

Thomas Riegler



# Modellbau-Raketen bauen und richtig fliegen

Der Countdown läuft: Starten Sie Ihre eigene Rakete!



**INFO-  
PROGRAMM**  
gemäß  
**§14 JuSchG**



**FRANZIS**

# **Modellbau-Raketen** bauen und richtig fliegen

Thomas Riegler

# Modellbau-Raketen bauen und richtig fliegen

Der Countdown läuft: Starten Sie Ihre eigene Rakete!

**FRANZIS**

## Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2012 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Der Verlag kann eine Haftung für unsachgemäßen Umgang mit den Modellraketen nicht übernehmen. Jede Haftung für Personen- oder Sachschäden ist ausgeschlossen.

**Satz & Layout:** DTP-Satz A. Kugge, München  
**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)  
**DVD-Produktion:** Stephan zu Hohenlohe  
**Druck:** GGP Media GmbH, Pößneck  
Printed in Germany

ISBN 978-3-645-65123-3

# Vorwort

Fliegen zu können ist ein alter Menschheits-traum. Das dürfte wohl auch der Grund sein, weshalb gerade das Fliegen im Modellbau so große Bedeutung hat. Das Fliegen mit ferngesteuerten Flugzeugen oder Hubschraubern ist allseits bekannt, der Modellbauraketenflug hingegen weniger. Vielleicht auch, weil er unter gänzlich anderen Voraussetzungen betrieben wird als das Steuern von Autos, Flugzeugen und Co. Während es im klassischen Modellbau primär auf Präzision und Perfektion ankommt, sind bei Modellraketen Speed und das Erreichen großer Höhen die Ziele.

Miniraketen werden auch nicht per Funk gesteuert. Eine Ausnahme bilden hier lediglich einige Flugzeuge mit Raketenantrieb. Bei den Raketen konzentriert sich demnach alles darauf, sie startfertig aufzubauen und anschließend in die Luft zu bringen. Die Herausforderung ist dabei, die Raketen so weit zu perfektionieren, dass sie eine perfekte Flugbahn erreichen – genau so, wie man es von den großen Raketen kennt.

Obwohl sich das Fliegen von Raketen darauf beschränkt, sie zu starten, und man nicht in den Flug selbst eingreifen kann, handelt es sich um ein abwechslungsreiches Betätigungsfeld mit viel Spielraum zum Experimentieren. Ein hoher Spaßfaktor ist garantiert. Dazu trägt unter anderem bei, dass Modellraketen nicht nur mit Treibsätzen, sondern auch mit Luft und Wasser geflogen werden können.

Modellraketen kann man auch leicht selbst herstellen. Das gibt Ihnen die Gelegenheit, sich selbst als Konstrukteur zu versuchen und auch auszuprobieren, besondere Raketenformen zum Fliegen zu bringen.

Raketenfliegen hat nichts mit RC-Modellbau gemeinsam, wo Modelle mit Fernsteuerungen gefahren oder geflogen werden. Was beide Betätigungsfelder aber verbindet, ist das Basteln und Verbessern der eigenen Modelle.

Dieses Buch ist mit tatkräftiger Unterstützung der Mitglieder des Modellfliegerclubs Lienz im österreichischen Osttirol entstanden, vor allem durch Thomas Schosser und Martin Wibmer. Besuchen Sie die Homepage des Modellfliegerclubs Lienz unter <http://www.modellfliegerclub-lienz.at>.



Bild 0.1 – Logo des Modellfliegerclubs Lienz im österreichischen Osttirol



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Modellbauraketen .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Motorgetriebene Raketen .....</b>	<b>13</b>
2.1	Geschwindigkeit und Höhe .....	13
2.2	Aufbau einer Motorrakete .....	13
2.3	Nasenkonus .....	14
2.4	Schockband .....	14
2.5	Körper .....	15
2.6	Bergungssystem .....	16
2.7	Fallschirme .....	16
2.8	Schutzpfropfen .....	17
2.9	Motoraufnahme .....	17
2.10	Motor .....	18
2.11	Leitröhrchen .....	18
2.12	Flossen .....	19
<b>3</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen für Modellraketen .....</b>	<b>21</b>
3.1	Rakete .....	21
3.2	Flugfeld .....	21
3.3	Start .....	23
<b>4</b>	<b>Modellraketenvereine .....</b>	<b>25</b>
4.1	Rechtliche Bestimmungen .....	25
4.2	Treibsätze .....	25
4.3	Zulässige Flughöhe .....	25
4.4	Sprengstoffgesetz .....	26
4.5	Vereine geben Sicherheit .....	26
<b>5</b>	<b>Raketenantrieb .....</b>	<b>27</b>
5.1	Motoraufbau .....	27
5.2	Motordaten .....	28
5.3	Motorbezeichnung .....	28
5.4	Schub-Zeit-Diagramm .....	31
5.5	Raketenmotor richtig auswählen .....	31
5.6	Lagerung von Treibsätzen .....	32
5.7	Defekte Motoren .....	32

<b>6</b>	<b>Zünder .....</b>	<b>33</b>
6.1	Zündschnüre .....	33
6.2	Elektroanzünder .....	33
<b>7</b>	<b>Startgerät .....</b>	<b>39</b>
7.1	Kabel richtig verlegen .....	40
<b>8</b>	<b>Fallschirme .....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Starter-Sets für motorgetriebene Raketen .....</b>	<b>51</b>
9.1	Startrampe zusammenstellen .....	51
9.2	Die Rakete .....	55
9.3	Das Startgerät .....	56
9.4	Weiteres benötigtes Zubehör .....	57
<b>10</b>	<b>Raketenbausätze .....</b>	<b>59</b>
10.1	Rakete zusammenstellen .....	60
10.2	Fallschirm einbauen .....	63
<b>11</b>	<b>Rakete fliegen .....</b>	<b>67</b>
11.1	Fehlerquelle Startrampe .....	67
11.2	Vorbereitungsarbeiten .....	68
11.3	Drei, zwei, eins ... Start! .....	70
11.4	Überraschungen beim Flug .....	70
11.5	Der Flug .....	71
11.6	Fluggeschwindigkeit .....	72
11.7	Landephase .....	74
11.8	Probleme mit dem Fallschirm .....	75
11.9	Nach dem Flug .....	78
11.10	Arbeiten mit Zündschnüren .....	79
<b>12</b>	<b>Luftraketen .....</b>	<b>81</b>
12.1	Komplett-Sets .....	81
12.2	Die Rakete .....	83
12.3	Funktionsprinzip .....	84
12.4	Membran .....	85
12.5	Start und Landung .....	86
12.6	Sicherheitshinweise .....	86
12.7	Wenn eine Luftrakete nicht startet .....	88
12.8	Startvorbereitungen .....	89



12.9	Der Start .....	90
12.10	Luftpumpe .....	92
12.11	Der Flug .....	92
12.12	Membranplättchen .....	95
12.13	Lebensdauer von Luftraketen .....	95
<b>13</b>	<b>Wasserraketen .....</b>	<b>97</b>
13.1	Wasserraketen-Starter-Set .....	97
13.2	Die Rakete .....	98
13.3	Startrampe .....	100
13.4	Flugvorbereitungen .....	103
13.5	Sicherheitshinweise .....	104
13.6	Flughöhe .....	105
13.7	Keine Rettungseinrichtung .....	105
13.8	Experimentieren gefragt .....	106
13.9	Flugpraxis .....	106
13.10	Flugrichtung bestimmen .....	108
13.11	Wie viel Wasser wird benötigt? .....	108
13.12	Der Flug .....	109
13.13	Wasserraketenflug im Winter .....	113
13.14	Flugeigenschaften verbessern .....	113
<b>14</b>	<b>Fliegen mit Flaschen .....</b>	<b>115</b>
<b>15</b>	<b>Kameraflug .....</b>	<b>117</b>
15.1	Minikameras .....	117
15.2	Wasserrakete mit Kamera .....	117
15.3	Kalkulierbares Risiko? .....	117
15.4	Der erste Flug .....	118
15.5	Flugeigenschaften verbessern .....	119
15.6	Spektakuläre Aufnahmen .....	119
<b>16</b>	<b>Kameraflug mit motorgetriebenen Raketen .....</b>	<b>121</b>
16.1	Kamera in der Spitze .....	122
16.2	Kamera durch die Spitze .....	122
16.3	Kamera an der Seite .....	123
16.4	Kamera montieren .....	123
16.5	Kameraflug .....	125

# 12 Luftraketen

Auch mit Luft kann man Modellraketen fliegen lassen. Hier wird mit hohem Druck gearbeitet, der den Flugkörper in die Höhe treibt. Das Prinzip ist bekannt. Denken Sie an einen verpackten Trinkhalm. Reißen Sie die Verpackung an einer Seite ab, sodass ein Stück des Halms freiliegt. Blasen Sie nun stark in den Halm. Die Verpackung fliegt nach vorn weg. Wie weit sie fliegt, hängt davon ab, wie fest Sie ins Röhrchen geblasen haben. Nach dem gleichen Prinzip funktionieren auch Luftraketen.

## 12.1 Komplett-Sets

Der Einstieg in den Luftraketenflug wird mit Komplett-Sets erleichtert. Sie enthalten so gut wie alles, was man braucht, um selbst Raketen zu starten. Zum Inhalt gehört zunächst eine Startrampe. Bei unserem Modell »Air Burst« besteht sie aus drei je rund 1,2 cm dicken Schaumstoffteilen, die mit drei Kunststoff-Standfüßen zusammenzustecken sind. Werkzeug ist dafür nicht erforderlich. Die unerwartet stabile Konstruktion ist etwa 32 cm



Bild 12.1 – Komponenten eines Luftraketen-Starter-Sets

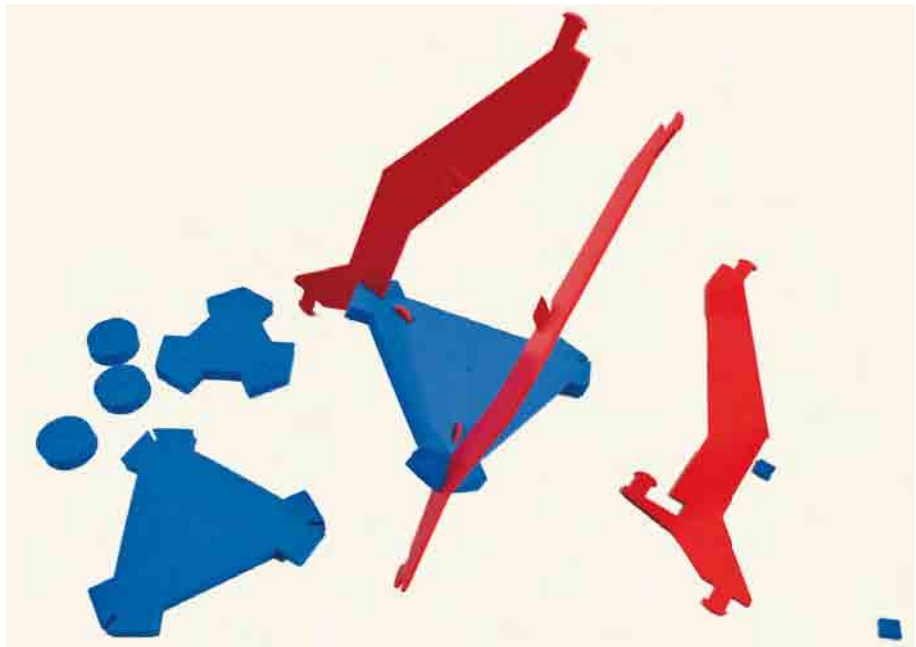


Bild 12.2 – Die Startrampe ist erst zusammenzubauen.

hoch. In der Mitte der drei Schaumstoffteile ist jeweils eine runde Öffnung gestanzt. Durch sie ist der beiliegende Druckzylinder zu fädeln. Sein Durchmesser beträgt rund 3 cm, seine Höhe etwa 32 cm. An seiner Unterseite ist ein rund 1,6 m langer Schlauch befestigt. An seinem Ende ist ein Gewintheadapter angebracht, mit dem er an eine Fahrradpumpe angeschlossen werden kann.

Am oberen Ende des Druckzylinders befindet sich eine Kupplung mit Dichtungsring und Innengewinde. Hier sind eine oder mehrere Druckmembranen einzulegen, bevor die Startröhre aufgesetzt wird. Sie ist ein etwa 23 cm langes Rohr von etwa 18 mm Außendurchmesser.



Bild 12.3 – Die Startrampe besteht aus drei Schaumstoffplatten und drei Abstandhaltern. Die Konstruktion ist unerwartet stabil.



**Bild 12.4** – Der Druckzylinder besteht aus einem rund 32 cm langen und 3 cm dicken Rohr.



**Bild 12.7** – Der Druckzylinder ist in die Startrampe einzubauen.



**Bild 12.5** – Am oberen Ende sind eine oder mehrere Membranen einzulegen.



**Bild 12.8** – Das Startrohr ist auf den Druckzylinder aufzuschrauben.



**Bild 12.6** – Am Druckzylinder ist ein rund 1,6 m langer Schlauch angebracht, der an einer Fahrradpumpe anzuschrauben ist.

## 12.2 Die Rakete

Der Aufbau unserer im Set enthaltenen Luftraketen ist denkbar einfach und zeigt, dass sie auch leicht selbst hergestellt werden können. Als Basis dient ein rund 22 cm langes Kunststoffrohr mit einem Außendurchmesser von 20 mm. Es erinnert an ein Elektroinstallationsrohr. An einer Seite ist eine abgerundete Spitze aus Schaumstoff aufgeklebt. An der Unterseite des Rohres ist ein 6,5 cm breiter Kunststoffstreifen aufgeklebt, aus dem drei Flossen ausgeschnitten wurden, die im rechten Winkel nach außen zeigen. Sie sorgen für die nötige Flugstabilität.

Um die Rakete in der Luft besser erkennen zu können, wurde sie zudem mit einer bunten Folie umwickelt. Alternativ könnte man eine Eigenbau-Luftrakete mit einem Farbspray behandeln. Die Gesamtlänge der in unserem Set enthaltenen Luftrakete beträgt 25,5 cm. Mit ihren 21 g bewegt sie sich in der gleichen Gewichtsklasse wie etwa gleich große, mit Motor angetriebene Raketen.



**Bild 12.9** – Luftraketen werden mit Druckluft in die Höhe katapultiert.



**Bild 12.10** – Die Spitze bildet eine runde Schaumstoffkappe, die auf das Rohr aufgeklebt ist.



**Bild 12.11** – An der Rückseite sind drei Flossen zur Flugstabilisierung angebracht.



**Bild 12.12** – Innenleben einer Luftrakete

### 12.3 Funktionsprinzip

**A**ir-Burst-Luftraketen werden mit sogenannten *Boostern* gestartet. Das sind dünne Kunststoffmembranen, die auf den Dichtungsring am oberen Ende des Druckzylinders zu legen sind. Erst danach ist das Startrohr anzuschrauben. Nachdem die Rakete auf das Startrohr aufgeschoben wurde, ist sie startbereit. Nun ist mit der Fahrradpumpe der Druckzylinder aufzupumpen. Damit wird gleichzeitig der Startvorgang eingeleitet. Wann der Start der Rakete erfolgt, wird einzig vom Luftdruck im Zylinder bestimmt. Übersteigt er die Haltekraft der Membran, platzt diese und lässt die zusammengedrückte Luft durch das Startrohr zur Raketenspitze strömen. Da dies mit entsprechender Kraft geschieht, wird die Rakete mit hoher Geschwindigkeit in die Höhe geschossen.



Bild 12.13 – Ins obere Ende des Druckzylinders ist eine Membran zu legen.



Bild 12.14 – Erst jetzt ist die Startröhre aufzuschrauben.

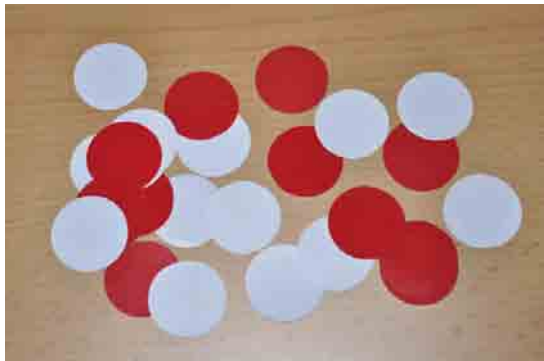


Bild 12.15 – Zuletzt ist noch die Rakete auf das Startrohr zu stecken.

## 12.4 Membran

Die eingesetzte Membran bestimmt den Druck, der im Zylinder aufgebaut wird, bevor sie bricht. Damit beeinflusst sie auch, wie hoch die Lufrakete fliegt, denn mit dem erreichten Druck steigt auch die Flughöhe. Membran- oder auch Boosterplättchen werden in zwei Stärken angeboten. Sie sind farblich gekennzeichnet. Weiße Plättchen sind besonders dünn und widerstehen nur gering-

gem Druck. Rote sind etwa doppelt so dick und halten entsprechend auch dem doppelten Luftdruck stand.



**Bild 12.16** – Membranen gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen. Die weißen sind dünn und kommen für geringe Flughöhen zum Einsatz. Die etwa doppelt so dicken roten werden für größere Flughöhen benötigt.

Der Druckzylinder kann mit bis zu zwei Plättchen abgedichtet werden. Damit lässt sich der Startluftdruck erhöhen. Wird nur ein Plättchen eingelegt, wird im Druckzylinder ein maximaler Luftdruck von 2,7 bar erreicht. Hierzu sind 2–3 Hübe mit der Fahrradpumpe erforderlich. Damit wird eine Flughöhe von bis zu 75 m erreicht. Die größte Power wird durch das Einlegen von zwei roten Plättchen erreicht. Mit 8–9 Hüben wird im Zylinder ein Druck von 10,3 bar aufgebaut. Er sorgt für eine Flughöhe von beachtlichen 300 m. Mehr als zwei rote Booster dürfen übrigens nicht

eingelegt werden, da die Startvorrichtung für einen Höchstdruck von 11 bar ausgelegt ist. Durch Einlegen verschiedener Kombinationen weißer und roter Membranen kann die Flughöhe bestimmt werden. Die Tabelle gibt eine Übersicht.

## 12.5 Start und Landung

Die Startrampe ist auf waagrechttem Untergrund aufzustellen, sodass der Raketenstart senkrecht erfolgt. Der besondere Nervenkitzel beim Start einer Lufrakete besteht darin, dass man nicht genau weiß, wann sie tatsächlich startet. Um sicherzugehen, sollte der Starter den maximal möglichen Abstand zur Rampe einnehmen. Durch die Länge des Luftschlauchs kann er sich rund 1,5 m von der Startrampe entfernt aufhalten.

Unmittelbar nach dem Start ist der Startplatz zu räumen, denn die Rakete landet ungefähr wieder dort, wo sie gestartet ist. Sie braucht keinen Landefallschirm, weil sie mit der weichen Schaumstoffkappe am Boden auftrifft.

## 12.6 Sicherheitshinweise

Lufraketen sind kein Spielzeug und deshalb für Kinder ungeeignet! Da hier mit beson-

Höhentabelle			
Membran	Flughöhe	Startluftdruck	Pumpenhübe
1 x weiß	75 m	2,7 bar	2–3
2 x weiß	150 m	5,5 bar	4–5
1 x rot	180 m	6,2 bar	6–7
1 x rot + 1 x weiß	260 m	8,6 bar	7–8
2 x rot	300 m	10,3 bar	8–9



**Bild 12.17** – Die Startrampe ist auf waagrechten Untergrund aufzustellen, sodass der Raketenstart senkrecht erfolgt.

ders hohem Luftdruck gearbeitet wird, kann falsche Benutzung zu schweren Verletzungen (z. B. dem Verlust eines Auges) oder in extremen Fällen gar zum Tode führen.

Luftraketen dürfen ausschließlich auf weiter offener Fläche, also fernab von besiedelten Gebieten abgeschossen werden. Außerdem ist auf Stromleitungen zu achten. Unter ihnen darf nicht gestartet werden.

In der näheren Umgebung der Startrampe dürfen sich keine Personen aufhalten. Zuschauer sollten einen Abstand von zumindest 8–10 m einhalten. Mitunter werden geringere Mindestabstände von nur 2 m genannt. Da aber nie genau vorhersehbar ist, wo die Rakete wieder herunterkommt, ist ein größerer Abstand

empfohlen. Auch die Windrichtung ist mit einzukalkulieren.

Die Rakete kommt ungefähr am Startort wieder herunter. Zuschauer sind darüber am besten noch vor dem Start zu informieren. Zum Schutz der Augen und des Gesichts empfiehlt es sich, eine Schutzbrille zu tragen. Auch die Sicherheitsbestimmungen des Raketenherstellers sind zu beachten.

In der Theorie hört sich das Fliegen von Luftraketen einfach an, und das ist es letztlich auch. Es kommt allerdings auf die Details an, die bereits während der Vorbereitungsarbeiten zu beachten sind. So ist dem guten Standort besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Wer meint, die Startrampe bleibe ruhig an ihrem





**Bild 12.18** – Für den Start von Luftraketen braucht es reichlich Platz in alle Richtungen.

Ort stehen, der täuscht sich. Es ist darauf zu achten, dass sich der Anschlussschlauch gut abrollen lässt. Ist er kalt, weil das Equipment vor dem Einsatz z. B. im Winter zu lange im Freien gestanden hat, lässt er sich nur schwer ausrollen. Dann kann es schwer werden, den anzurathenden Mindestabstand zur Startrampe einzuhalten.

## 12.7 Wenn eine Luftrakete nicht startet

Startet eine Luftrakete wider Erwarten nicht, heißt das, dass die gesamte Startrampe unter hohem Druck steht. Dieser kann nur abgebaut werden, indem der Luftschlauch von der Fahrradpumpe abgeschraubt wird. Dabei



**Bild 12.19** – Nachdem die Membran eingelegt ist, ...

ist er vom Körper weg zu halten. Niemals darf er auf Augen gerichtet werden.

Keinesfalls darf man sich einer unter Druck stehenden Rampe nähern. Genauso darf man sich auch nicht über die unter Druck stehende Anlage bücken. Schließlich weiß man nie, ob und wann die Rakete doch noch startet.

Fehlstarts lassen sich leicht vermeiden. Es genügt, wenn man beim Aufstecken der Rakete auf das Startrohr probiert, ob sie leicht nach oben gleitet oder ob sie irgendwo hakt und sich nur schwer bewegen lässt.

## 12.8 Startvorbereitungen

Die Luftrakete wird mit der im unteren Zylinder zusammengeschlossenen Luft

befördert. Sie wird zunächst nur von der dünnen Membran zurückgehalten, die am oberen Luftauslass einzulegen ist. Darüber ist das Startrohr aufzuschrauben. Es muss richtig fest angezogen sein. Andernfalls hat die Membran noch zu viel Spielraum und es kann Luft entweichen.

Damit kann sich im Zylinder nicht der erforderliche Druck aufbauen, was den Raketenstart vereitelt.

Besonders im Winterhalbjahr ist wichtig, dass die Membranplättchen warmgehalten werden. So behalten sie die Elastizität, die sie benötigen, um erst beim vorgesehenen Druck zu reißen.

Mit einem weißen Membranplättchen werden Flughöhen von rund 75 m erreicht. Sie sind vor allem für Fluganfänger zu empfehlen, weil sie nur leichte Drücke von rund 2,5 bis 3 bar erfordern. Für sie braucht es auch keine spe-



**Bild 12.20** – ... ist das obere Startrohr fest anzuschrauben. Andernfalls weicht Luft aus und der zum Start erforderliche Druck kann im Zylinder nicht aufgebaut werden.

ziellen Luftpumpen. Bereits einfache Modelle sind in der Lage, solche Drücke aufzubauen.

## 12.9 Der Start

**M**otorbetriebene und Wasserraketen arbeiten mit Auslösern, die den Start der Rakete berechenbar machen. Bei ihnen kann man genau festlegen, wann das Geschoss in den Himmel katapultiert werden soll. Luftraketen kennen keinen Auslösemechanismus. Bei ihnen ist der Start in gewissem Sinn dem Zufall überlassen. Die Rakete wird dann gestar-



**Bild 12.21** – Die Rakete ist so auf das Startrohr zu stecken, dass sie leichtgängig bewegt werden kann. Würde sie feststecken, wäre ein Fehlstart unausweichlich.



**Bild 12.22** – Der Start der Lufrakete wird einzig davon bestimmt, wann der erforderliche Luftdruck im unteren Startzylinder erreicht wird.

tet, wenn im Zylinder der kritische Luftdruck überschritten wird. Ob dieser nun bei 2,5 oder 3 bar liegt, wird auch von Fertigungstoleranzen mit bestimmt. Wann der Start ungefähr erfolgt, lässt sich nur anhand der Pumpenhübe abschätzen – bei einem weißen Plättchen sind es zwei bis drei. Das muss aber nicht heißen, dass Sie den zweiten Hub komplett ausführen müssen, bevor die Rakete startet. Dann wieder können auch mehr als drei Hübe erforderlich sein, z. B. wenn die Anlage nicht ganz luftdicht ist. Die Zuschauer sind bereits vor dem Aufpumpen darüber in Kenntnis zu setzen, dass mit der Startprozedur begonnen wird.



**Bild 12.23** – Mit Platzen des Membranplättchens wird die Druckluft freigesetzt. Er weicht nach oben aus und katapultiert die Rakete durch das Startrohr in die Höhe. Die Abbildung zeigt ein wieder ausgebautes Membranplättchen.

## 12.10 Luftpumpe

Für Luftraketen genügen einfache Luftpumpen. Ein Manometer ist bei ihnen nicht zwingend erforderlich, da sich der benötigte Luftdruck aus dem/den eingelegten Membranplättchen ergibt. Während ein weißes Plättchen rund 2,5 bis 3 bar verlangt, sind mit zwei roten bereits über 10 bar erforderlich, bis sie platzen. Ein Manometer ist nur dann von Nutzen, wenn man vorhat, mit roten Plättchen zu fliegen. Sie erreichen bis 300 m Flughöhe, die schon mehr als imposant sind. Bei Drücken über 10 bar kommt man dem zulässigen Höchstdruck der Anlage von 11 bar schon recht nah. Erfolgt der Start bei 10,5 bar noch immer nicht, sollte abgebrochen werden. Anschließend ist die Luft durch Abkoppeln der Luftpumpe aus dem Zylinder kontrolliert auszulassen. Erst nachdem die Startrampe wieder drucklos ist, kann man sich ihr gefahrlos nähern.

Aber das Manometer kann auch bei einem oder zwei eingelegten weißen Plättchen behilflich sein. Erfolgt der Start nicht bei rund 3 oder 6 bar, ist auch er kontrolliert abzubrechen.



**Bild 12.24** – Für Luftraketen sind Luftpumpen mit Manometer nicht zwingend erforderlich.

Die größten Herausforderungen werden an die Pumpen beim Fliegen mit roten Membranplättchen gestellt. Längst nicht jede Pumpe ist in der Lage, den geforderten Druck von bis zu über 10 bar aufzubauen. Mitunter machen selbst größere Fahrradpumpen bereits bei rund 6 bar schlapp. Mit gutem Durchschnitt werden etwa 8 bar erreicht, wobei die Manometer solcher Pumpen durchaus bis 15 bar gehen würden.

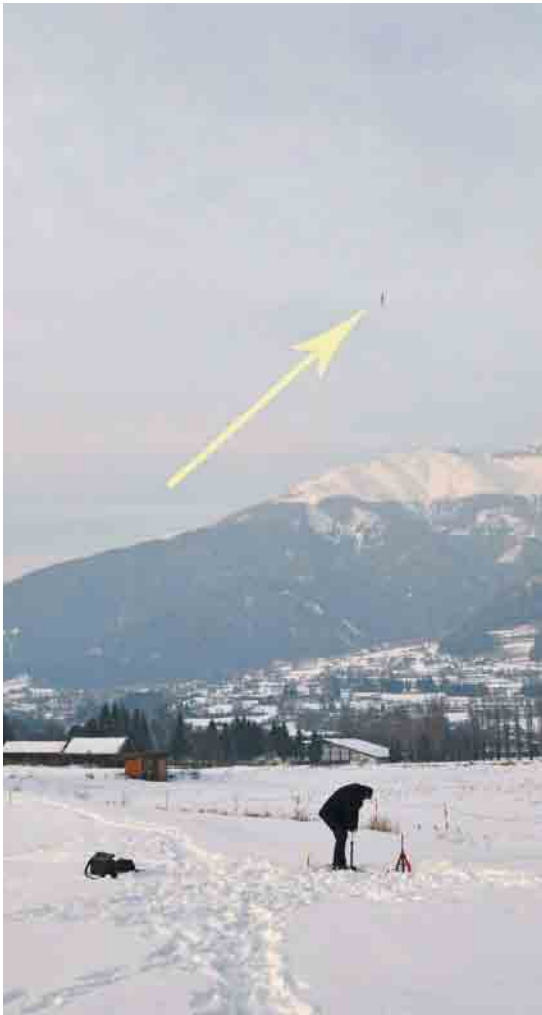
## 12.11 Der Flug

Luftraketen werden senkrecht nach oben gestartet. Da Luftraketen nicht gerade groß sind, hat man unmittelbar nach dem Start Mühe, sie am Himmel auszumachen. Ihren Flug gilt es dennoch genau zu beobachten.

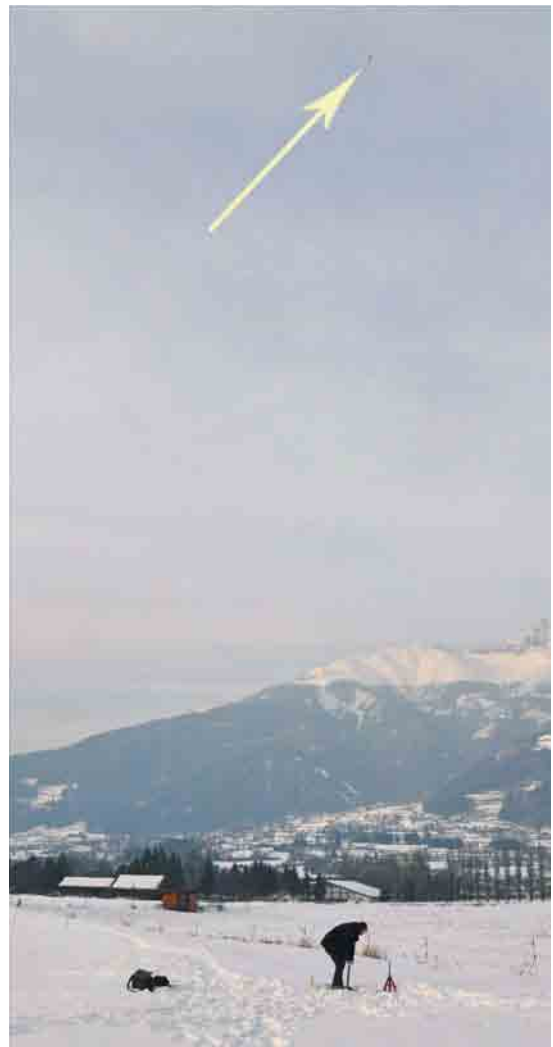


**Bild 12.25** – Beim Aufpumpen sind die Hübe mitzuzählen. Sie geben einen groben Überblick, wann die Rakete ungefähr starten wird.

Je nach den Windverhältnissen in größerer Höhe kann sie in alle Himmelsrichtungen geringfügig abgelenkt werden. Deshalb ist selbst bei scheinbarer Windstille mit einem Einschlag der Rakete im Radius von rund 5 m um die Startrampe zu rechnen. Der Radius, in dem mit der Landung gerechnet werden muss, steigt mit der erreichten Flughöhe.



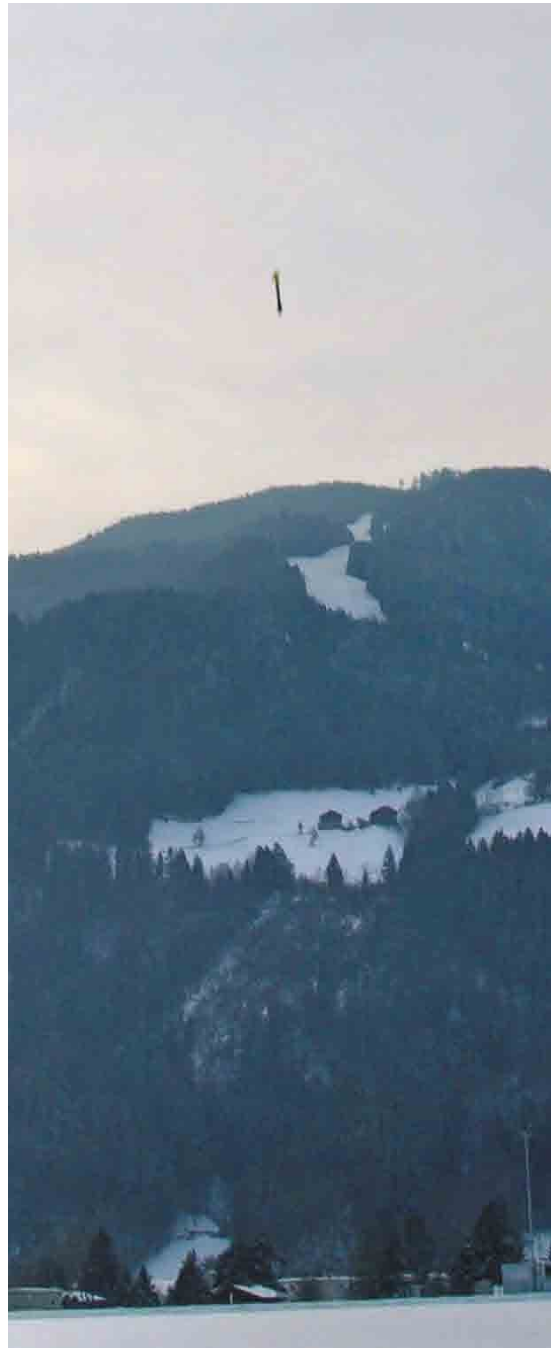
**Bild 12.26** – Unmittelbar nach dem Start ist die Rakete bereits weit oben.



**Bild 12.27** – In Sekundenbruchteilen ist sie wieder ein großes Stück höher geflogen. Sie ist als kleiner Punkt am oberen Rand des Bilds zu erkennen.



**Bild 12.28** – Erst jetzt beginnt der Pilot, seinen Kopf nach oben zu drehen, um nach der Rakete zu sehen. Auch daran erkennt man, wie schnell eine solche Rakete fliegt.



**Bild 12.29** – Die Rakete im Landeanflug

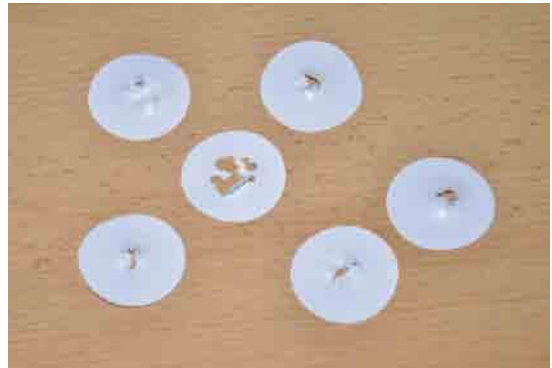
## 12.12 Membranplättchen

Wenn Membranplättchen weich und geschmeidig sind, platzen sie beim vorgesehenen Druck. Bei einem weißen Plättchen liegt der erforderliche Luftdruck bei 2,7 bar. Sind die Plättchen jedoch längere Zeit extrem tiefen Temperaturen ausgesetzt, werden sie steif und bersten später. Dann ist auch höherer Druck erforderlich, um die Luftrakete zum Starten zu bringen, was wiederum für etwas größere Flughöhen sorgt.

Welche und wie viele Plättchen eingelegt werden können, hängt auch von der Leistungsfähigkeit der Luftpumpe ab. Nicht alle Modelle schaffen es, den für zwei rote Plättchen erforderlichen Druck von rund 10,3 bar aufzubauen. Außerdem erfordern rote Plättchen ein absolut dichtes System. Tritt irgendwo Luft aus, mag das für den Einsatz von einem oder zwei weißen Plättchen kein Problem sein. Der für rote Membranen erforderliche Druck kann dann aber mitunter nicht mehr aufgebaut werden.



**Bild 12.30** – Zuerst ist das Membranplättchen, anschließend die Dichtung einzulegen. Zuletzt ist das Startrohr fest aufzuschrauben.



**Bild 12.31** – So sehen Membranplättchen nach dem Start aus.

## 12.13 Lebensdauer von Luftraketen

Eine Luftrakete besteht im Wesentlichen nur aus einem an der Oberseite verschlossenen Kunststoffrohr. Ihre einzigen Besonderheiten liegen in der weichen Schaumstoffspitze und den am unteren Rand angeklebten Flossen. Obwohl es so aussieht, als ob hier nichts Schaden nehmen könnte, sind die Teile doch extremen Belastungen ausgesetzt. Schließlich wird die Rakete explosionsartig beschleunigt, womit sehr hohe Kräfte auf die Flossen wirken. Mit Platzen der Membran dehnt die sich im Startzylinder gespeicherte Luft aus. Das kann nur gelingen, wenn die Rakete leichtgängig am Startrohr sitzt. Klemmt sie, bahnt die unter Druck stehende Luft sich durch die Ritzen am unteren Raketenrand ihren Weg ins Freie. Dabei kann es geschehen, dass Teile des Raketenrohrs einfach abgesprengt werden, womit der Flugkörper zerstört wäre.

Auch tiefe Temperaturen können der Rakete zu schaffen machen. Sie machen das Mate-





Bild 12.32 – Extreme Kälte oder ein Klemmen am Startrohr kann zur Zerstörung der Luftrakete führen.

rial spröde, und es hat nur noch bedingt die Elastizität, um die rasch auftretenden Druckunterschiede zu kompensieren. Ist die Rakete über längere Zeit extremen Minustemperaturen ausgesetzt, können während der Startphase ebenfalls Teile des Raketenrohrs abgesprengt werden. Unter normalen Umständen ist eine Luftrakete aber immer wieder verwendbar. In der Praxis ist das Risiko, dass sie Schaden nimmt, eher gering.

# Modellbau-Raketen bauen und richtig fliegen

Der Countdown läuft: Starten Sie Ihre eigene Rakete!

Im Flug von Raketen liegt eine unwiderstehliche Faszination. Immer höher, immer weiter, bis zum Mond und darüber hinaus – das versetzt uns Menschen schon als Zuschauer in Begeisterung. Aber dabei braucht es nicht zu bleiben, denn jeder von uns kann selbst Raketen in den Himmel aufsteigen lassen. Richtige Raketen, kein Feuerwerk!

Das Fliegen von Modellraketen stellt eine kleine, aber feine Sparte des Modellbaus dar. Bei ihr ist vieles anders als etwa beim Fliegen von RC-Hubschraubern. Sie benötigen weder teure Modelle noch eine Fernsteuerung, mit der Sie die Rakete lenken. Sie müssen sich nicht einmal besondere Fähigkeiten aneignen, um sie fliegen zu können. Dennoch gehört mehr dazu, als eine Rakete auszupacken und zu starten.

Dieses Buch weicht Sie Schritt für Schritt in den Raketenflug ein und macht Sie mit den drei grundlegenden Systemen vertraut: Modellraketen können von Verbrennungsmotoren, Luft- oder Dampfdruck angetrieben werden. Jede Spielart erfordert ein individuelles Handling, auf das in allen Details eingegangen wird. Sie erfahren, was Sie zum erfolgreichen Raketenflug benötigen, wie Sie Raketen zusammenbauen und worauf Sie bei den Flugvorbereitungen achten sollten. Schließlich geht es nicht nur um den Spaß an der Sache, sondern auch darum, Unfälle zu vermeiden.

Selbstverständlich widmet sich das Buch auch der Flugpraxis – einschließlich des Kameraflugs, bei dem die Rakete mit einer kleinen Kameraoptik ausgestattet wird. So gibt sie Ihnen Gelegenheit, Ihre Flüge aus einer ganz neuen Perspektive zu erleben.



## Aus dem Inhalt:

- Motorgetriebene Raketen
- Treibsätze
- Raketenantrieb
- Zünder
- Startgerät
- Fallschirm anbringen und einbauen
- Starter-Sets für motorgetriebene Raketen
- Raketenbausätze
- Fehler finden und beheben
- Die optimalen Startvorbereitungen
- Luftraketen
- Wasserraketen
- Fliegen mit Flaschen
- Kameraflug
- Flugeigenschaften verbessern
- und vieles mehr