

Die ersten drei Jahre des "Raumzeitalters"

Autor(en): **Bachmann, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **6 (1961)**

Heft 71

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900283>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

DIE ERSTEN DREI JAHRE DES «RAUMZEITALTERS»

Von H. BACHMANN, Zürich

I. TEIL

Dieser Aufsatz soll dem Leser eine Uebersicht über die verwirrende Fülle der seit dem Abschuss des Sputnik I am 4. Oktober 1957 lancierten Erdsatelliten und Raumraketen geben.

A. DIE VERSCHIEDENEN ARTEN VON EXPERIMENTEN MIT SATELLITEN UND RAUMRAKETEN ¹

1. Die Satellitenexperimente der USA.

Die bisherigen Satellitenexperimente der Vereinigten Staaten sind:

a) *Die Vanguard-Serie*: Die von der Navy durchgeführten Abschüsse begannen am 6. Dezember 1957 mit einem Misserfolg; der erste erfolgreiche Abschuss fand am 17. März 1958 statt (*Vanguard I*). Der *Vanguard I* hat zwar nur die Grösse einer Grapefruit und wiegt 1,5 kg, hat aber einen von der Sonnenenergie gespeisten Sender, der immer noch funktioniert; die Bahn dieses Satelliten ist die am genauesten bestimmte von allen Satelliten und gibt Auskunft über die Gestalt der Erde (näheres darüber siehe weiter unten); seine Lebensdauer dürfte 150 Jahre betragen. Der später abgeschossene *Vanguard II* (mit der normalen Grösse von etwa 0,5 m) diente hauptsächlich zur Bestimmung der von Wolken bedeckten Gebiete der Erde. Nach dem Abschuss des *Vanguard III*, der zur Hauptsache zur Messung des erdmagnetischen Feldes diente, wurde im September 1959 die Vanguard-Serie, die acht Misserfolge und nur drei Erfolge gebracht hatte, abgeschlossen.

b) *Die Explorer-Satelliten*: Der von der Army am 1. Februar 1958 lancierte *Explorer I* war der erste erfolgreiche USA-Satellit. Im Gegensatz zu den Vanguard-Satelliten wurden bei der Explorer-Serie auch die erfolglosen Abschüsse gezählt, so dass wir bis jetzt bei Explorer VIII angelangt sind (davon sechs Abschüsse erfolgreich). Die Explorer-

¹) Eine vollständige Liste aller abgeschossenen Satelliten wird im II. Teil dieses Aufsatzes, in N^o 72 dieser Zeitschrift gegeben.

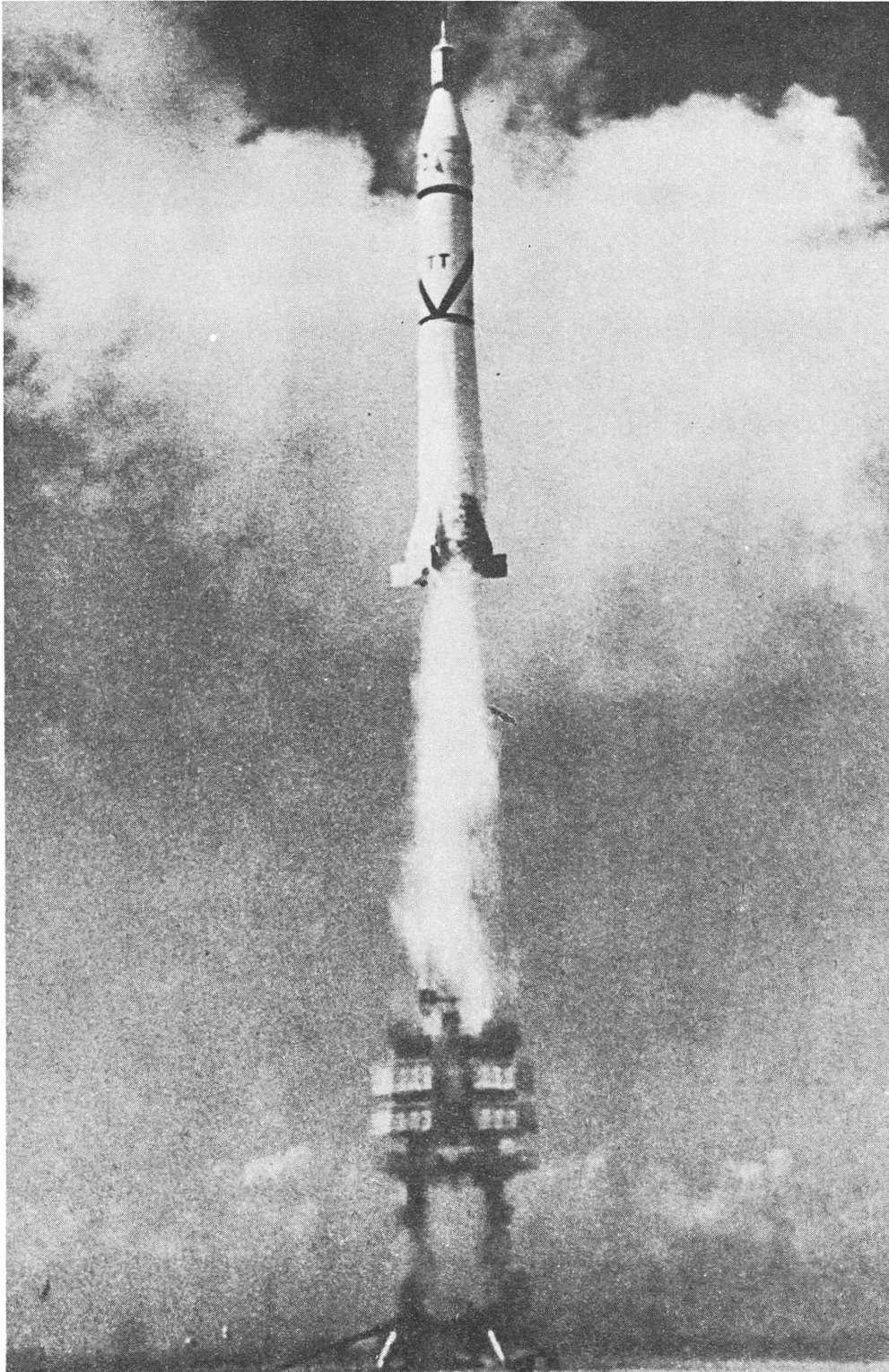


Abbildung 1 - Start einer Jupiter-C-Rakete auf dem Versuchsgelände in Cape Canaveral (Florida). Die oberste Stufe der Rakete trägt den Satelliten Explorer IV, der dazu bestimmt ist, weitere Angaben über die kosmische Strahlung zu übermitteln.

Satelliten dienten hauptsächlich zur Messung der kosmischen Strahlung; die beiden sogenannten «Van Allen-Gürtel» verstärkter kosmischer Strahlung um die Erde wurden mit Hilfe dieser Satelliten entdeckt und vermessen. Der wegen seiner Form als «Paddlewheel» bezeichnete *Explorer VI* machte dabei eine Ausnahme, indem seine Bahn bis 40 000 km von der Erdoberfläche wegführte (während diese Entfernung bei den bisherigen Satelliten 4000 km betragen hatte)². Abbildungen 1-4.

c) *Die Discoverer-Satelliten*: Seit dem 1. Abschuss vom 28. Februar 1959 zählt man bis jetzt 19 Abschüsse, von denen aber bisher nur 13 einen Satelliten in eine Umlaufbahn brachten. Diese etwa 0,8 Tonnen schweren Satelliten, die meist auf eine über die Pole führende Bahn gebracht wurden, und deren Sendefrequenz geheimgehalten wird, dienen dazu, das Abstossen und Zurückholen einer Kapsel zu erproben. Da sich in einigen Fällen die Kapsel nicht löste, in anderen Fällen zwar abgestossen wurde, aber nicht aufgefunden werden konnte (einmal wurde sie zu einem neuen Satelliten), gelang es nur in vier Fällen, die Kapsel zu bergen (je 1-3 Tage nach Abschuss der Satelliten): Am 11. August 1960 konnte die Kapsel aus dem Pazifik aufgefischt werden, und am 19. August 1960, 14. November 1960 und 10. Dezember 1960 gelang es, je eine Kapsel mittels eines Netzes von einem Flugzeug aus in der Luft aufzufangen. Diese Experimente sind die Vorversuche zum Projekt eines bemannten Satelliten (Projekt «Mercury»). Die Discoverer-Satelliten haben instabile Bahnen (das heisst kurze Lebensdauer)³.

d) *Die Nachrichtenübermittlungssatelliten*: Ein Vorversuch war der Satellit Atlas oder *SCORE* (=Signal Communications Orbit Relay Experiment) vom 18. Dezember 1958, der ein Gewicht von 4 Tonnen aufwies und als Relais für die Nachrichtenübermittlung verwendet wurde. Eine verbesserte Serie solcher Satelliten wurde am 18. August 1960 mit dem Abschuss des *Courier I-A*, der allerdings missglückte, eröffnet. Erst der *Courier I-B* am 4. Oktober 1960 war erfolgreich. Dagegen werden die *Echo*-Satelliten (erster Abschuss am 13. Mai 1960 misslungen, *Echo I* am 12. August 1960 erfolgreich)⁴, spiegelnde, 30 m grosse Ballone, zur passiven Reflexion von Ultrakurzwellen verwendet. Weitere Projekte sind: *REBOUND*, *ADVENT*.

²) *Explorer I-III*: «Orion» N° 59, S. 380; N° 60, S. 408 (mit Abbildungen); N° 61, S. 450; N° 65, S. 670. - ³) *Discoverer XVII-XIX*: «Orion» N° 71, S. 64; ⁴) *Echo I*: «Orion» N° 70, S. 996; N° 71, S. 60.

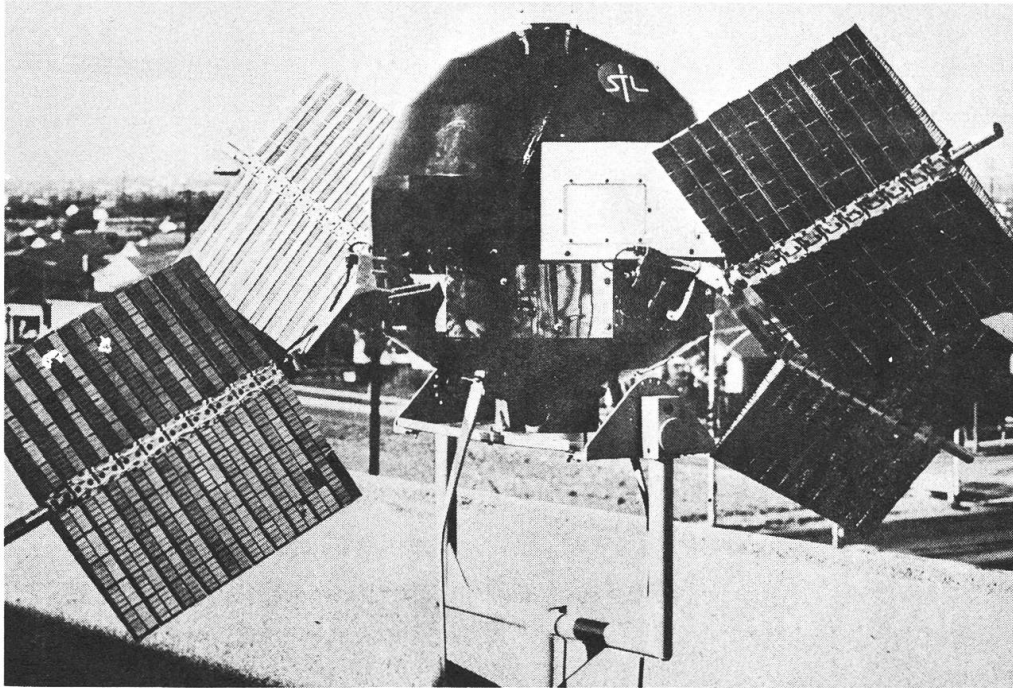


Abbildung 2 - Auf einem Versuchsstand in Cape Canaveral wird der «Paddlewheel»-Satellit (Schaufelrad-Satellit) Explorer VI ausprobiert. Die zahlreichen Zellen der hier ausgebreiteten vier «Schaufeln» («Paddles») nehmen während des Fluges des Satelliten im Raume Sonnenstrahlung auf, die in elektrische Energie umgewandelt und den Batterien des Radio-Uebermittlungssystems zugeführt wird. Vergl. Abbildung 3.

e) Der am 1. April 1960 abgeschossene Fernsehsatellit *Tiros I* (*TIROS* = Television and Infrared Observation Satellite) eröffnete eine neue Serie von meteorologischen Satelliten. Er ermöglichte eine Zeit lang die Uebermittlung wunderbarer Bilder von Wolkenstrukturen. Weitere Projekte dieser Art sind *NIMBUS* und *AEROS* (letztere mit einer Umlaufzeit von 24 Stunden).

f) Die *Transit-Satelliten* (erster erfolgloser Abschuss am 17. September 1959, erster erfolgreicher am 13. April 1960) sind für die Navigation bestimmt.

g) Die *Midas-Satelliten* (erster erfolgloser Abschuss am 26. Februar 1960, erster erfolgreicher am 24. Mai 1960) vom Gewicht von 2,3 Tonnen sind als Warnsatelliten zur Aufspürung von Raketenabschüssen bestimmt (*MIDAS* = Missile Defense Alarm System). Es sind etwa ein Dutzend solcher Satelliten vorgesehen. Weiteres Projekt: *SAMOS* (= Surveillance and Missile Observation Satellite).

2. Die russischen Satellitenexperimente.

Die russischen Experimente sind :

a) *Die Sputniks* : Der Abschuss von *Sputnik I* am 4. Oktober 1957 eröffnete das Zeitalter der Satelliten und überraschte durch sein grosses Gewicht. Die *Sputniks* dienten hauptsächlich zur Messung von Mikrometeoriten, des Erdmagnetfeldes und der kosmischen Strahlung. *Sputnik II* führte einen lebenden Hund mit sich; *Sputnik III* war geradezu ein fliegendes Laboratorium⁵.

b) *Die Raumschiff-Sputniks* : *Sputnik IV* (14. Mai 1960) war ein grosses Raumschiff von 4,5 Tonnen Gewicht, das eine Kapsel enthielt. Der Versuch, die Kabine zur Erde zurückzubringen, misslang. *Sputnik V* (19. August 1960) war ähnlich wie sein Vorgänger aufgebaut; seine Kabine enthielt zwei lebende Hunde. Diesmal gelang es, mittels Bremsraketen und Fallschirmen, das Raumschiff mitsamt der Kapsel auf die Erde zurückzubringen (Landung am 20. August 1960), wobei die Hunde unversehrt blieben. Damit ist der Start eines bemannten russischen Raumschiffsatelliten in grosse Nähe gerückt. *Sputnik VI* (1. Dezember 1960) war dagegen wieder ein Misserfolg; er verglühte mitsamt seinen zwei Hunden in der Atmosphäre.

3. Die amerikanischen Raumraketen.

Die amerikanischen Versuche mit Raumsonden, die Instrumente viel tiefer in den Weltraum hinein trugen, als die Satelliten, begannen am 17. August 1958, allerdings mit einem Misserfolg. Der erste grössere Erfolg auf diesem Gebiet war der am 11. Oktober 1958 abgeschossene *Pionier I*, der allerdings nach Erreichung einer Entfernung von 114000 km vom Erdzentrum wieder umkehrte und verglühte. *Pionier II* (8. November 1958) erreichte nur 1600 km Höhe. Der nächste Erfolg war *Pionier III* am 6. Dezember 1958, der 109000 km Entfernung erreichte. Der Hauptzweck dieser Raumraketen lag in der Vermessung des Strahlungsgürtels.

Erst dem *Pionier IV* (abgeschossen am 3. März 1959) gelang ein Flug 59000 km neben dem Mond vorbei, und er wurde zum künstlichen Planetoiden N^o 2, indem seine Bahn, die zuerst eine langgestreckte

⁵) *Sputnik I-III*: «Orion» N^o 58, S. 322-341; N^o 59, S. 371; N^o 60, S. 412; N^o 61, S. 450; N^o 66, S. 704; N^o 67, S. 787.

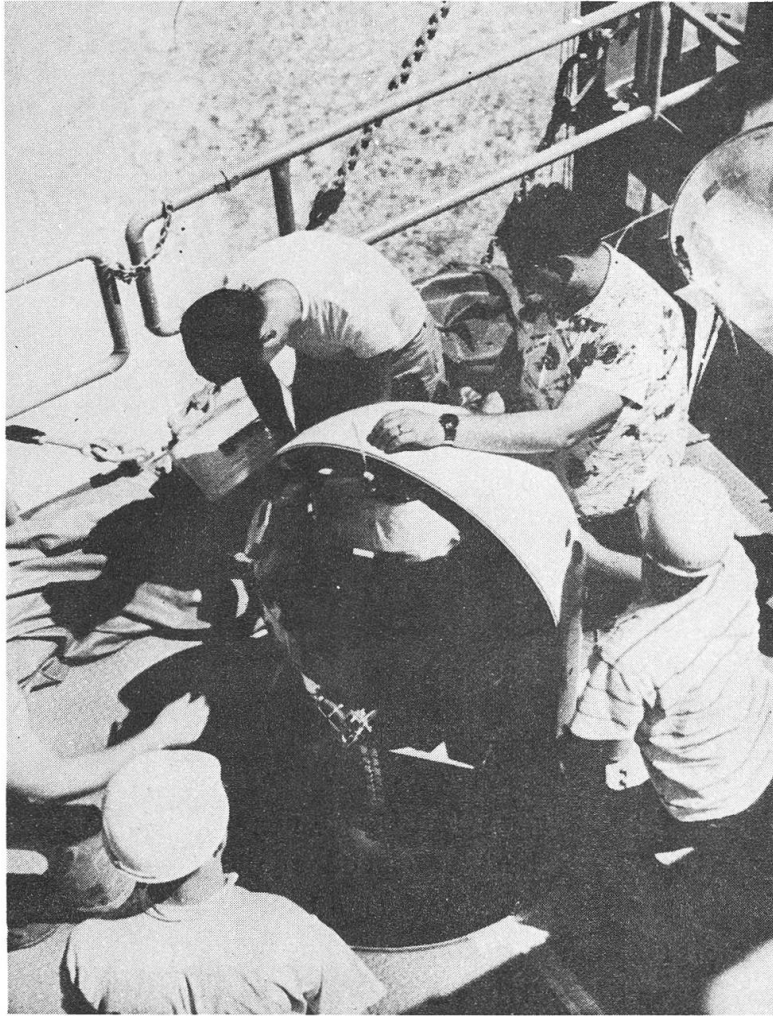


Abbildung 3 - Hoch oben auf dem Montagegerüst in Cape Canaveral wird an der Spitze der Thor-Able III-Rakete der «Paddlewheel»-Satellit Explorer VI eingebaut. Die «Schaufeln» mit den Sonnenzellen sind jetzt unter der rund 65 kg wiegenden Satellitenkugel mit den 15 Instrumenten zusammengeklappt. Nach Erreichung der Bahn wird die Hülle um den Satelliten abgeworfen und die «Schaufeln» werden automatisch ausgeklappt, worauf sie in Funktion treten.

Ellipse oder Parabel bezüglich der Erde war, in eine riesige Ellipsenbahn um die Sonne umgebildet wurde. Der letzte Radiokontakt mit ihm wurde am 6. März 1959 aufgenommen, als er in einer Entfernung von 660 000 km war⁶.

⁶) Pionier I, III und IV: «Orion» № 63, S. 553.

Pionier V (11. März 1960) wurde nicht als Mondrakete, sondern zum vornherein als künstlicher Planetoid (Nº 3) abgeschossen. Seine Radiosignale konnten zum letzten Mal am 26. Juni 1960 aus 36,2 Millionen km Entfernung empfangen werden!

Der Abschuss von *Pionier VI* am 25. September 1960, der ein Mondsatellit werden sollte, missglückte.

Von den amerikanischen Projekten der nächsten Jahre mit Raumraketen seien erwähnt: Schaffung eines Mondsatelliten; Landung einer Instrumentenkapsel auf dem Mond; Entsendung von Raketen in die Nähe von Mars und Venus; Erprobung der «Saturn»-Rakete (700 t Schub), die bemannte Mondflüge und die Schaffung von Raumstationen ermöglichen würde. Von den russischen Projekten ist nichts genaues bekannt, es ist aber damit zu rechnen, dass die Russen schon jetzt eine Rakete von der Schubkraft der projektierten «Saturn»-Rakete haben. Auf beiden Seiten wird ferner an der Atomrakete gearbeitet. Es dürfte also heute nicht mehr als Vermessenheit gelten, wenn man den ersten bemannten Mondflug am Anfang der 70er Jahre erwartet.

4. Die russischen Raumraketen.

Die Serie der russischen Mondraketen mit den spektakulären Gewichten von 1,5 t wurde am 2. Januar 1959 mit *Lunik I* eröffnet. Dieser flog etwa 6000 km neben dem Mond vorbei und wurde zum künstlichen Planetoiden Nº 1 (letztes Radiosignal am 5. Januar aus 600000 km Entfernung).

Der sensationelle *Lunik II* (12. September 1959) traf am 13. September auf dem Mond auf und zerschellte⁷.

Lunik III (4. Oktober 1959) passierte den Mond in 7000 km Entfernung, wobei es zum erstenmal gelang, Aufnahmen von einem Teil der Mondrückseite zu machen und diese später zur Erde zu übertragen. Er wurde dann zu einem Erdsatelliten mit einer grössten Entfernung von 470 000 km!⁸

⁷) *Lunik II* : «Orion» Nº 66, S. 707.

⁸) *Lunik III* : «Orion» Nº 66, S. 709, 713 (Photo der Mondrückseite).

B. PROBLEME DER SATELLITENBAHNEN

1. Die Bahnelemente und die Bahnstörungen.

Ein Erdsatellit beschreibt in erster Näherung eine Ellipse, von der ein Brennpunkt im Zentrum der Erde sitzt. Die Bahnebene, die Form und Grösse der Bahnellipse und der Ort des Satelliten in der Bahn werden durch die sogenannten *Bahnelemente* festgelegt. Diese sind die halbe grosse Achse a , die Exzentrizität e , die Bahnneigung i gegen die Aequatorebene, die Rektaszension des aufsteigenden Knotens Ω , das Argument des Perigäums ω und die wahre Anomalie. Wäre die Erde eine homogene Kugel ohne Atmosphäre, und würden auch sonst keine Störungen einwirken, so wären diese Bahnelemente konstant, und nach dem dritten *Keplerschen* Gesetz wäre die Umlaufzeit des Satelliten

$$P = 84,^m 49 \left(\frac{a}{R}\right)^{3/2},$$

wobei $R = 6378,388$ km der Aequatorradius ist.

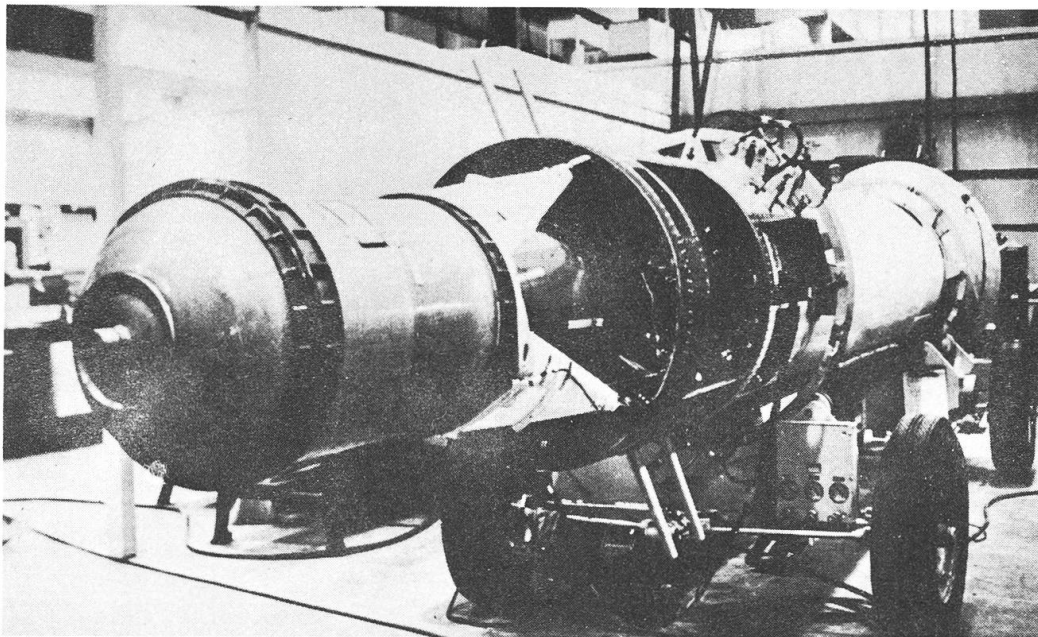


Abbildung 4 - Die zweite und dritte Stufe der Thor-Able-III-Rakete werden im Space Technology Laboratory in Los Angeles geprüft. Die dritte Stufe (im Vordergrund) trägt den Satelliten Explorer VI. Die zweite Stufe (hinterer Teil) wird während des Aufstieges nach Verbrauch ihres flüssigen Brennstoffes von der dritten Stufe losgelöst.

In Wirklichkeit treten aber Störungen mannigfacher Art auf, die die Bahnelemente langsam verändern. Diese sind deshalb als die Elemente einer momentanen oskulierenden Ellipse aufzufassen. Man unterscheidet *säkulare Störungen*, die das betreffende Bahnelement monoton mit der Zeit verändern, *langperiodische Störungen* mit einer Periode von Wochen oder Monaten und *kurzperiodische Störungen*, deren Periode mit der Umlaufperiode des Satelliten übereinstimmt. Als Ursachen von Störungen kommen in Frage:

- a) Die Abweichung des Gravitationsfeldes der Erde von der Kugelsymmetrie (also hauptsächlich die Abplattung).
- b) Der Luftwiderstand.
- c) Die Gravitationswirkungen von Sonne und Mond.
- d) Der Strahlungsdruck.
- e) Elektrische und magnetische Kräfte.
- f) Eigenrotation des Satelliten.

2. Die Störungen, die von der Abweichung des Gravitationsfeldes der Erde von der Kugelsymmetrie herrühren.

Diese sind erst in letzter Zeit vollständig berechnet worden. Sie bewirken einen gleichförmigen Umlauf des Knotens um den Aequator und einen gleichförmigen Umlauf des Perigäums um die Satellitenbahn; die anderen Elemente erfahren keine säkularen Störungen. Die Folge ist, dass man verschiedene Umlaufzeiten des Satelliten unterscheiden muss, von denen die gebräuchlichsten die *anomalistischen* (P_a) und die *drakonitische* (engl. nodical) *Umlaufszeit* (P_n) sind. Wegen der Wanderung des Perigäums besteht zwischen P_a und P_n eine in erster Näherung konstante Differenz, die man nach der Formel

$$P_a - P_n = \delta \omega \left(\frac{P}{720} \right)^2$$

berechnen kann ($\delta \omega =$ Perigäumwanderung in Grad pro Tag, P in min); ferner bewirkt die Abplattung, dass zwischen P_a und dem oben angegebenen ungestörten Wert von P eine Differenz besteht, die von i abhängt.

Langperiodische Störungen, deren Periode gleich der Periode des Perigäumsumlaufs ist, weisen alle Elemente ausser a auf, z. B. schwankt die Differenz zwischen P_a und P_n etwas; viel stärker schwankt aber die Differenz zwischen P_a und P .

Die kurzperiodischen Störungen wirken sich bei allen Elementen aus, sind aber unbedeutend.

Aus den beobachteten Bahnstörungen lassen sich Schlüsse auf die Gestalt der Erde ziehen, und zwar viel genauer, als dies bei früheren Abschätzungen der Fall war. Die Hauptresultate sind: Die Abplattung der Erde ist $\frac{1}{298,2}$ im Unterschied zum Wert $\frac{1}{297,0}$ beim Internationalen Ellipsoid. Es stellte sich auch heraus, dass die Erde, verglichen mit dem Ellipsoid, schwach birnenförmig ist (mit dem Stiel beim Nordpol).

3. Die Wirkung des Luftwiderstandes.

Bei Satelliten mit nicht zu hohen Umlaufbahnen bewirkt der *Luftwiderstand* besonders in der Umgebung des Perigäums eine Energieabnahme, die sich in einer säkularen Abnahme von a und e auswirkt, (wobei paradoxerweise die Geschwindigkeit im Apogäum langsam zunimmt). Die Bahn wird also immer enger, und die Umlaufzeit nimmt ab; dabei nimmt aber die Höhe des Perigäums viel langsamer als die Höhe des Apogäums ab, und somit wird die Bahn immer kreisförmiger (die Exzentrizität nimmt ab). Dies hat zur Folge, dass der Umlauf des Knotens und des Perigäums sehr leicht beschleunigt ist.

Die *Rotation der Erdatmosphäre* hat zur Folge, dass i fast unmerklich säkular abnimmt und ferner, dass die Beträge der säkularen Störungen infolge des Luftwiderstandes leicht verändert werden.

Den säkularen Aenderungen sind langperiodische und unregelmässige Aenderungen überlagert:

a) Bei Satelliten mit niedrigen Bahnen kommt zur säkularen Abnahme von P_a (und übrigens bei allen Bahnelementen) eine Schwankung hinzu, deren Periode gleich der Periode des Perigäumumlaufes ist. Sie wird durch die *Abplattung der Atmosphäre* bewirkt.

b) Bei Satelliten mit hohen Bahnen tritt eine Schwankung hinzu, die mit der Besonnung des Perigäums parallel läuft, weil in der hohen Atmosphäre die Dichte bei Tag viel grösser ist als bei Nacht.

c) Eine 27-tägige Periode, die bei einigen Satelliten synchron festgestellt wurde, ist auf die Dichteveränderungen der Atmosphäre infolge der Sonnentätigkeit zurückzuführen.

d) Kurze unperiodische Schwankungen in der Abnahme von P_a rühren von den Dichteschwankungen infolge von Eruptionen auf der Sonne her.

e) Veränderungen des Westwindes in grosser Höhe bewirken gewisse jahreszeitliche Schwankungen der Abnahme von P_a .

Aus der beobachteten Abnahme von P_a lässt sich die Luftdichte in grossen Höhen bestimmen, sodann lassen sich Aufschlüsse über die Windverhältnisse der hohen Atmosphäre und über ihre Dichteschwankungen gewinnen. Die Hauptergebnisse sind: Man hat die Dichte bis in Höhen von 700 km bestimmt und viel grösser und langsamer abnehmend vorgefunden, als vorher angenommen wurde. Die Bestimmung der Rotation der Atmosphäre hat zur Annahme eines starken Westwindes in der hohen Atmosphäre geführt. Man hat ferner Anhaltspunkte über die Tag-Nacht-Dichteschwankungen der Atmosphäre, die erst über 300 km Höhe bedeutend werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei nicht zu hohen Satelliten die Umlaufzeit im Mittel (also abgesehen von den Schwankungen) etwa nach einem Gesetz der Form

$$P_a = 87.6 + \sqrt{u - vt}$$

abnimmt, wobei u und v gewisse Konstanten sind, und dass der Satellit rasch abstürzt und sich dabei auflöst, sobald die Umlaufzeit etwa den Wert 87,6 Minuten angenommen hat. Damit lässt sich aus der beobachteten Abnahme von P_a ungefähr auf die Lebensdauer des Satelliten schliessen. Satelliten mit hohen Bahnen können sehr grosse Lebensdauer haben (z. B. Vanguard I 150 Jahre).

4. Bemerkungen über die andern Störungen.

Die Gravitationswirkung von Sonne und Mond und der Strahlungsdruck (dafür kaum mehr der Luftwiderstand), machen sich bei hohen Satelliten bemerkbar. Beim Vanguard I sind diese Störungen gerade noch wahrnehmbar. Bei höheren Satelliten können diese Wirkungen sehr gross werden. Z. B. machten sich die Störungen von Sonne und Mond beim Explorer VI stark bemerkbar, und beim Lunik III veränderten sie die Bahn so stark, dass man annehmen kann, er sei im April 1960 verglüht. Beim Echo I lässt sich die Wirkung des Strahlungsdruckes gut studieren; seine Bahn wird *immer elliptischer* (die Exzentrizität nimmt zu) und wegen seinem grossen Luftwiderstand nimmt die Umlaufzeit trotz grosser Höhe ab; dabei nimmt die Höhe des Apogäums zu und die Höhe des Perigäums ab, so dass man nur mit etwa einem Jahr Lebensdauer rechnen kann. Dagegen sind die Bahnelemente der Rakete des Echo I, die anfangs in derselben Bahn gewesen war, bis auf kleine Schwankungen konstant.

Die elektromagnetischen Kräfte bewirken eine fortgesetzte Bremsung der Eigenrotation der Satelliten.

(31. Dezember 1960.)

(Fortsetzung folgt.)