

Wrak - die Wetterrakete

Wie schnell ändert sich das Wetter?

Vor allem im Alpenraum mit seinem ausgeprägten Topographieeinfluss kann man fast schon von Tal zu Tal verschiedene Wettersituationen antreffen. Die SMA bemüht sich nach Kräften, mit immer weiter verfeinerten Rechenmodellen und umfangreichen Messnetzen auch lokale Prognosen zu erstellen. Mit wechselndem Erfolg.

Die Wetterdienste aller Länder verwenden Hochleistungscomputer, um das Wetter auch kleinräumig vorauszusagen. Die Programme können noch so hoch entwickelt sein, als Input brauchen sie eine aktuelle und eventuell vergangene Wetterbeschreibungen. Sind diese sogenannten Anfangswerte schlecht, wird auch die Prognose wenig zuverlässig.

Anfangswerte sind nicht leicht zu bekommen. Satelliten liefern zwar schöne Bilder, aber sie sagen wenig aus über Feuchtigkeitsgehalt und Windgeschwindigkeiten auf verschiedenen Höhen. Die Wetterdienste stützen sich daher vor allem auf Messungen von fest installierten automatischen Bodenstationen, und auf Sondierungen. Die von Ballonen bis in 30km Höhe getragenen Sonden messen Druck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit sehr genau, und aus der Flugbahn der Sonde lässt sich auch die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen ermitteln. Ausserdem sind solche Sonden relativ billig, und dank GPS ist die Positionsbestimmung auch einfach geworden.

Reicht das nicht als Genauigkeit der Anfangswerte für perfekte Wetterprognosen? Leider nicht: Die Sondierstationen liegen 400km auseinander, und es werden nur zwei Sondierungen pro Tag durchgeführt. Für die ganze Schweiz gibt es nur einen einzigen Sondierstandort, die aerologische Station in Payerne. Offensichtlich ist das viel zu wenig. Schon einfache Zeitrafferfilme einer Webcamera (zum Beispiel <http://grossalp.othello.ch/>) zeigen, dass innert weniger Stunden viel mehr auf viel kleinerem Raum passiert, als die Wettersonden und Messstationen überhaupt erfassen könnten.

Raketen und Wetterbeobachtung

Schon früh wurden Raketen für die Erforschung der Atmosphäre eingesetzt. Ein rechter Teil der von den Amerikanern beschlagnahmten deutschen V2 Raketen diente wissenschaftlichen Programmen. Messgeräte zur Bestimmung von Dichte und Zusammensetzung der Luft konnten mit Raketen erstmals in Höhen geschossen werden, die für Ballonsonden unerreichbar waren.

Selbstverständlich gab es dabei auch militärische Hintergedanken: Interkontinentalraketen sind auf ihrem Flug ebenfalls den schwer zu messenden Winden in der oberen Atmosphäre ausgesetzt. Wegen der hohen Geschwindigkeiten können die Windscherungen durchaus auch zu Schäden führen. Die von Modellbauern oft und gern nachgebaute amerikanische Nike Smoke wurde ausschliesslich zur Vermessung dieser Winde entwickelt. Dazu erzeugte die Nutzlast eine Rauchfahne, die vom Boden aus beobachtet werden konnte.

Raketen sind allerdings wesentlich teurer als Ballone. Daher wurden sie bisher fast ausschliesslich für Forschungsflüge in grosse Höhen eingesetzt. Selbst die

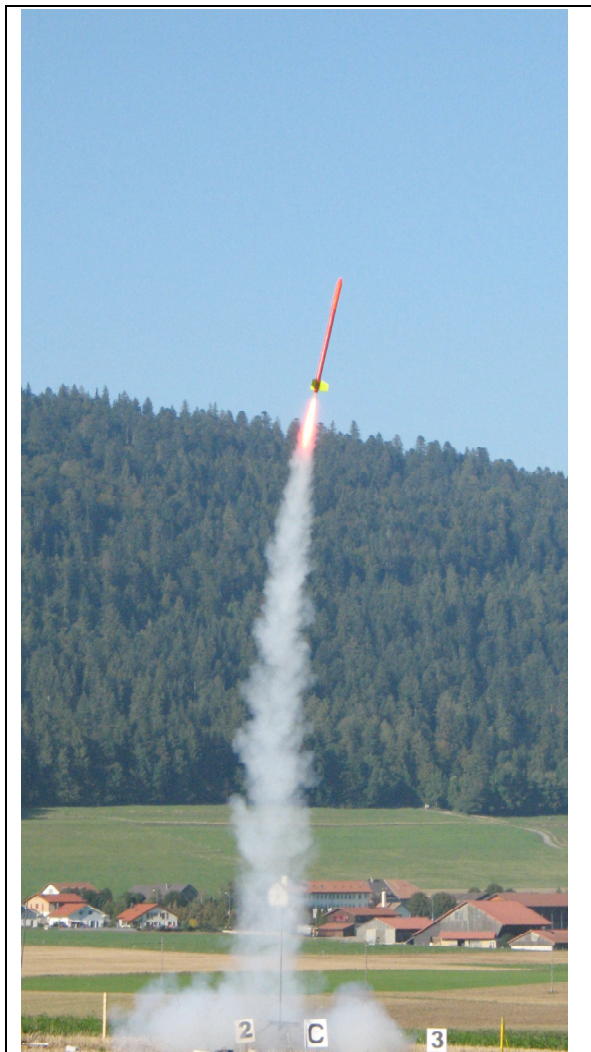
kleinste der polnischen Meteor-Serie erreichte mit 36km bereits eine Höhe, die für Ballonsonden praktisch unerreichbar ist. Dabei war sie nur 2.5m lang, und hatte 12cm Durchmesser.

Auch die Schweiz war in der raketengetriebenen Atmosphärenforschung aktiv: Contraves baute in den 60er Jahren zusammen mit Dornier die 'Schweizer Höhenforschungsrakete ZENIT', welche eine Nutzlast auf eine Höhe von bis zu 300km transportieren konnte.

Für die Wetterprognosen sind Resultate von Raketen jedoch kaum von Bedeutung. Beliebte Raketenstartplätze liegen aus Sicherheitsgründen meistens in wenig besiedelten Gebieten. Forschungsraketen werden zudem fast immer so abgeschossen, dass ihre Nutzlast im Meer oder in einem unbesiedelten Gebiet landet.

Aber auch Ballonsonden sind nicht für alle Zwecke geeignet. Ein Sondenflug dauert oft zwei bis drei Stunden. Die Sonde mit ihrem Radiosender bleibt die ganze Zeit aktiv, und stört eine kurze Zeit später gestartete Sonde. Will man also nur einen kleinen Teil der Atmosphäre häufig ausmessen, stören sich die am Himmel hängenden Sonden gegenseitig.

Wrak - Raketenmeteorologie für den Hausgebrauch



Ersflug von WRak am ALRS V auf einem J420R, deutlich erkennbar die rote Flamme des Redline Motors.

Mit High Power Raketen kann der Raketen-Amateur zwar nicht die obere Atmosphäre erreichen, aber er kann eine interessante Nutzlast auf mehrere Tausend Meter Höhe bringen. Das amerikanische ARLISS Programm (A Rocket Launch for International Student Satellites, <http://ssdl.stanford.edu/arlis/>) ermöglicht Studenten, kleine (Prototypen-)Satelliten von Raketen bis auf 4000m tragen zu lassen, die von High Power Raketenbauern entworfen wurden.

Warum also nicht das Problem der Atmosphärenmessung in kurzen Zeitabständen mit Raketen lösen? Die untersten 2000m der Atmosphäre sind für Modellbauer durchaus erreichbar, und dies ist genau die Schicht, in der gemäss dem schwedischen Ozeanographen Ekman der Einfluss der Erdoberfläche noch deutlich spürbar ist. So dreht die Windrichtung zum Beispiel in dieser Schicht wegen der Reibung an der Erdoberfläche um ca 45° nach rechts (auf der Südhalbkugel nach links).

Als im Jahre 1999 das MAP (Mesoscale Alpine Project) die Wetterdienste der Alpenländer und eine ganze Reihe bedeutender Forschungsinstitute für Atmosphärenphysik aus dem In- und Ausland während einer Woche unter der Federführung der ETHZ hochaufgelöste Daten erhoben haben, um die Wetterentwicklung im Alpenraum besser verstehen zu lernen, waren zwei Sondierstationen der Schweizer Armee mit von der Partie. Sie lieferten alle drei Stunden einen Sondaufstieg. Anders wäre eine hohe Datendichte nicht zu erreichen gewesen. Und auch da wäre mehr noch besser gewesen. Vor diesem Hintergrund reifte die Idee, mit Raketen ähnliche Messungen durchzuführen. Vielleicht werden bei einem zukünftigen Forschungsprojekt Modellraketenbauer dabei sein, und im Stundenrhythmus raketengetragene Wettersonden in den Himmel schicken, um einen wissenschaftlichen Beitrag zu leisten.

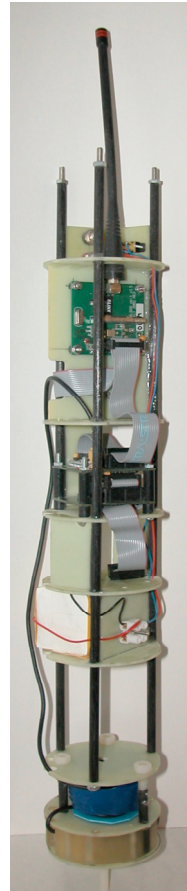
So entstand Wrak, kurz für Wetterrakete. Ihre Erbauer hoffen, dass Wrak möglichst lang möglichst wenig Ähnlichkeit mit einem Wrack haben wird. Trotzdem sprechen sie nicht von **der** Wrak, sondern von **dem** Wrak, wie wenn man es Wrack schreiben würde.

Wie funktioniert Wrak?

Wrak unterscheidet sich von anderen Modellraketen nur durch ihre Nutzlast. Es besteht aus den gleichen Materialien, und wird von den gleichen Raketenmotoren angetrieben wie all die anderen Modelle, die man an einem Argos Flugtag bewundern kann. Am Scheitelpunkt der Bahn wird jedoch nicht wie üblich einfach nur ein Fallschirm ausgeworfen, stattdessen wird die ganze Spitze abgesprengt, welche eine kleine Wettersonde enthält. Ein R-DAS Computer, wie ihn viele Raketenbauer für die Steuerung ihrer Fallschirme und für die Aufzeichnung des Fluges verwenden, wurde mit weiteren Sensoren bestückt. Ein Temperaturfühler meldet die aktuelle Temperatur, ein GPS-Empfänger vermisst laufend die Position der Sonde, und ein Telemetriesender übermittelt die Daten in Echtzeit zum Boden. Der Flug der Sonde bis zum Boden wird durch einen grossen Fallschirm gebremst, langsam genug, dass der Windeinfluss gut gemessen werden kann. Trotzdem dauert er nur etwa fünf Minuten.

Die Trägersrakete sinkt dagegen an einem kleinen Brems-Fallschirm schnell zur Erde, um den immer noch heissen

Motor aus dem Messbereich des Temperaturfühlers zu bringen. Schon nach etwa einer Minute erreicht dieser Teil eine Höhe von 200m, wo ein zweiter R-DAS Computer einen grösseren Fallschirm für eine weiche Landung auslöst.



Wettersonde von Wrak. Von oben nach unten: Antenne, Telemetriesender, RDAS Computer auf der Rückseite verdeckt, GPS-Empfänger, Temperaturfühler, Akku, Fach für weitere Experimente, Kabelrolle und GPS Antenne.

Die von der Sonde übermittelten Daten reichen aus, um Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Temperatur auf verschiedenen Höhen zu bestimmen. Was raketentechnisch ganz klar und einfach ist, birgt doch noch einige messtechnische Tücken.

Am Fallschirm sinkt die Wettersonde mit 5m/s ab. In 20 Sekunden durchquert sie also eine Höhenschicht von 100m, was bei schönem Wetter einer Temperaturzunahme von 0.7°C entspricht. Dieser relativ schnellen Temperaturänderung muss das Thermometer folgen können. Der zum R-DAS kommerziell erhältliche Sensor ist dazu viel zu langsam.

Fallen oder Fliegen? Wenn ein Fallschirm nicht fällt.

Fallschirme fallen nicht einfach zu Boden, sie gleiten mehr oder weniger stark. Die Gleitschirmflieger verwenden spezielle geformte Schirme, bei denen dieser Effekt besonders ausgeprägt ist. Aber auch der gewöhnliche halbkugelförmige Fallschirm driftet merklich. Wie soll die Wettersonde Falsschirmdrift von Wind unterscheiden? Offensichtlich muss, damit Wrak genaue Winddaten liefern kann, zuerst ein Fallschirm mit wenig Drift gefunden werden, und es muss bekannt sein, wie gross die Drift sein könnte.

Zwar sind Widerstandsbeiwerte und andere Grössen an

Fallschirmen von Modellraketen im Detail erforscht worden, doch scheint es zur Drift keine quantitativen Angaben zu geben. Damit Wrak Wind mit bekannter Genauigkeit messen kann, muss also erst die Fallschirmdrift gemessen werden.

Wrak ist daher nicht nur eine Trägerrakete für eine Wettersonde, es bringt auch das folgende Experiment aus: am Scheitelpunkt werden ausser der Wettersonde auch noch sechs identische kleine Fallschirme vom gleichen Typ wie für die Sonde verwendet mit je einem kleinen Gewicht ausgestossen. Offensichtlich sinken alle unter den gleichen Bedingungen ab. Aus der Streuung der Schirme am Boden lässt sich die maximal mögliche Genauigkeit der Windmessung für Wrak errechnen.

Stand des Projektes

Wrak wird vor dem Erstflug am ALRS V dem RSO (Range Security Officer) vorgeführt.



Wrak entstand im Sommer 2004 als Familienprojekt. Vater und Sohn bauten die Rakete, die Mutter schneiderte alle Fallschirme (9 Stück), und die Tochter designte das Team Wrak T-Shirt.

Wrak absolvierte einen ersten Flug am zweiten Tag von ALRS V auf einem J420R, einem relativ kräftigen Motor der Firma Aerotech mit einer zur Rakete passenden roten Flamme. Dabei ging fast alles schief:

1. Der GPS Empfänger sah die Satelliten nicht, konnte also keine Position bestimmen.
2. Die Software für den Telemetrieempfänger hatte einen Fehler, so dass die Daten nicht aufgezeichnet werden konnten.
3. Beim Ausstoss der Fallschirme verhedderten sich die kleinen Schirme des Driftexperiments mit den Leinen der grossen Fallschirme von Wettersonde und Trägerrakete, und verhinderten so die vollständige Fallschirmöffnung.
4. Die darauf folgende relativ harte Landung der Sonde verbog ein paar Gewindestangen, die als Stützen dienten.

Der Hauptfallschirm des Boosters öffnete sich korrekt auf 200m und liess diesen sanft landen.

Unzweifelhaft ein Erfolg waren hingegen die vielen Stunden gemeinsamer Arbeit im Familienrahmen bei Planung und Bau der Rakete, und als Höhepunkt die Reise ans ALRS V. ALRS ist neben den vielen Denkanstössen, die man aus dem Studium der

technischen Lösungen anderer Raketenbauer beziehen kann, vor allem auch ein Treffpunkt: Hier trifft sich alles, was in europäischen Raketenkreisen Rang und Namen hat. Und für Team Wrak war es auch ein kurzweiliger, abwechslungsreicher Familien-Anlass.

Wie geht es weiter?

Ein richtiger Rocketeer lässt sich von ein paar kleinen Schwierigkeiten nicht entmutigen. Im Gegenteil: Die Erfahrungen aus dem ersten Flug flossen sofort in das Projekt Wrak 2 ein. Die Wettersonde ist bereits neu gebaut. Die Konstruktion ist wartungsfreundlicher und robuster geworden. Die verbesserte Platzierung der GPS-Antenne soll die Positionsbestimmung vereinfachen. Ein neuer Temperaturfühler mit einem Thermoelement sollte in der Lage sein, auch schnelle Temperaturänderungen genau aufzuzeichnen. Die Empfangssoftware ist verbessert worden. Wenn alles klappt, startet Wrak 1 mit der neuen Sonde von Wrak 2 am 4. Dezember 2004 als Wrak 1b zum ersten Messflug auf einem J350W.

Aber auch die Trägerrakete wird neu gebaut. Ein grösserer Durchmesser soll mehr Platz für Fallschirme und Driftexperiment schaffen, damit sich diese nicht mehr gegenseitig behindern können. Der Hauptfallschirm soll künftig von Jürg Thürings Servo Release Mechanismus (SRM) freigegeben werden. Damit lässt sich Wrak 2 schneller für den nächsten Start bereit machen.

Und in den Hinterköpfen des Team Wrak haben sich auch schon Ideen für Wrak 3 breit gemacht. Könnte man nicht auch die Luftfeuchtigkeit messen? Wie könnte man den Gehalt an Staubteilchen messen? Sichtweite? Platz für ein weiteres Experiment wurde jedenfalls bereits in der Sonde von Wrak 2 reserviert.

Für wissenschaftliche Zwecke sind die Daten von Wrak nur dann brauchbar, wenn sie mit auf traditionellerem Weg gewonnenen Daten verglichen werden können. Dafür sind für 2005 Vergleichsflüge vorgesehen, dabei werden konventionelle Ballonsonden gleichzeitig mit Wrak gestartet, und die gewonnenen Profile verglichen.

Kurz: Das Abenteuer Wrak hat erst begonnen.

Was kann Wrak?

Es ist nicht davon auszugehen, dass dank Wrak die Wetterprognosen in Zukunft genauer werden. So wenig wie die Beobachtungen der Amateurastronomen das astronomische Weltbild umwerfen werden. Aber manchmal sind Amateurastronomen ihren professionellen Kollegen eine Nasenlänge voraus, zum Beispiel bei der Kometenbeobachtung. Vielleicht kann Wrak mit seiner schnellen Messung der unteren Atmosphäre auch einmal den professionellen Kollegen mit ihren Ballonen eine Nosecone-Länge voraus sein. Ein paar hundert Stundenkilometer schneller ist Wrak auf jeden Fall.

© 2004 Dr. Andreas Müller