Flossen (6) sorgen für Flugstabilität, so hält die Rakete die Richtung.

Die Motorhalterung (7) besteht aus einem Zentrierring, der für einen festen und zentralen Halt des Raketenmotors im Körperrohr sorgt, einem gebogenen Federstahl, der das Herausfallen des nur eingesteckten Raketenmotors (8) verhindert und der eigentlichen Motorhalterung. Die Motorhalterung ist meist für die Raketenmotortypen A-C (darauf gehen wir noch detailliert ein) geeignet, wobei hier zu Anfang unbedingt der vom Hersteller vorgeschriebene Typ zu montieren ist. Für die Ausrüstung mit dem starken D-Motor sind alternative Motorhalterungen verfügbar. Der sollte jedoch nur großen und schweren Modellen vorbehalten bleiben, etwa mehrstufigen



**Bild 2: Der Grundaufbau einer Rakete (links) und das Verpacken von Isolierwatte und Fallschirm (rechts) Grafikidee: ESTES**



**Bild 3: Der Ablauf eines Modellraketenflugs**

oder solchen mit einer Nutzlast, leichte Modelle sind mit diesem Antrieb schnell für immer verschwunden.

Um den Motor zu zünden, wird eine Zündvorrichtung (9) benötigt, vornehmlich kommen hier Elektrozünder zum Einsatz. Die mit den Motoren oft gelieferten, kurzen Zündschnüre widersprechen dem genannten Kodex für den sicheren Start und sind nur ein Notbehelf.

Im rechten Teilbild der Abbildung 2 findet man die Isolierwatte, die zwischen Raketenmotor und Fallschirm eingelegt wird und letzteren vor der Beschädigung durch die heißen Gase der Ausstoßladung des Motors schützt.

Als Materialien kommen für die Spitze, und die Flossen Kunststoff oder Balsaholz, für das Leitrohr Kunststoff oder Karton, für das Körperrohr und die Motorhalterung Karton sowie für den Fallschirm Fallschirmseide oder dünne, hochflexible Kunststoff- bzw. Metallfolien zum Einsatz.

Alles ist geklebt, nichts, bis auf den Federstahl der Motorhalterung, den Zünder und evtl. Teile der Nutzlast (z. B. Elektronik) besteht aus Metall. Landet eine solche Rakete etwa im schlimmsten Fall auf einem Autodach, wird sie kaum eine Beschädigung anrichten.

Alle Teile der Rakete, bis auf den für jeden Start neu zu bestückenden Motor, sind mehrfach verwendbar und im Falle eines Schadens auch leicht reparierbar.

## Der Flug

Der Flugablauf ist, bis auf Zusatzfunktionen, wie etwa bei mehrstufigen Raketen, beim Abwerfen von Nutzlasten (Glei-



Typ	Gesamt Schubimpuls [Ns]	Mittlere Schubkraft [N]	Schubdauer [Sek]	Verzögerung [Sek]	max. Startgewicht	Treibmittel
A8-3	2,5	8	0,32	3	75 g	3,12 g
B4-4	5,0	4	1,20	4	99 g	8,33 g
C6-3	10,0	6	1,70	3	113 g	12,48 g
D7-3	20,0	7	2,87	3	200 g	19,48 g

**Tabelle 2: Daten der Treibsatztypen A-D**

ter) oder anderen Gimmicks, stets der gleiche. Er unterteilt sich in mehrere Phasen, wie in Abbildung 3 zu sehen.

Die Startphase beginnt mit der Zündung des Motors, der in der Beschleunigungsphase den nötigen Schub erzeugt, um die Rakete abheben und beschleunigen zu lassen. Jetzt entwickelt der Motor die entscheidende Kraft, um Höhe zu gewinnen und einen stabilen Flug zu gewährleisten. Ist das Treibmittel fast ausgebrannt, bewegt sich die Rakete nur noch mit geringem Schub weiter. Dem folgt die so genannte Verzögerungsphase. Jetzt sieht man eine Rauchfahne hinter der Rakete, die die Ortung in großer Höhe einfacher macht. Sie wird durch die Verzögerungsladung im Motor erzeugt.

Ist die gesamte Schubkraft des Beschleunigungsimpulses aufgebraucht, erreicht die Rakete den Gipfelpunkt der Flugbahn und fängt an, zur Erde herabzufallen. Kurz danach erfolgt im Raketenmotor die Zündung der Ausstoßladung, die über die Isolierwatte das Bergungssystem, meist einen Fallschirm, explosionsartig gegen die Raketenspitze und diese aus dem Körperrohr herausdrückt. Der Fallschirm tritt aus, entfaltet sich und lässt die Rakete sanft landen.

### Powerröhre - der Raketenmotor

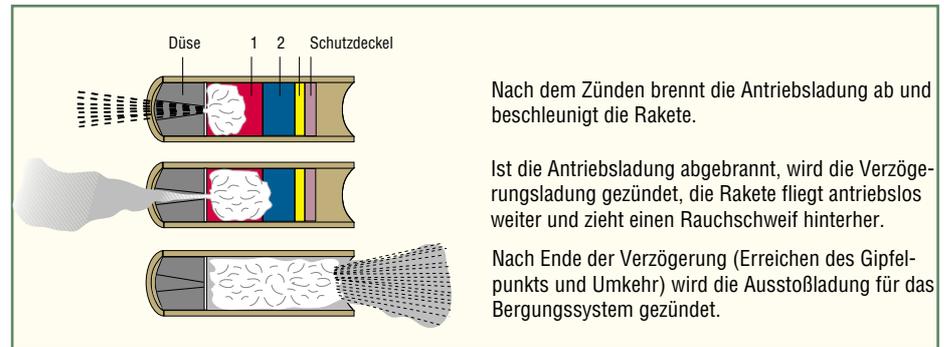
Prinzipiell unterscheidet man zwischen einmal verwendbaren Raketenmotoren (Single Use) und mehrfach verwendbaren, aus Gehäuse und nachladbarem Treibsatz bestehende Motoren (Reload). Wir wollen für den Einstieg nur erstere betrachten, sie sind preiswert und besonders einfach handhabbar. Wer sich umfassend informieren möchte, der sei auf [3] verwiesen. Hier gibt es eine hervorragende Übersicht über Raketenmotoren.

In Tabelle 2 sind Typen und Daten gängiger Feststoff-Raketenmotoren aufgeführt. Die Klassifizierung A bis D kenn-

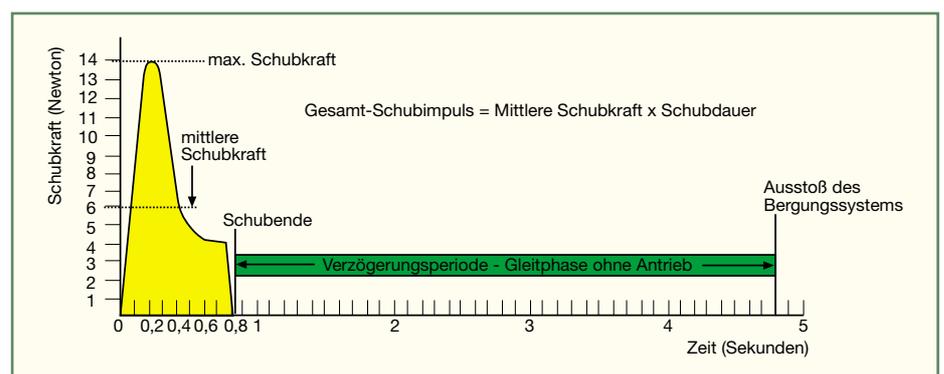
zeichnet den Gesamt-Schubimpuls. Die erste Ziffer ist die Kodierung für die mittlere Schubkraft des Motors, die zweite Ziffer steht für die o. g. Verzögerungszeit zwischen Schübe und Auslösen der Ausstoßladung. Lange Verzögerungszeiten stehen für leichtgewichtige, kurze für schwerere Modelle.

Übrigens, das Bündeln mehrerer Motoren oder das Zusammensetzen zu mehrstufigen Antrieben bedarf einer besonders zu erwerbenden Erlaubnis nach dem Sprengstoffgesetz - keine Experimente also!

Was läuft nach der Zündung im Motor ab? Abbildung 4 zeigt es. Die Reihenfolge ist eng mit den bereits genannten ersten Flugphasen verbunden. Für jeden Motor



**Bild 4: Die Verbrennungsvorgänge im Raketenmotor hängen eng mit dem Flugverlauf der Rakete zusammen. Grafikidee: ESTES**



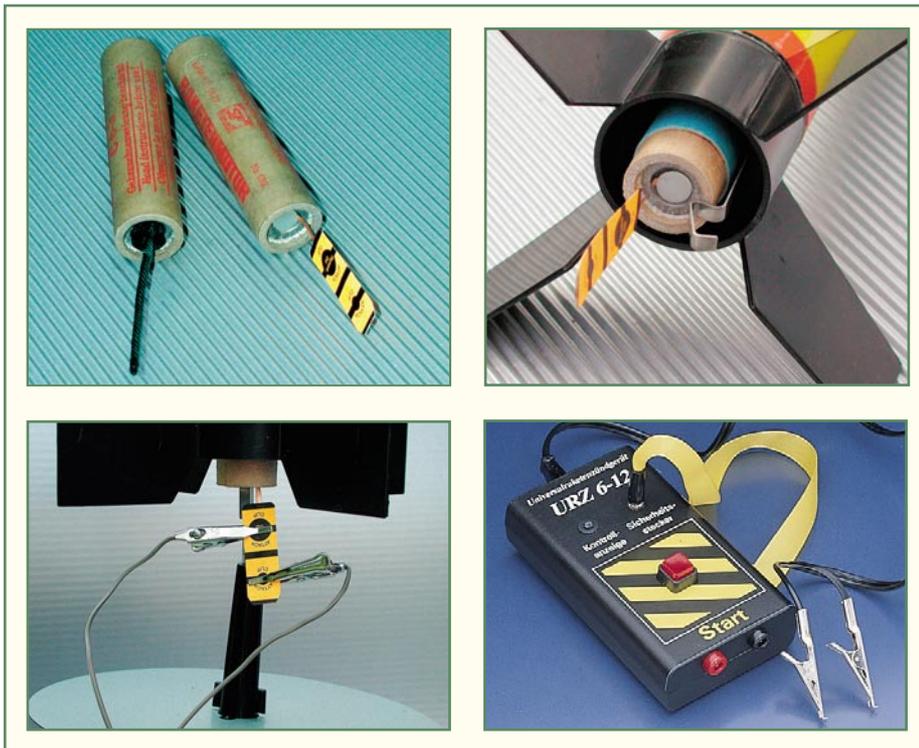
**Bild 5: Ablaufdiagramm für das Verhalten eines Raketenmotors**

gibt es ein Datenblatt, z. B. unter [4] abrufbar, das u. a. auch ein für Raketenmotoren typisches Diagramm enthält. Hier sind alle Vorgänge während der Arbeit des Motors in Abhängigkeit zwischen Schubkraft- und Zeitverlauf aufgeführt. In Abbildung 5 ist ein solches Diagramm zu sehen.

Besonders wichtig sind all diese Daten, wenn man Nutzlasten einsetzen oder eigene Modelle entwerfen will. Insbesondere die später besprochenen Computer-Entwurfsprogramme beruhen auf diesen Daten. Für den Anfang halte man sich, wie bereits gesagt, eng an die Vorgaben der Raketenhersteller (Typischer Satz in den Aufbauanleitungen: „engine recommended for your specific kit“).

Das Zünden des Raketenmotors erfolgt entweder aus sicherer Entfernung über einen Elektrozünder oder über eine, dem Motor mitgelieferte Zündschnur, die jedoch, wie gesagt, aus sicherheitstechnischer Hinsicht nur ein Notbehelf ist, denn deren Brennzeit ist nur wenig kalkulierbar und wird selbst von den Herstellern z. B. nur grob zwischen 3 und 6 s angegeben.

Der Zünder wird bis zum Anschlag in den Pulverkanal eingeschoben und mit einem Stopfen fixiert. Zum Elektrozünder, der nach dem Glühdrahtprinzip arbeitet, gehört ein batteriebetriebenes Sicherheits-Zündgerät. Es wird über ein ausreichend langes Kabel an die Anschlüsse des Elektrozünders angeschlossen. Das Zündgerät enthält stets zwei funktionell voneinander abhängige Zündschalter: die Start-Taste und einen



**Bild 6: Vorbereitung des Treibsatzes: Raketenmotor mit Zünder bestücken, Motor in die Motorhalterung legen, Zündgerätekontakte anschließen. Rechts ein handelsübliches Zündgerät.**

Sicherheitsschlüssel. Dies verhindert ein unbeabsichtigtes Zünden des Motors. Erst, wenn man beide Schalter schließt, erfolgt der Start. Bei der Zündung des Treibsatzes wird der jeweils nur einmalig verwendbare Zünder (der Glühdraht schmilzt beim Startvorgang) mit dem Stopfen ausgestoßen. In Abbildung 6 sind die Vorbereitungsarbeiten zum Einsetzen des Raketenmotors sowie ein Zündgerät zu sehen.



**Bild 7: Startrampe mit Zubehör. Gut zu sehen: Sicherheitsschlüssel für das Zündgerät.**

### Sicher zurück

Selbst der spektakulärste Modellraketenanstieg ist nach wenigen Sekunden vorbei - die Rakete muss sicher zum Boden zurückkehren. Dafür ist das so genannte Bergungssystem zuständig.

Meist ist dies ein Fallschirm, wie bereits beschrieben, bei leichteren Modellen reicht für das Abbremsen des Fallens ein so genannter Streamer, zu deutsch Strömer oder Flutterband. Dies ist ein langes Band aus Papier oder Kunststoffolie, das wie der Fallschirm ausgestoßen wird, sich entfaltet und durch seine Flutterbewegung das Modell bremst.

Bei ganz leichten Modellen wird sogar darauf verzichtet, sie trudeln durch den eigenen Luftwiderstand langsam zu Boden wie ein Blatt Papier.

Manche Modellraketen tragen auch eine Nutzlast, die aus kleinen Gleitern besteht, die sich am Scheitelpunkt der Flugbahn lösen und in eleganten Kurven zu Boden gleiten, während die Rakete am Fallschirm herunterkommt.

### Vor dem Start

Was benötigt man für den erfolgreichen Modellraketen-Start? Natürlich die Rakete selbst inklusive Bergungssystem, Elektrozünder, Zündgerät mit Batterie, den Raketenmotor und Isolierwatte. Für den sicheren Start wird weiterhin eine Start-

rampe (Abbildung 7) benötigt. Sie steht sicher auf einem Dreibein, ein Prallblech leitet die heißen Gase des Raketenmotors ab und ein Leitstab sorgt für die sichere Richtungsgebung der Rakete in der ersten Schubphase. Für den Transport ist der meist ca. 90-100 cm lange Leitstab zerlegbar. Eine Sicherheitskappe schützt vor Verletzungen durch das freie Ende des Leitstabs und eine daran befestigte Signalfahne soll signalisieren, dass die Rakete noch nicht startbereit ist. Sie wird erst abgenommen, wenn die Rakete komplett zum Start vorbereitet ist. Die fehlende Fahne dient als Indikator für einen unmittelbar bevorstehenden Start und zeigt somit allen Beteiligten an, dass ein entsprechender Sicherheitsabstand einzuhalten ist. Oft hängt auch der Sicherheitsschlüssel für das Zündgerät an der Schutzkappe, sodass faktisch kein Start möglich ist, solange die Kappe mit Fahne aufgesetzt ist.

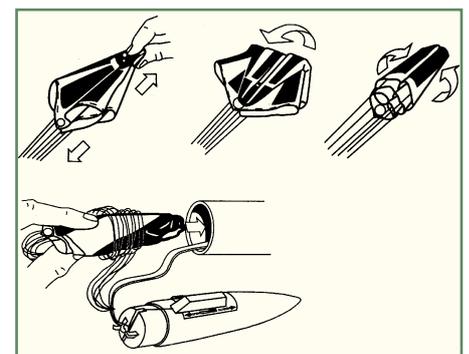
Viele Modellraketen-Sätze enthalten bereits eine solche Startrampe, sodass man sie oft nicht separat anschaffen muss.

Hier sollte man übrigens niemals sparen - von der Stabilität und dem sicheren Stand der Startrampe hängt wesentlich die Sicherheit beim Raketenstart ab. Ein Provisorium kann hier schwere Unfälle hervorrufen!

Damit hat man jetzt alles für den ersten Raketenstart zusammen!

Der beginnt immer mit der Kontrolle des Fallschirms auf Beschädigungen, gefolgt vom fachgerechten Zusammenlegen des Fallschirms oder des Streamers. Jeder Raketenhersteller hat hier eigene Schemen, in Abbildung 8 ist ein Beispiel für ESTES-Raketen gezeigt. Sorgfältige Arbeit ist hier „überlebenswichtig“. Die meisten Modelle und auch viele Fallschirm-Nachrüstpacks basieren auf Kunststofffolien, die gern „zusammenkleben“ und sich nicht oder nicht komplett entfalten wollen. Hier hilft Einpudern des Fallschirms und der Leinen mit Talkum.

Bevor der Fallschirm nach Anleitung des Raketenherstellers in die Rakete verpackt wird, sind einige Lagen Isolierwatte



**Bild 8: Wichtig für die sichere Landung: Verpacken des Fallschirms. Grafikidee: ESTES**

in das Körperrohr einzulegen (siehe Abbildung 2). Dies verhindert eine Beschädigung des Fallschirms durch die heiße Ausstoßladung, was besonders für die recht empfindlichen, aber preiswerten Kunststoff-Fallschirme die sichere Funktionsunfähigkeit bedeutet. Das Gefühl, wie viel und wie fest die Watte einzulegen ist, bekommt man, indem man einige zerknüllte Lagen der Isolierwatte einlegt (dabei muss das Rohrringsum dicht abgeschlossen sein) und dann von der Triebwerksseite her in das Rohr bläst. Lässt sich die Watte ohne große Anstrengung herausblasen, waren Menge und Stopfdichte richtig.

Jetzt werden der Fallschirm eingelegt und die Raketenspitze montiert.

Als Nächstes versieht man den Raketomotor mit dem entsprechenden Zünder (siehe Abbildung 6) und baut ihn in die Motorhalterung der Rakete ein. Dazu ist er einfach von unten in die Motorhalterung zu schieben, bis das Federblech einrastet und den Motor vor Herausfallen schützt.

Nach dieser Präparation setzt man die Rakete über das Leitrohr auf den Leitstab der Startrampe. Dabei muss die Rakete frei am Leitstab hängen und darf nicht auf dem Prallblech der Startrampe aufsitzen. Dies erreicht man durch Umwickeln des Leitstabs mit einigen Lagen Isolierband in einer geeigneten Höhe, sodass das Leitrohr darauf aufsitzt und die Rakete frei hängt.

Jetzt die Schutzkappe mit der Sicherheitsfahne auf den Leitstab aufsetzen - die Rakete ist startfertig!

Zum Start ist das Zündgerät an die Kontakte des Zünders anzuschließen, die Schutzkappe abzunehmen, der Sicherheitsschlüssel in das Zündgerät einzuführen und dann nach lautem Count-down-Zählen (Sicherheit!) der Zündknopf so lange zu drücken, bis die Rakete startet.

Nach der Bergung der gelandeten Rakete stets immer zuerst die Sicherheitskappe mit dem Sicherheitsschlüssel für das Zündgerät auf den Leitstab aufsetzen, um ein versehentliches, vorzeitiges Zünden des nächsten Motors zu verhindern!

In Abbildung 9 kann man anhand einer kleinen Fotogalerie, die anlässlich eines Starttages im Juni 2001 entstand, Ablauf und Faszination eines Raketenstarts nachvollziehen.

### Mehr als nur hoch und wieder runter - Nutzlasten

Nach den ersten Starts wird man schnell mehr wollen - Raketen mit Nutzlasten erhöhen den Spaß! Auch dafür ist gesorgt, es gibt zahlreiche Modelle mit kleinen Gleitern, die sich am Umkehrpunkt lösen und allein zu Boden segeln, oder solche, die eine Nutzlastkammer besitzen. Hier kann man z. B. kleine Blinkleuchten installieren, um bei einem Start in der Dämmerung Beleuchtungseffekte verfolgen zu können. Oder aber es werden kleine Telemetriesysteme nach oben befördert, die z. B. die maximale Flughöhe oder Fluggeschwindigkeiten messen. Solche Telemetriesysteme



**Bild 10: Minitelemetriegeräte erlauben das Verfolgen der Flugdaten per Funk am Boden.**

gibt es bereits in sehr kompakter Form für den Flugzeugmodellbau (Abbildung 10).

Ein Clou unter den Nutzlasten ist auch eine in der Spitze installierte, einfache Fotokamera (Abbildung 11). Bei Auslösen des Fallschirms wird gleichzeitig das Objektiv der Kamera für kurze Zeit geöffnet und ein Bild des eingelegten Films belicht-



**Bild 9: Gut vorbereiten - starten - fliegen! So genannte Starttage führen Raketenmodellflieger zusammen: Spaß am Fliegen, Erfahrungsaustausch und Weiterentwickeln der Technik sind die wichtigsten Inhalte. Fotos: Oliver Missbach**



**Bild 11: Fotografierende Nutzlast: Rakete „Astrocam“ mit Fotokamera in der Spitze**

tet. So kommt man zu eigenen Luftbildern, aufgrund des einfachen Arbeitsprinzips zwar seitenverkehrt und in recht einfacher Qualität - aber wer hat so etwas sonst schon? Das Ganze hat etwas von den berühmten Lomo-Fotografien! Als Film dient eine handelsübliche, so genannte 110-Kassette mit 12 bis 24 Bildern 13 x 17 mm. Das Set kommt (ohne Film, aber mit Startrampe und Zündgerät) recht preiswert ins Haus.

### Raketenbau total - mit SpaceCAD & Co.

Irgendwann will man mehr wissen, eigene Raketen entwerfen und bauen, Flugbahnen und Flughöhen im Zusammenspiel zwischen Rakete und Motor vorausberechnen...

Man muss dazu nicht Wernher von Braun

heißen - schließlich handelt es sich um ein, wenn auch ernsthaftes, Hobby!

Denn hierfür gibt es zum einen gut aufbereitete, praxisgerechte und speziell für Modellraketenflieger geschriebene Fachliteratur wie z. B. „Fliegende Modellraketen - selbst gebaut“ (Abbildung 12). Das 126-seitige Werk führt Schritt für Schritt in die Welt der Modellraketenfliegerei ein, leitet den Leser mit ausführlichen Exkursen durch die gesamte Modellraketen-technik und geht ausführlich auch auf weiterführende Themen wie Highpower-Flug, Mehrstufenraketen, die Gesetze dazu und den Modellraketen-sport ein. Der Autor baut und fliegt seit über 20 Jahren Modellraketen und zeigt entsprechend detaillierte Eigenbauanregungen bis hin zum Thema „Unterwasserraketen“ auf.

Zum anderen gibt es unendlich viele Internet-Seiten zur gesamten Thematik, Vereinsseiten zeigen den Weg zu Wettbewerben, Foren dienen dem Gedankenaustausch... Einige interessante Adressen findet man am Ende des Artikels [1] - [11].

Und auch wer selbst am PC konstruieren will, wird fündig. Es gibt mehrere deutsch- und englischsprachige Programme für die Konstruktion von Modellraketen, Flugbahnberechnungen usw. Einige werden kommerziell vertrieben, andere stehen als Share- oder Freeware-Download zur Verfügung. Das wohl bekannteste Programm ist „SpaceCAD“ von Andreas Firnau (Abbildung 13), das aus den drei Teilprogrammen SpaceCAD, SpaceCADfly und SpaceCADview besteht. SpaceCAD ermöglicht die fachgerechte Konstruktion von Modellraketen einschließlich der abschließenden Aussage, ob das eigene Konstrukt wohl auch stabil fliegen würde. SpaceCADfly berechnet anhand diverser Raketen- und Treibsatzparameter die voraussichtliche Flugbahn der Rakete (natürlich vorbehaltlich der aktuellen Witterungseinflüsse). SpaceCADview schließlich ist ein Treibsatzeditor mit einer umfangreichen Daten-



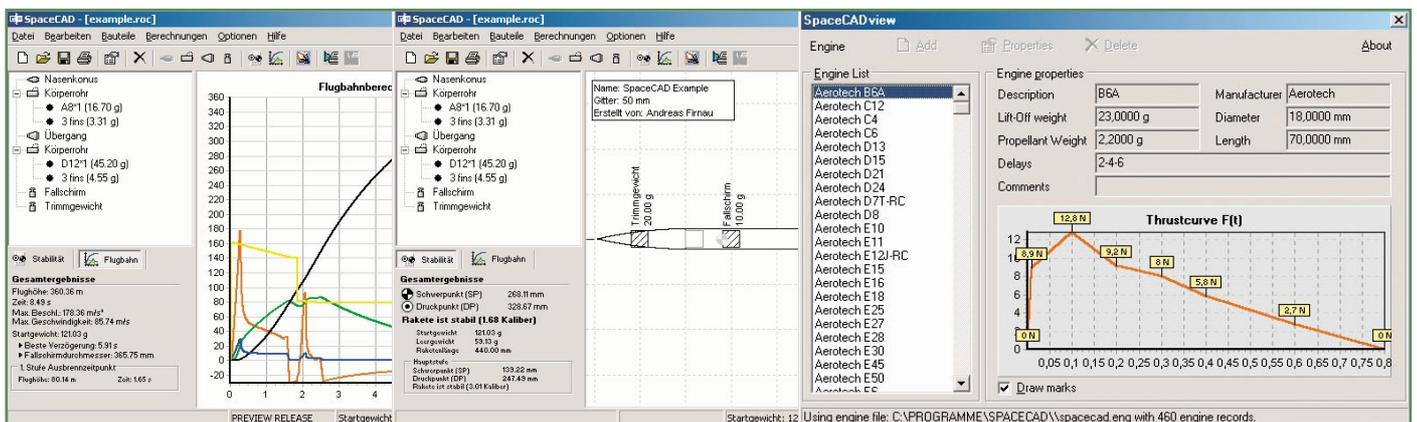
**Bild 12: Pflichtliteratur für den, der mehr wissen will - „Fliegende Modellraketen selbst gebaut“ von Oliver Missbach.**

satzkurven und der Möglichkeit, neue Treibsätze hinzuzufügen.

Mit derlei Equipment und fachlichem Umfeld ausgestattet, kann man bereits mehr als die ersten Schritte zu einem neuen, interessanten und kreativen Hobby wagen - viel Spaß beim Lift-Off! **ELV**

### Quellen und weitere Infos finden Sie auf folgenden Internet-Seiten:

- [1] [www.modellraketen.de](http://www.modellraketen.de)
- [2] [www.nar.org](http://www.nar.org)
- [3] [www.radelow.de](http://www.radelow.de)
- [4] [www.estesrockets.com](http://www.estesrockets.com)
- [5] [www.europerocketry.com](http://www.europerocketry.com)
- [6] [www.modellraketen-technik.de](http://www.modellraketen-technik.de)
- [7] [www.countdown-magazin.de](http://www.countdown-magazin.de)
- [8] [www.modellraketenforum.de](http://www.modellraketenforum.de)
- [9] [www.tommyrocketry.de](http://www.tommyrocketry.de)
- [10] [www.ramog.de](http://www.ramog.de)
- [11] [www.tobdesign.de](http://www.tobdesign.de)



**Bild 13: SpaceCAD erlaubt Flugbahnberechnungen, Raketenkonstruktion und beherbergt eine riesige Raketenmotoren-Datenbank.**