

Richtiges Design von Bergungs-Systemen

Kap. 3 : Konzept & Konstruktion

von Jürg Thüring

© 1998 Spacotec GmbH

Vervielfältigung in irgend einer Form ohne schriftliche Genehmigung verboten.

Der erste Teil dieser Serie befasste sich neben grundsätzlichen Betrachtungen vor allem mit der richtigen Bemessung von Ausstossladungen.

Die zweite Folge zeigte die richtige Dimensionierung von Modellraketen Bergungssystemen.

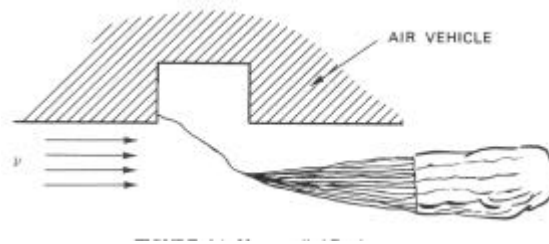
Im dritten und letzten Teil der Serie geht es ans Umsetzen der Theorie.

Der Erste Schritt zum Entwurf eines Bergungssystem besteht in der Wahl der Ausstoss-Methode.

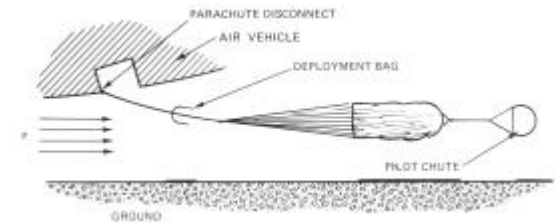
Klassisch wird bei Modellraketen der sogenannte „unkontrollierte Ausstoss“ (uncontrolled deployment) verwendet. Hierbei wird der Fallschirm durch die Ausstossladung

IRGENDWIE ausgestossen und öffnet sich mehr oder weniger unkontrolliert. Das Resultat sind grosse Stossbelastungen im Moment der Entfaltung, welche für High Power Raketen schnell das tollerierbare übersteigen.

Uncontrolled deployment ist für High Power Raketen keine vernünftige Wahl, auch wenn man in den USA immer wieder mit eher weniger als mehr Erfolg versucht, Level3 Raketen so zu bergen. Als Faustregel sollte man Fallschirme von mehr als 1.5m Durchmesser auf keinen Fall unkontrolliert ausbringen.



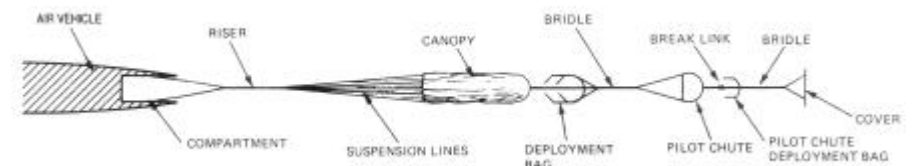
Ungeeignet ist auch die „Canopy first“ Methode, bei welcher der Fallschirm zwar mittels eines Hilfsfallschirmes kontrolliert ausgebracht wird, jedoch aufgrund der verkehrten Reihenfolge hohe Schnappkräfte trotzdem auftreten können. Diese Stosslasten können nur vermieden werden indem zuerst die Fallschirmleinen ausgebracht und gestreckt werden bevor der eigentliche Schirm sich entfalten darf. Dadurch muss sich der Fallschirm gegen den Zug der Leinen öffnen, was natürlich nicht schlagartig geschehen kann. Nur unter dieser Bedingung gelten die Koeffizienten für die Oeffnungskraft, wie im letzten Artikel aufgeführt.



Das Ausbringen des Fallschirmes kann auf verschiedene Arten geschehen, ein Beispiel dafür ist das „Gun deployment“, wobei der Fallschirm durch ein ausgeschossenes Gewicht

herausgezogen wird. Auch wenn dies auf den ersten Blick nicht so scheint, ist dies ein im Raketenmodellbau anwendbares System, die abgesprengte Raketenspitze ist nichts anderes als die angesprochene Masse welche den Fallschirm herausziehen kann. Bei uns wird allerdings keine Sollbruch-Leine zwischen Fallschirm und Zugmasse geschaltet sondern diese würde mit der Schockleine fest verbunden.

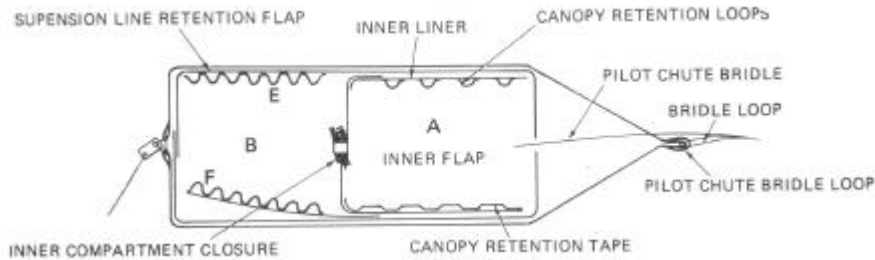
Ein typisches Bergungssystem sieht also wie folgt aus:



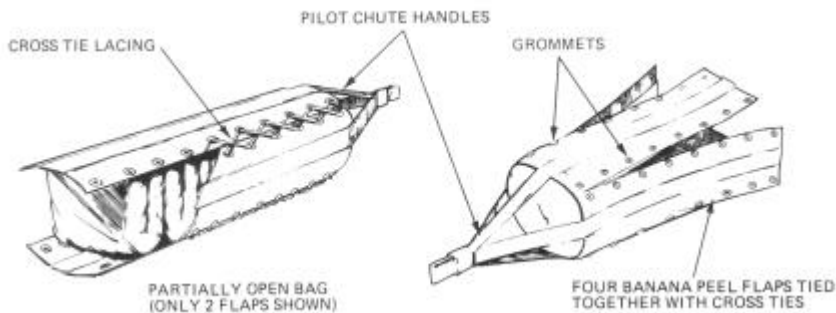
In einer ersten Phase wird ein Pilot chute ausgebracht, welcher für eine erste Abbremsung sorgt bevor er den Deployment Bag des Hauptfallschirmes herauszieht. Hierbei werden zuerst die Leinen des Hauptfallschirmes gestreckt, bevor der Hauptschirm freigegeben wird.

Grosse Schirme sollten immer so ausgebracht oder aber durch Reefing im ersten Moment an voller Entfaltung gehindert werden.

Der sogenannte Deployment Bag ist also eine wichtige Komponente eines guten Fallschirm-Bergungssystemes.

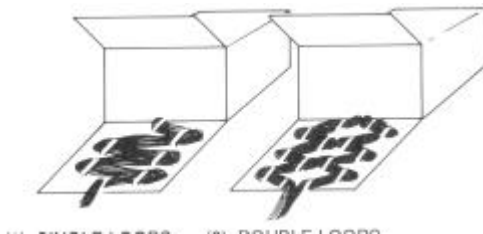


Ein Deployment Bag erlaubt einerseits eine sehr dichte Packung des Fallschirmes und sorgt andererseits für eine definierte Sequenz der Fallschirmmentfaltung wie bereits erwähnt.



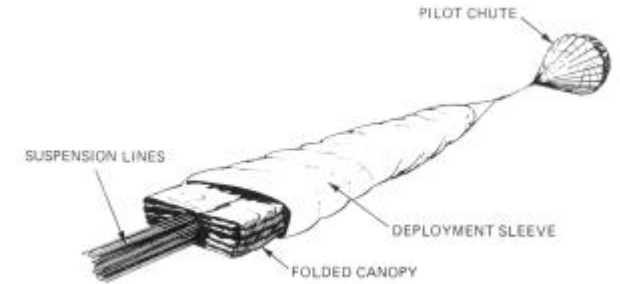
Deployment bags gibt es in den verschiedensten Bauformen, hier nur zwei mögliche Bauformen.

Allen gemeinsam ist aber die Unterbringung der Fallschirmleinen in speziellen Halterungen



Im Raketenmodellbau werden häufiger sogenannte Deployment sleeves (Hüllen) verwendet.

Im Gegensatz zum Bag wird hier der Fallschirm nur recht lose gepackt und die Leinen sind nicht speziell verstaut.

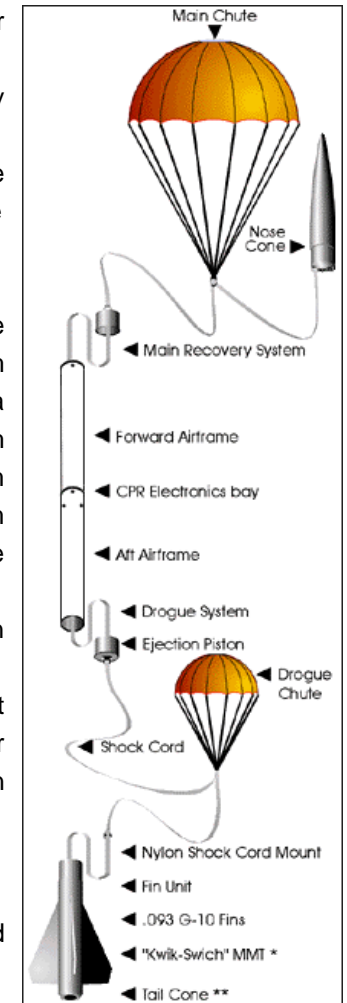


Bei der Umsetzung in Modellraketen sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt. Eine klassische Lösung ist Public Missiles „Close Proximity Recovery“ (CPR).

Hier bei weist die Rakete zwei getrennte Fallschirmkammern auf, die eine enthält den Drogue Chute, die zweite den Main Chute.

Nachteile dieses Systems sind das unkontrollierte Deployment der einzelnen Schirme und die Tendenz zum Verheddern der beiden Schirme im Moment des Ausstosses des Hauptschirmes: Da der Drogue Chute konstruktionsbedingt über dem Motor sitzen muss und der Hauptfallschirm im Nutzlastbereich untergebracht wird, findet im Moment des Hauptschirm-Ausstosses eine Richtungsumkehr statt.

Wesentlich besser in dieser Hinsicht ist ein Bergungssystem welches beide Fallschirme in die gleiche Richtung ausbringt. Ein Beispiel etwa ist Matthias Gloors ARCHER, bei welcher der Raketenrumpf ein 54mm Rohr für den Hauptfallschirm und ein 38mm Rohr für den Drogue Schirm enthält. Aber auch hier ist es grundsätzlich möglich, dass sich die beiden Fallschirme mit ihren jeweils eigenen Schockleinen verheddern und gegenseitig behindern.



Ein Beispiel für ein kompromisslos ausgelegtes Bergungssystem ist die Level3 Patriot des Authors, deren Bergungssequenz auf der nächsten Seite dargestellt ist.

Dieses Bergungssystem wurde so dimensioniert, dass es bis zu einer Geschwindigkeit von 300km/h die Rakete sicher bergen kann. Bei einem Startgewicht von 23kg treten in einem solchen Fall Spitzenlasten im Tonnen-Bereich auf!

Am Gipfelpunkt der Flugbahn wird Höhenmessergesteuert der Drogue-Fallschirm (50cm Durchmesser) ausgebracht, dessen einzige Aufgabe es ist, die Rakete schnell, aber in kontrollierter Fluglage nach unten zu bringen.

Theoretisch kann sogar auf den Drogue-Fallschirm verzichtet werden, aber dann könnten die beiden Teile der Rakete beim unkontrollierten Taumeln aneinanderstossen und beschädigt werden.

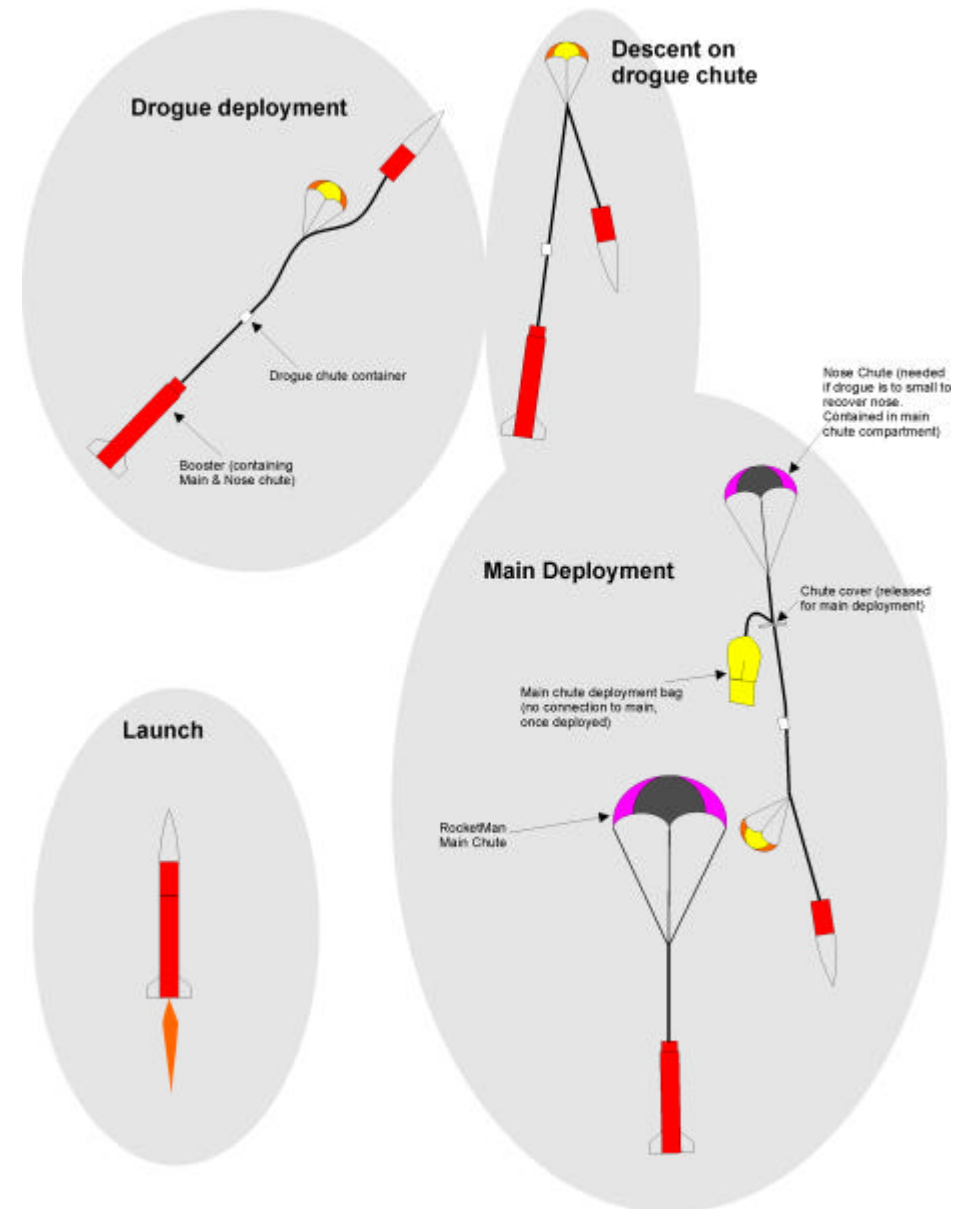
Der Drogue Schirm der Patriot ist am Deckel des Hauptfallschirm-Behälters verankert, welcher wiederum mit zwei elektromotorisch verstellbaren Klammern verriegelt ist.

Nach Absinken aus der Maximalflughöhe von 2800m auf etwa 250m löst der Höhenmesser den Hauptfallschirm aus: Die beiden Riegel geben den Deckel des Hauptfallschirms frei. Dieser wird durch die Bremsleistung des Drogue-Schirmes abgehoben und zieht dabei einerseits den Deployment Bag (eigentlich eine Deployment Sleeve) und andererseits den Fallschirm für die Bergung der Raketenspitze heraus.

Der Deployment Bag ist mit den Fallschirmleinen des Hauptschirmes umwickelt, welche sich zuerst abwickeln müssen bevor der Schirm sich entfalten kann. Dadurch wird kontrollierte Entfaltung des Hauptschirmes sichergestellt, wichtig bei einem Durchmesser von fast 4m!

Nach der Entfaltung des Hauptschirmes besteht keine Verbindung mehr zwischen Booster und Spitze, die beiden Teile landen getrennt.

½ Scale Patriot Recovery Setup



Wichtig bei einem zuverlässigen Bergungssystem ist sicherlich auch Redundanz! Die beste Elektronik kann versagen, auch Ausstossladungen zünden nicht immer. In solchen Fällen ist es wichtig, dass vor allem für den sicherheitskritischen Drogue Chute Reservesysteme vorgesehen werden. Dies kann zum Beispiel ein Timer sein, welcher auf 23 sek nach dem berechneten Gipfelpunkt eingestellt wird und eine eigene Ausstossladung besitzt.

Bei PML's CPR und ähnlichen Konfigurationen kann sogar der pyrotechnische Delay des Treibsatzes als Reservesystem vorgesehen werden.

Die eigentliche Dimensionierung des Bergungssystemes läuft immer nach dem gleichen Schema ab.

- Festlegen der Sicherheitsreserven, in anderen Worten der maximal verkraftbaren Ausstossgeschwindigkeit V_{Grenz} (sollte mindestens 200km/h sein).
- Festlegung der Grösse des am Gipfelpunkt ausgestossenen Fallschirmes. Bei zweistufigen Bergungssystemen wird eine Sinkgeschwindigkeit von ca. 20m/s am Drogue-Chute angestrebt.
- Kontrolle ob die Oeffnungskraft dieses Fallschirmes bei der maximal zu überstehenden Geschwindigkeit V_{Grenz} die Systembelastbarkeit (Reissfestigkeit des Schirmes und der Schockleine, Festigkeit der Befestigungspunkte) nicht übersteigt. Diese Berechnung zeigt bei grossen Raketen sehr schnell, dass keine genügenden Reserven ohne Verwendung eines zweistufigen Systemes möglich sind.
- Festlegung der Grösse des Hauptfallschirmes zur Reduktion der Sinkgeschwindigkeit auf 3-5m/s
- Berechnung der Oeffnungskräfte ausgehend von der Sinkgeschwindigkeit am Drogue analog zum Vorgehen beim Drogue.

Mit diesem Vorgehen kann sichergestellt werden, dass das Bergungssystem halbwegs vernünftig dimensioniert ist und genügend Sicherheitsreserven aufweist. Die errechneten Zahlen sind allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu geniessen, da sie unter Verwendung vieler Vereinfachungen und Annahmen erhalten werden. Auch stehen selten Zahlen über die Belastbarkeit von Fallschirmen der einschlägigen Hersteller zur Verfügung.

Der Aufwand für ein sauber konstruiertes, durchdachtes und mit Reserven versehenes Bergungssystem kann leicht höher werden als für den ganzen Rest der Rakete. Aber dieser Aufwand ist wichtig und nötig! Einen grossen Treibsatz in eine Rakete einbauen kann (fast) jeder, das Ding heil, kontrolliert und sicher wieder landen, das ist dann die Kunst!

Bergungssysteme sind gerade in unserem Land, bei unseren beengten Platzverhältnissen das ZENTRALE System einer Rakete und es muss alles daran gesetzt werden, ballistische Abstürze zu verhindern, vor allem bei den grossen „High Power“ Raketen. Wer diesen Aufwand bei grossen Raketen scheut, der sollte sich ein anderes Hobby suchen.

Ich hoffe dass dieser Artikel vielen Modellbauern hilft, die Bergungssysteme ihrer Raketen besser zu konstruieren und damit die Sicherheit des Hobbys zu steigern.

FLY SAFE!