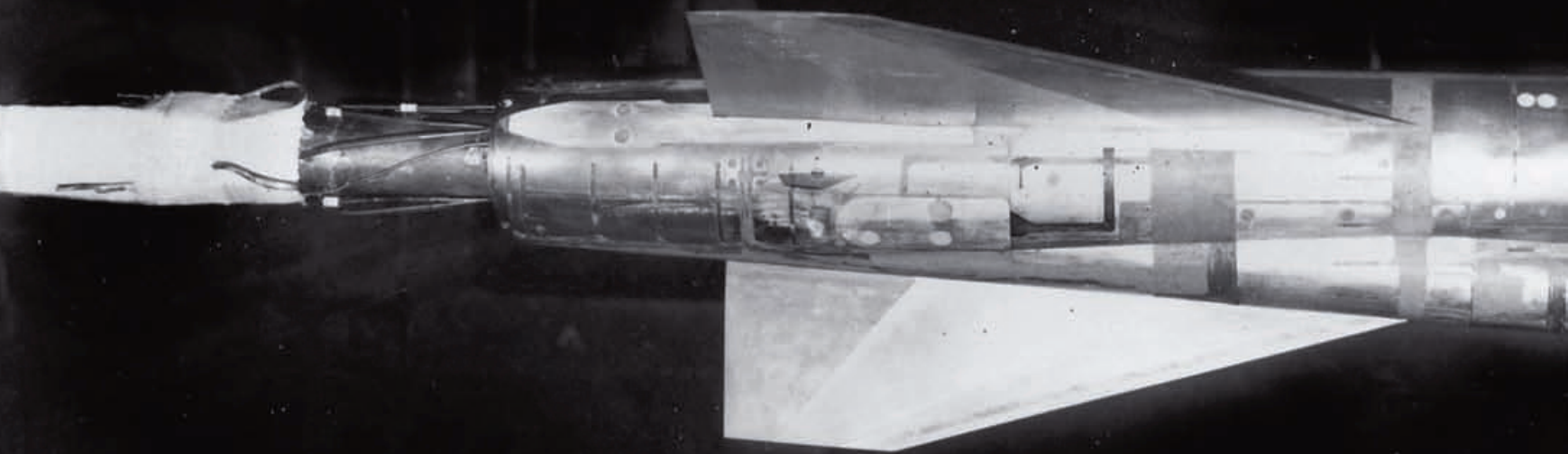


Atomwaffen-Träger mit nuklearem Antrieb

# Pluto sollte die Sowjetunion bezwingen





Das Windkanalmodell des Flugkörpers Pluto zeigt die generelle Auslegung mit kleinen Tragflächen und einem Lufteinlauf unter dem Rumpf.

Ab Ende der 1940er-Jahre schien die Atomkraft auch für die Luftfahrt die effektivste Antriebskraft zu sein. Flugzeuge, Raketen, und mit dem Projekt Pluto auch Flugkörper, sollten fantastische Flugleistungen erzielen und die militärische Überlegenheit der USA erreichen.

*Uwe W. Jack*



Foto: U.S. Air Force

Die Convair NB-36H war das einzige Flugzeug des Westens, welches wirklich mit einem Atomreaktor an Bord flog. Dieser wurde aber nicht mit dem Antrieb gekoppelt.

**A**m 1. März 2018 sprach der russische Staatspräsident Wladimir Putin in einer Rede vor der Förderationsversammlung davon, wovon er gerne spricht: von neuen Waffensystemen, über welche sein Land jetzt verfügt. Neben fünf anderen Waffen, enthüllte er die Existenz eines Marschflugkörpers mit nuklearem Antrieb, der eine Reichweite von 25 000 Kilometern haben soll und diese Strecke unentdeckt im Tiefstflug zurücklegen kann. West-

liche Experten blieben zurückhaltend in ihren Wertungen, was seltsam ist, denn ein Flugkörper wie die angekündigte Burewestnik (Sturmvogel) würde das strategische Gleichgewicht verschieben. Es wurden Zweifel geäußert, ob es technisch wirklich möglich ist, solch einen Antrieb zu bauen und ob dann auch Russland diese Herausforderung bewältigen könnte. 1964 wurde in den USA ein ähnliches Projekt eingestellt. Damals schienen alle Träume von einem nuklearen

1947 legten Wissenschaftler des Atomforschungszentrums Los Alamos und der Firma North American Aviation dieses Projekt einer nuklear angetriebenen Interkontinentalrakete vor. Es entsprach einer vierfach vergrößerten deutschen V-2-Rakete mit einer Länge von etwa 60 Metern. Die Ausströmgeschwindigkeit sollte 8980 m/s betragen und es war geplant, einen Sprengkopf von 3600 kg zu befördern.

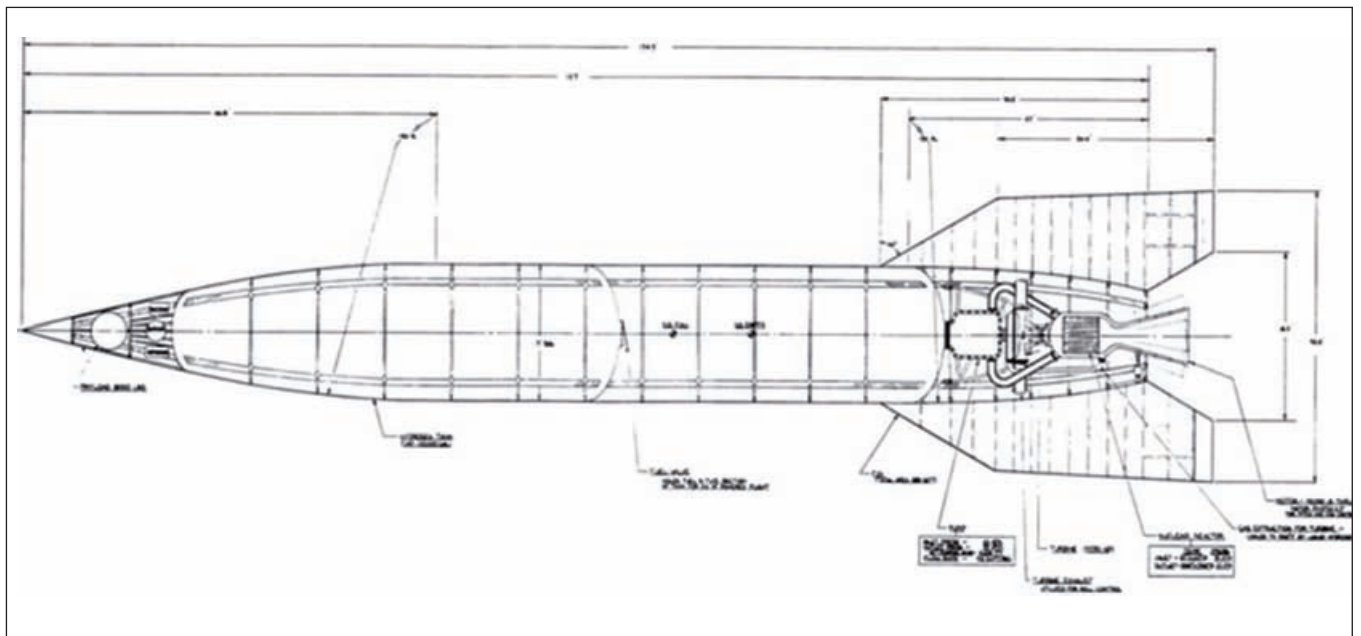


Abbildung: Sammlung Uwe W. Jack

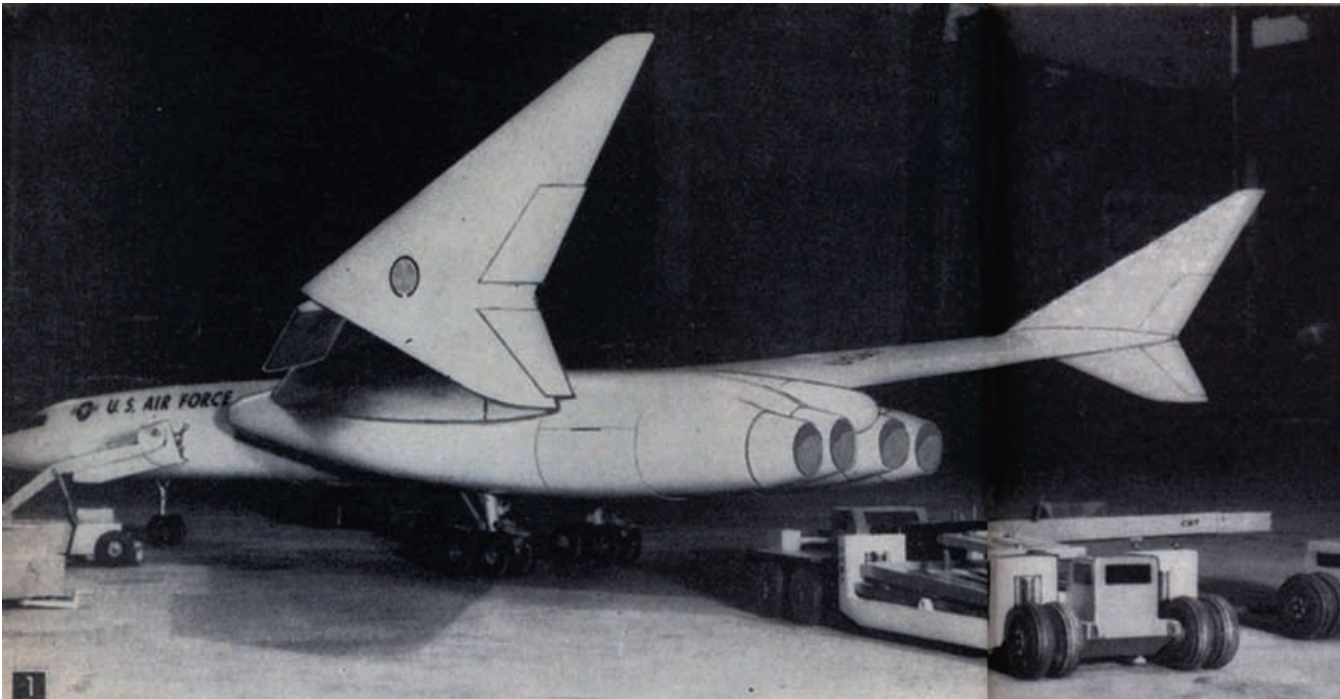


Foto: U.S. Air Force

Durch die westliche Presse geisterte Anfang der 1960er-Jahre das Projekt des nuklear angetriebenen Bombers NX2. Hier ein Modellfoto der Maschine.

Antrieb für Flugzeuge und Raketen für immer zerplatzt zu sein. Dieser Frustration war aber eine jahrelange Euphorie vorangegangen.

### Atomantrieb für Alle!

Die vollständige Zerstörung zweier japanischer Großstädte durch je nur eine einzige Bombe im August 1945 musste auch den stärksten Zweifler davon überzeugen, welche Kräfte durch nukleare Reaktionen entfesselt werden könnten. Schnell wurden Pressemeldungen herausgegeben, die auf die friedliche Nutzung der Atomenergie durch Reaktoren hinwiesen. Ohne die gewaltigen Rauchwolken der gegenwärtigen Kraftwerke könnte sauberer und günstiger Strom erzeugt werden. Wenn es gelang, die Atomreaktoren klein genug zu bauen, würden sie mit erhitzten Arbeitsmedien Schiffe sowie wahrscheinlich auch Flugzeuge und Raketen antreiben können. Die letzte Möglichkeit war schon ab 1940 in Deutschland diskutiert worden.

In der Raketen-Forschungsanstalt Peenemünde an der Ostseeküste hatten führende Wissenschaftler über eine mögliche Verwendung der Atomenergie für zukünftige

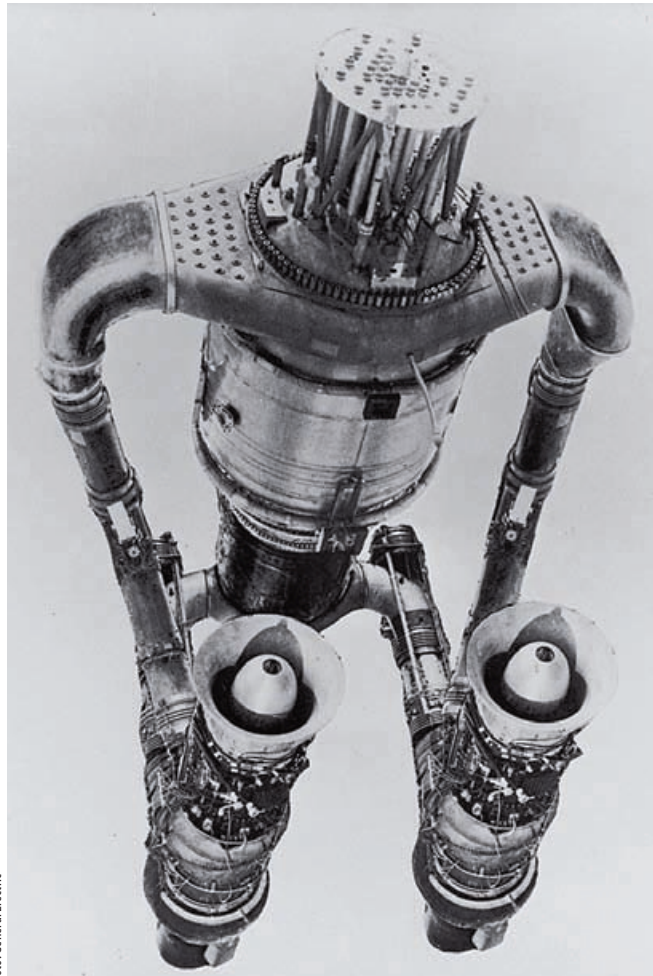


Foto: General Electric

Als Antrieb der NX2 waren zwei General Electric GE J-47 Triebwerkszwillinge vorgesehen. Außenluft sollte mit den Verdichtern angesaugt, durch den Reaktor geführt und dort erhitzt werden. Die heiße Luft wurde zurück ins Triebwerk geleitet, trieb dort je eine Turbine an und wurde dann zur Erzeugung von Rückstoß ausgeblasen. Diese nukleare Antriebskombination wurde als GE X-39 bezeichnet.

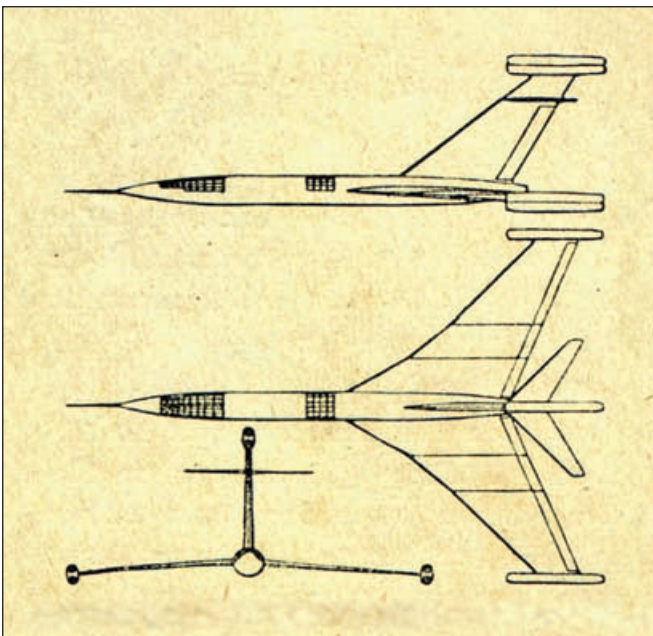


Abbildung: Archiv FliegerRevue

große Raketen diskutiert. Wernher von Braun und der Triebwerkspezialist Walter Thiel fuhren schließlich im Herbst 1942 nach Berlin-Dahlem, um den Physiker und Nobelpreisträger Werner Heisenberg zu besuchen und die Sache mit diesem Fachmann für Atomspaltung zu erläutern. Der Besuch führte zu einem Entwicklungsauftrag an die Forschungsanstalt der Reichspost (welche die Atomforschung verwaltungsmäßig leitete) vom 15. Oktober 1942: „2.) Untersuchung der Möglichkeit der Ausnutzung des Atomzerfalls und Kettenreaktion zum R-Antrieb.“

Links:

In der Mitte der 1950er-Jahre entwickelte sich die atomare Euphorie auch im Osten ungebrems. Die FliegerRevue veröffentlichte 1959 diese Zeichnung eines schnittigen sowjetischen Atomflugzeugs.

Die Indienststellung von nuklear angetriebenen U-Booten mit Atomraketen an Bord führte zu einer Verschiebung des strategischen Gleichgewichts und zu neuen Möglichkeiten bei der Analyse von Atomkriegs-Szenarien. Hier läuft das erste Boot dieser Kategorie, die USS „George Washington“, mit voller Kraft an der Meeresoberfläche.



Foto: U.S. Navy

Als der amerikanische Präsident John F. Kennedy 1961 seine Nation zur Durchführung einer Mondlandung bis zum Ende des Jahrzehnts verpflichtete, gab es keine Rakete, die solch eine Mission durchführen konnte. Deshalb griffen viele Planer auf die Möglichkeit eines atomaren Antriebs zurück: Unten: Das Mondfahrzeug selbst könnte mit einem Nuklearantrieb ausgestattet werden. Rechts: Eine Saturn I könnte mit einer nuklearen Oberstufe eine entsprechende Nutzlast zum Mond befördern.

Es ist nur zu vermuten, dass die Wissenschaftler in der amerikanischen Atomforschungsanstalt Los Alamos die deutschen Pläne kannten oder mit Wernher von Braun gesprochen hatten. Jedenfalls legten sie 1947 den Plan einer auf vierfache Größe gebrachten V-2-Rakete vor, deren Triebwerk durch einen Kernreaktor beheizt wurde. Auch eine Flugkörperversion mit einem nuklearen Staustrahltriebwerk wurde damals diskutiert. Es sind damit die ersten nachweisbaren Entwürfe für eine nuklear angetriebene Rakete und ein Flugzeug. Das amerikanische Militär konnte der Idee jedoch keinen Vorteil abgewinnen. Die Bomber der U.S. Air Force schienen ausreichend, um jeden Gegner durch den Abwurf von Atombomben zu bezwingen.

Die Marine arbeitete jedoch schon tatkräftig daran, Atomenergie zum Antrieb von Schiffen einzusetzen. Beson-

ders U-Boote würden davon profitieren, da sie nicht mehr auftauchen mussten, um an frische Luft für ihren Antrieb zu kommen. Im September 1954 wurde schließlich mit der USS „Nautilus“ das erste Atom-U-Boot der Welt in Dienst gestellt. Ab Ende 1959 verfügte die amerikanische Marine mit der USS „George Washington“ über das erste U-Boot, welches mit ballistischen Raketen bewaffnet war. Neben Torpedos hatte das U-Boot 16 Raketen vom Typ Polaris mit Atomsprenghköpfen an Bord. Die sich aus der Kombination von

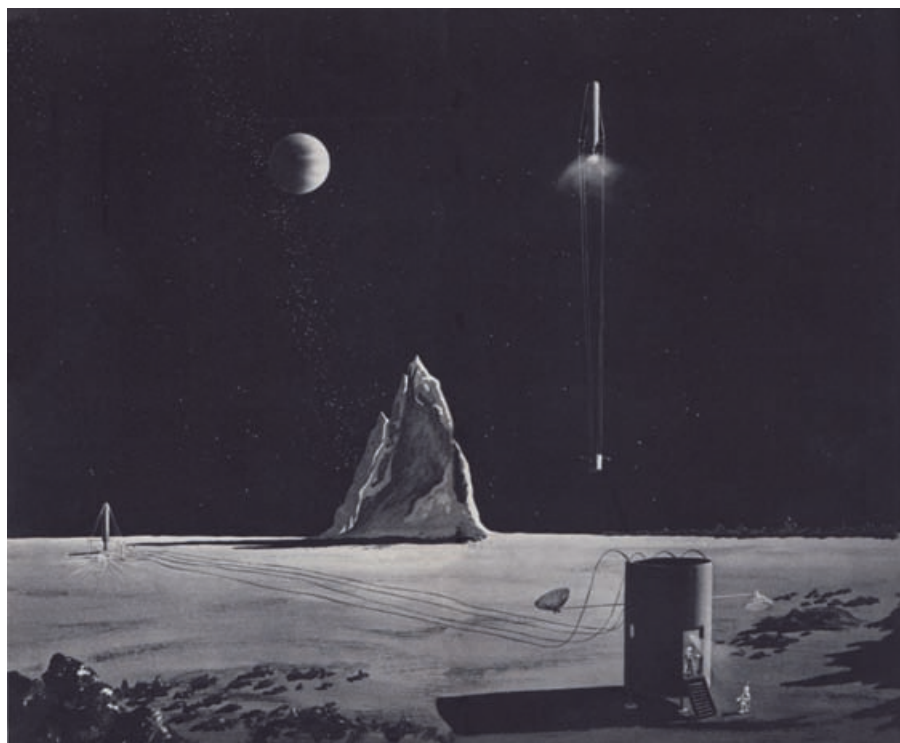


Abbildung: Sammlung Uwe W. Jack

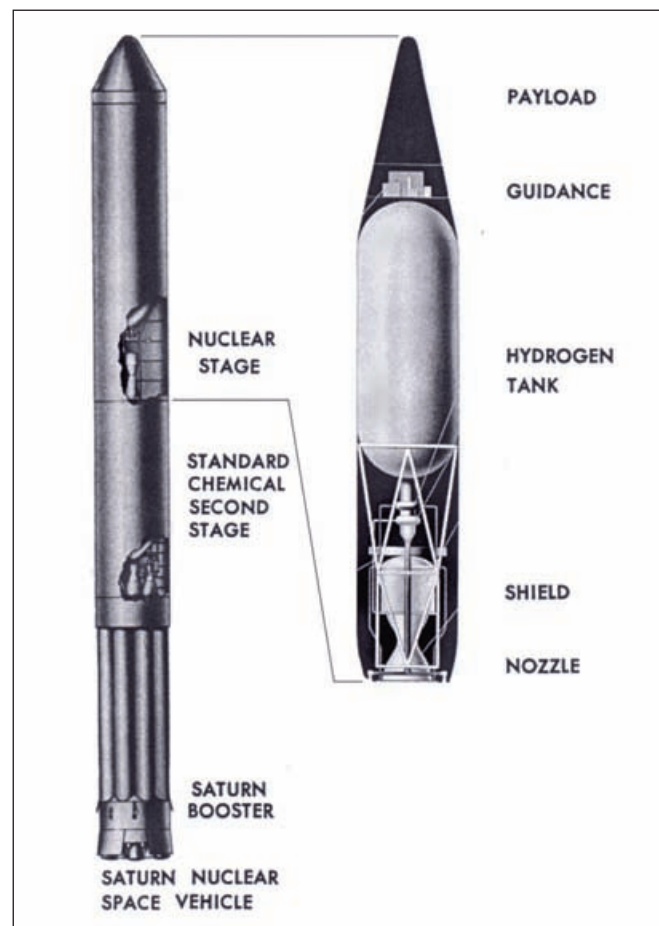


Abbildung: NASA



Foto: Ford

Nichts illustriert die Atom-Begeisterung der 1950er-Jahre besser, als diese Automobil-Studie von Ford. Ein kleiner Reaktor im Heck sollte dem Fahrzeug eine Fahrleistung von etwa 8000 Kilometern ohne Wechsel der Brennelemente verleihen.

langer Tauchzeit, damit ständigem Positionswechsel in der Nähe der generischen Küste, und der gleichzeitigen Bedrohung von mehreren Zielen ergebenden neuen strategischen Möglichkeiten veränderten das militärische Gleichgewicht erheblich zu Gunsten der USA. Wie sich noch zeigen wird, strebte die U.S. Air Force mittels atomgetriebener Flugkörper eine ähnliche Position auch in der Luft an.

Etwa um 1950 begann auf beiden Seiten des Eisernen Vorhangs der atomare Optimismus die technischen Zukunftsvisionen zu bestimmen. Grenzenlose, günstige und saubere Energie würde das Leben der Bevölkerung bereichern. Während im Westen der Fokus mehr auf den durch Atomstrom- und -antriebe erhöhten Lebensstandard gelegt wurde, sahen die Sowjetunion und ihre Verbündeten in der Atomenergie ein Vehikel, um die unausweichlich folgende sozialistische Gesellschaft den Menschen plausibel zu machen. Die FliegerRevue veröffentlichte kurze Artikel über sowjetische Atomflugzeug-Projekte und schrieb 1959 dazu, die UdSSR entwickle Atommotoren für Autos, Schiffe und Flugzeuge. Die Sowjetunion werde in den Vereinten Nationen allen interessierten Ländern ihre Erfahrung auf dem Gebiet der friedlichen Anwendung der Atomenergie unterbreiten. Die Vision von der Teilhabe an der Kernenergie und am Atom-antrieb sollte die Wahl des politischen Lagers für neutrale Nationen versüßen.

## Verschieden Arbeitsweisen

Während große Kernreaktoren bald zahlreiche Schiffe wie Flugzeugträger, U-Boote, Eisbrecher und sogar Handelsschiffe (zum Beispiel die „Otto Hahn“ der Bundesrepublik) antrieben, kamen nukleare Antrieb bei Luftfahrt-Projekten kaum voran. Es gibt dabei mehrere verschiedene Methoden, Atomenergie zum Antrieb von Luftfahrzeugen zu nutzen. Ein Kernreaktor erzeugt durch den Zerfall eines radioaktiven Materials Wärme, die ähnlich genutzt werden kann, wie bei einem Verbrennungsprozess. Analog zu einem Strahltriebwerk funktioniert der Direkt-Kreislauf-Antrieb.

## Direct-Circle-System

Ein Verdichter, meist mit mehreren Stufen, saugt in einem modifizierten Strahltriebwerk Außenluft an. Diese wird wie herkömmlich komprimiert und einem Erhitzungsprozess zugeführt. Im normalen Triebwerk schließt sich an den Verdichter die Brennkammer an, in welche Treibstoff einge-

Links: Der Entwurf von North American Aviation aus dem Jahr 1947 dürfte der erste sein, bei dem ein Reaktor als Antrieb für einen Staustrahl-Flugkörper geplant war. Unten: Der Flugkörper Regulus der Firma Vought konnte von U-Booten und Schiffen aus gestartet werden.

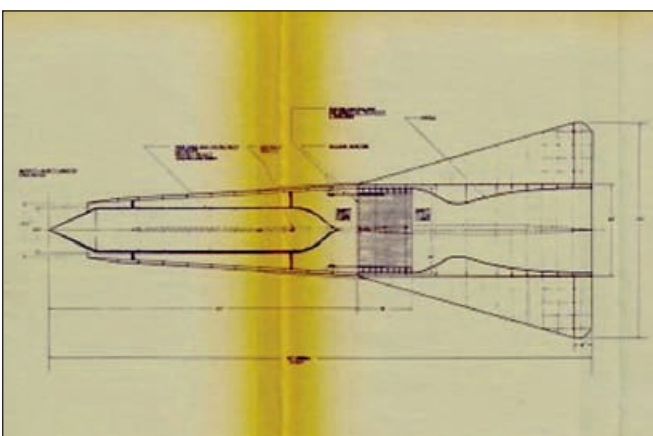


Abbildung: Sammlung Uwe W. Jack



Foto: Uwe W. Jack





Foto: Vought

Dieses Präsentationsmodell der Firma Vought zeigt die Auslegung von Pluto: Kleine Canards am Bug dienen der Steuerung und zwei der drei großen Heckflossen erfüllen auch die Aufgaben von Tragflächen. Der große Lufteinlauf unter dem Rumpf machte es notwendig, die Kernwaffen über dem Ziel nach oben auszustossen.

### Staustrahl-Prinzip

Ohne bewegliche Teile kommt der nukleare Staustrahlantrieb aus. Der Flugkörper muss sich dabei mit einer gewissen Mindestgeschwindigkeit durch die Luft bewegen. Es werden also ein Trägerflugzeug oder Startraketen benötigt. Durch eine Öffnung strömt die Außenluft in einen Kanal, an dessen hinterem Ende der Reaktor liegt. Dieser verfügt über zahlreiche Durchströmkanäle, in denen die Luft erhitzt wird. Durch den Staudruck am vorderen Ende des Flugkörpers kann die heiße Luft nur nach hinten ausweichen und erzeugt

so den Vortrieb. Damit können hohe Überschallgeschwindigkeiten bis zu Hyperschallflügen erreicht werden.

### Nuklear-Raketen

Eng verwandt mit dem Staustrahl-Antrieb ist das nukleare Raketentriebwerk. Hier kommt das Antriebsmedium nicht aus der Außenluft, sondern wird in einem Tank mitgeführt. Das Antriebsmedium wird in den Reaktor gepumpt, erhitzt und erzeugt beim Ausströmen dann Schub. Damit ist die Atomrakete auch im Weltraum einsetzbar. Die erreichba-

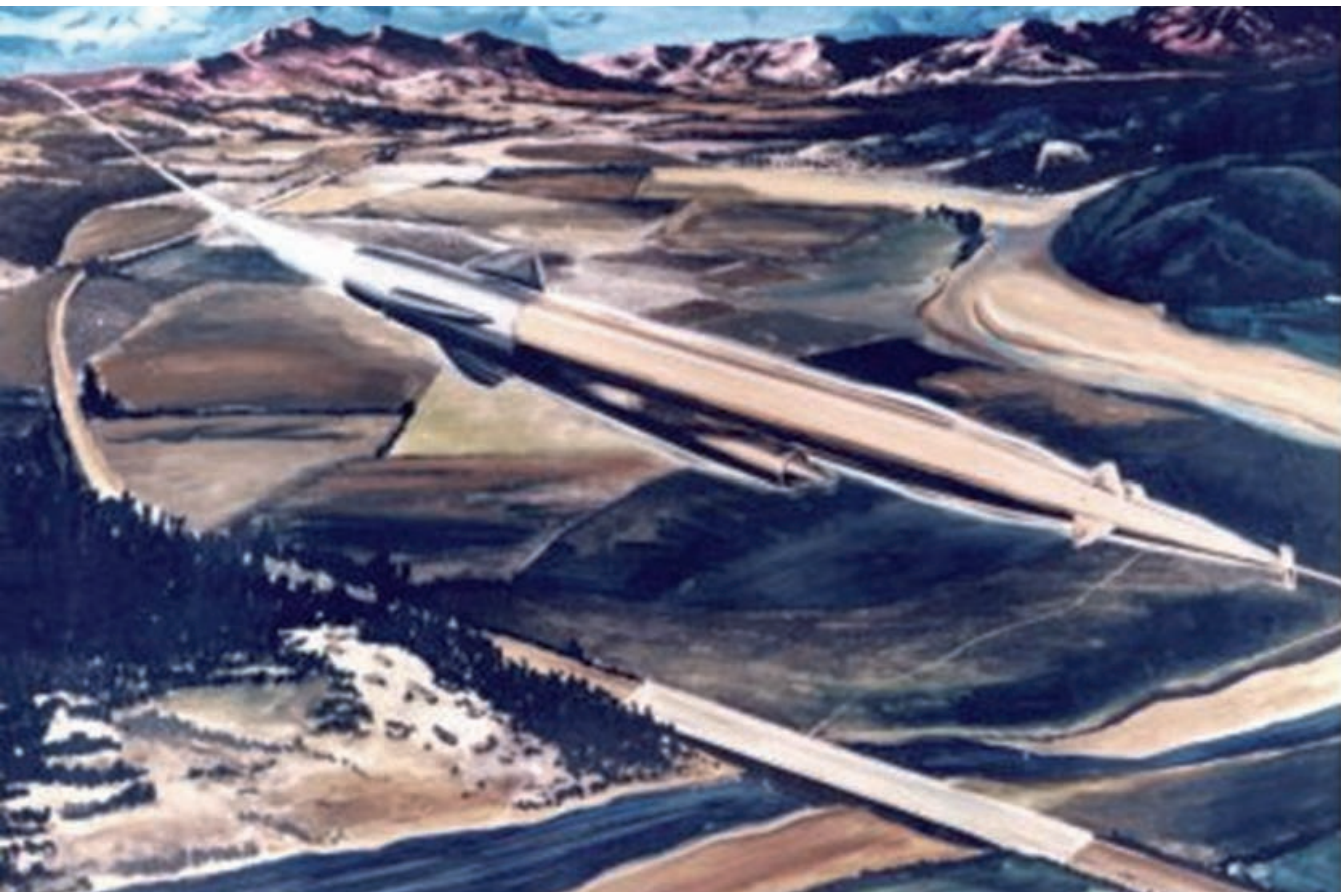
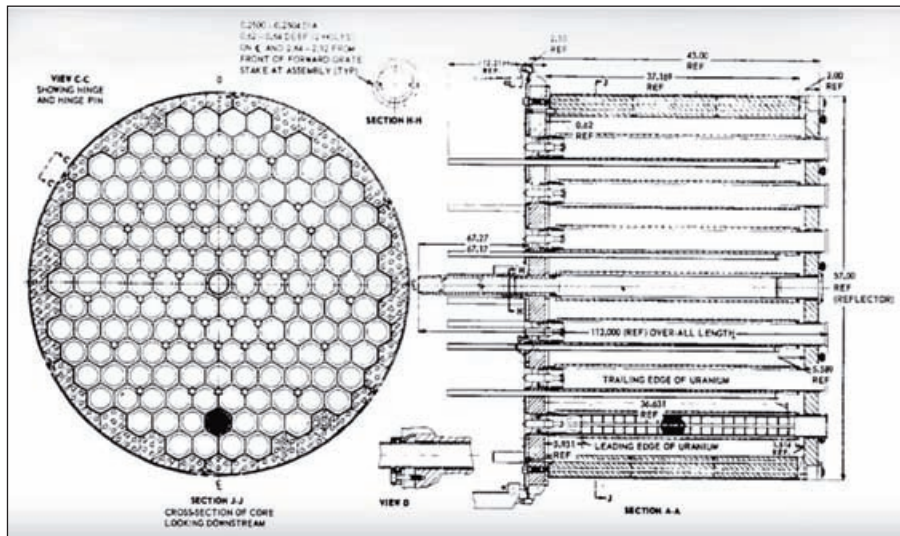


Abbildung: Vought

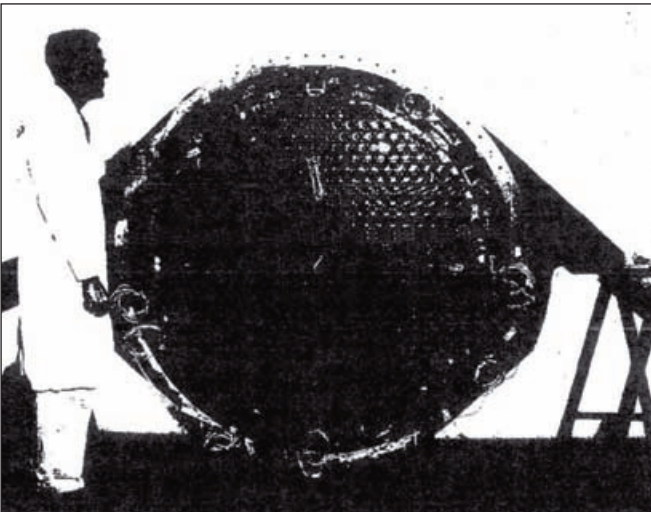
Pluto sucht sich seinen Weg zum nächsten Ziel. Im Laufe der Entwicklung wurden verschiedene Auslegungen zu Grunde gelegt. Diese hier unterscheidet sich vom Modell oben auf der Seite durch den geänderten Lufteinlauf.



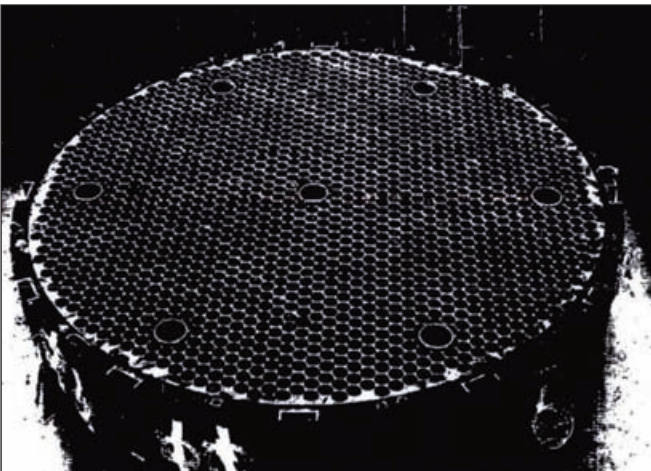
Oben: Der Reaktor der Pluto ist aus waabenförmigen Brennstäben aufgebaut, die von der Außenluft durchströmt werden. Rechts: Das Detail zeigt die vielen kleinen Luftkanäle im Reaktorkern.

re Endgeschwindigkeit ist nur durch den Treibstoffvorrat begrenzt. Allen Nuklear-Antrieben sind zwei Probleme gemeinsam. Kernreaktoren bestehen aus viel und sehr dichtem Metall, sie sind deshalb sehr schwer. Und Reaktoren strahlen radioaktiv. Dies ist gefährlich für eine Besatzung und für die an Bord befindliche Elektronik. Sie benötigen deswegen eine Abschirmung, die je nach notwendiger Stärke das Gewicht des Reaktors verdoppelt, sodass dieses im Bereich von mehreren Tonnen liegen kann. Wird das Fluggerät nur einmal und ohne Besatzung eingesetzt, kann die Abschirmung leicht gehalten werden. Etwa bei einem Marschflugkörper muss nur die Bordelektronik gesichert werden, da das Geschoss als Verlustgerät konzipiert ist. Wird der Antrieb für ein wiederverwendbares Flugzeug, wie einen Bomber oder gar für

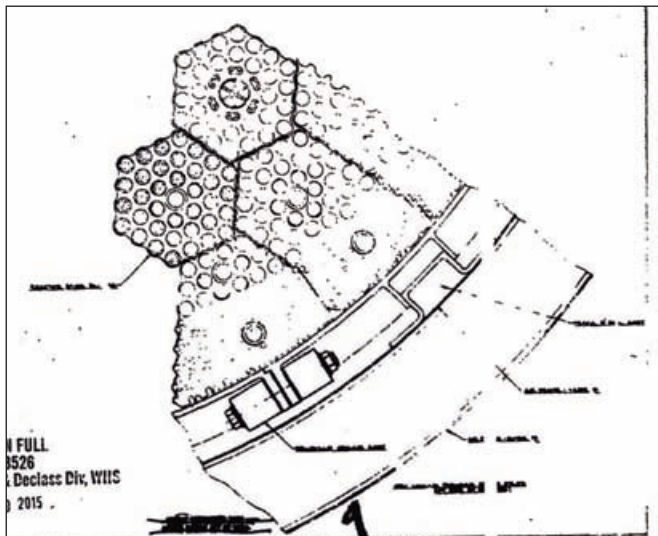
Diese drei Aufnahmen des Reaktorkerns stammen aus einem mikroverfilmten und 2015 freigegebenen Bericht der U.S. Air Force und sind daher leider sehr kontrasthart. Oben: Größenvergleich des Reaktors mit einem Techniker.



Unten links: Die Struktur des Reaktors aus sechseckigen Brennelementen.



Unten rechts: Aus dieser Ausströmöffnung wird die erhitzte Luft in die Düse geleitet.



eine Passagiermaschine genutzt, muss die Abschirmung hundertprozentig sicher sein. Damit wird deutlich, dass nukleare Antriebe nur für Flugzeuge ab einer bestimmten Größe sinnvoll sind. Jagdflugzeuge damit auszurüsten, ist nicht möglich.

Ein stetes Risiko bei Nuklearantrieben ist eine mögliche Kontaminierung der Umwelt. Der direkte Kontakt von Außenluft mit dem Reaktor führt zum Austausch von radioaktiven Strahlungspartikeln. Auch über einen Wärmetauscher kann Radioaktivität in die Umwelt gelangen. Die Entsorgung der radioaktiv belasteten Teile eines Flugzeugs am Ende der Einsatzdauer bringt ähnliche Probleme, wie die Abschaltung eines Kernkraftwerks. Auf die Risiken eines Flugzeugabsturzes mit einem Kernreaktor an Bord braucht wohl nicht im Detail eingegangen zu werden.

### NB-36H – die Probe aufs Exempel

Seit 1948 wurde in den USA mit dem Projekt NEPA (Nuclear Propulsion for Aircraft) eine Möglichkeit zum atomaren Antrieb für Flugzeuge untersucht. Obwohl der berühmte Atomforscher J. Robert Oppenheimer in dieser Arbeitsgruppe mitwirkte, führte die NEPA ein Schattendasein. In einer grundlegenden Studie hatte die Arbeitsgruppe prognostiziert, dass die Entwicklung eines flugfähigen Reaktors und des dazugehörigen Antriebssystems mindestens 15 Jahre dauern und etwa eine Milliarde Dollar verschlingen würde. In dieser Zeit, so die Studie, sei zu erwarten, dass andere militärische Systeme, wie Fernraketen oder herkömmliche

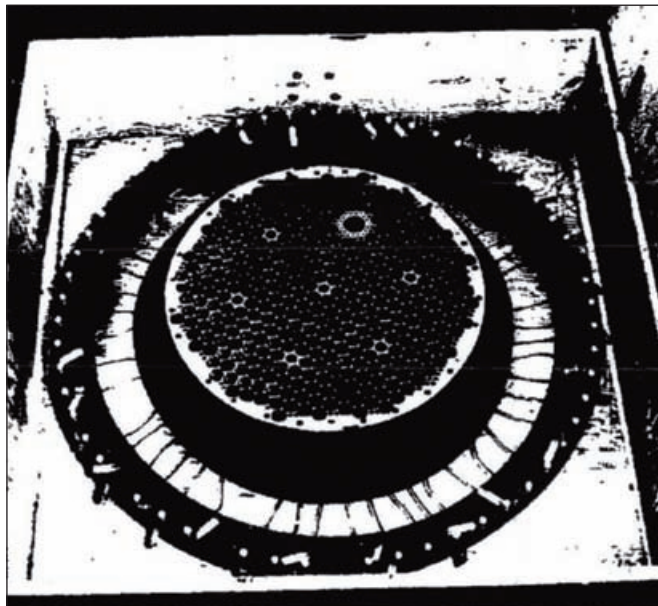


Abbildung: U.S. Air Force

3 Abbildungen: U.S. Air Force



Die NB-36H im Flug. Das Warnzeichen am Leitwerk für den fliegenden Kernreaktor ist deutlich sichtbar.

Foto: U.S. Air Force

Marschflugkörper einsatzbereit wären und damit die zu erwartenden Vorteile eines Atomflugkörpers nicht mehr benötigt würden.

Die Wissenschaftler befassten sich mit dem Reaktortyp, der mit schnellen Neutronen arbeitet, da hier die notwendige Abschirmung dünner sein konnte als bei den üblichen langsamen Neutronen. Damit würde ein fliegender Kernreaktor etwa 50 Tonnen wiegen, verglichen mit 200 Tonnen für den langsamen Typ. Der Antrieb würde als Direct-Circle erfolgen. Mit zwei General Electric J-47 Triebwerkszwillingen würde das gesamte Antriebssystem 58 Tonnen wiegen. Das einzige Flugzeug, welches solch ein Gewicht bewältigen konnte, war die Convair B-36.

Dem Bomber mit seinen sechs Schubpropellern und vier Zusatz-Strahltriebwerken wurde der Reaktor in den hinteren Bombenraum eingebaut. Die entstandene Maschine wurde als NB-36H (Nuclear B-36H) bezeichnet. Da es sich um ein Versuchsflugzeug handelte, kommt in der Literatur auch oft die Bezeichnung Convair X-6 oder NTA (Nuclear Test Aircraft) vor. Auf die Installation der beiden J-47-Zwillinge wurde verzichtet. In einer späteren Versuchsphase, die nie durchgeführt wurde, sollten die vier Triebwerke unter dem Rumpf angebaut werden.

Ein Versuchsreaktor wurde nur für den Bodenbetrieb in Forth Worth in Texas gebaut und parallel ein Flugsystem. Der vordere Rumpf für die vierköpfige Besatzung wurde mit einer starken Abschirmung versehen. Vom Reaktor trennte sie ein vier Tonnen schweres Bleischott. Dieses Rumpfvorderteil konnte als komplette Einheit abgenommen werden. Der Reaktor sollte – ohne dass er etwas zum Antrieb beitrug – im Flug erprobt werden.

Der erste Flug der NB-36H fand am 17. September 1955 statt. Bis 1957 wurden 47 Flüge durchgeführt, bei denen auf 27 Missionen der Reaktor betrieben wurde. Es geht die Geschichte um, dass bei jedem Versuchsflug ein Transporter mit bewaffneten Fallschirmjägern mitflog, welche bei einer eventuellen Notlandung das Versuchsflugzeug sichern sollten. Ohne dass jemals der Versuch gemacht wurde, den

Kernreaktor zum Antrieb heranzuziehen, wurde die NB-36H im Jahr 1958 verschrottet.

Untersuchungen während und nach den Flügen hatten ergeben, dass ein Einsatz wie geplant, als Bomber mit wochenlanger Standzeit in der Luft, nicht möglich war. Selbst die tonnenschwere Abschirmung konnte der Besatzung eine gewisse radioaktive Verstrahlung nicht ersparen. Bei einem tagelangen Aufenthalt an Bord hätte dies zu erheblichen Gesundheitsproblemen der Crew geführt. Und auch das Flugzeug selbst litt unter der Strahlung. Gummi wurde durch Radioaktivität hart und brüchig, etwa die Reifen des Fahrwerks.

Ähnlich verfuhr auch die Sowjetunion. Eine modifizierte Tupolew Tu-95 hatte einen Reaktor an Bord. Wie beim amerikanischen Gegenstück konnte mit dem Reaktor der Tu-95LaL kein Triebwerk angetrieben werden. Der Reaktor wurde im Flug angefahren, um den Betrieb in einem Flugzeug zu unter-



Mit dem Abwurf der drei Boosterraketen beginnt die tödliche Mission von Pluto.

Abbildung: Vought

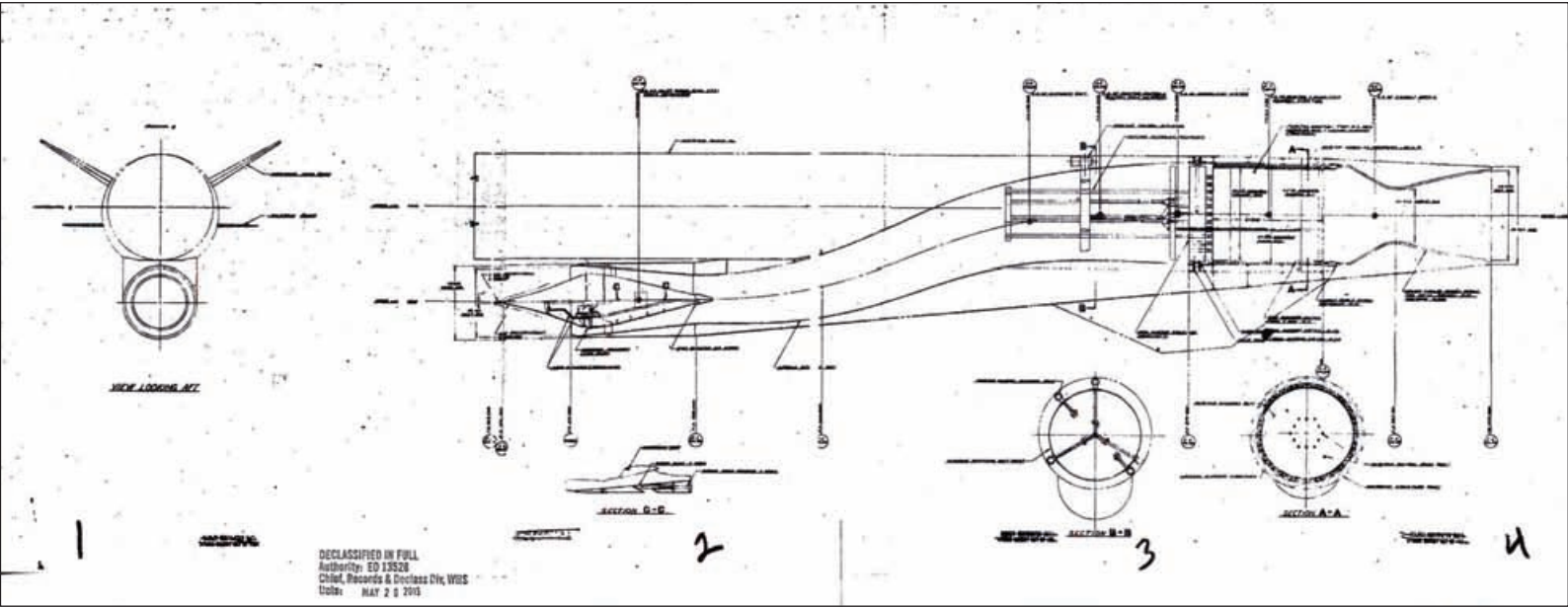
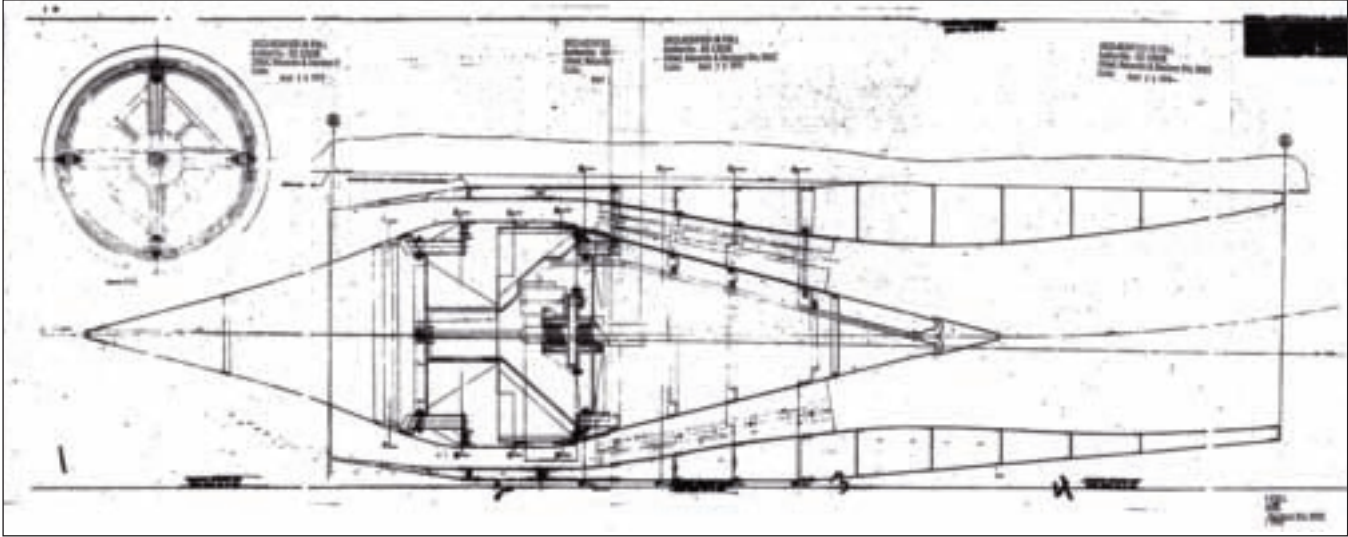


Abbildung: U.S. Air Force

Die Zeichnungen des Pluto-Antriebssystems zeigen oben die Gesamtauslegung mit dem gewundenen Luftkanal und rechts den Verdrängungskegel im Lufteinlauf.

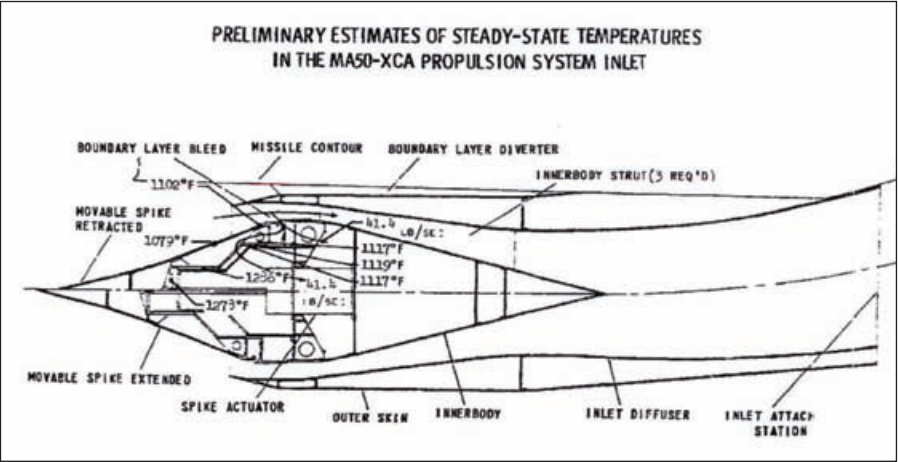


suchen und den Strahlenschutz für die Besatzung zu testen. Die als Tu-119 geplante Einsatzversion als Fernbomber wurde nie gebaut.

**Fehlender militärischer Nutzen**

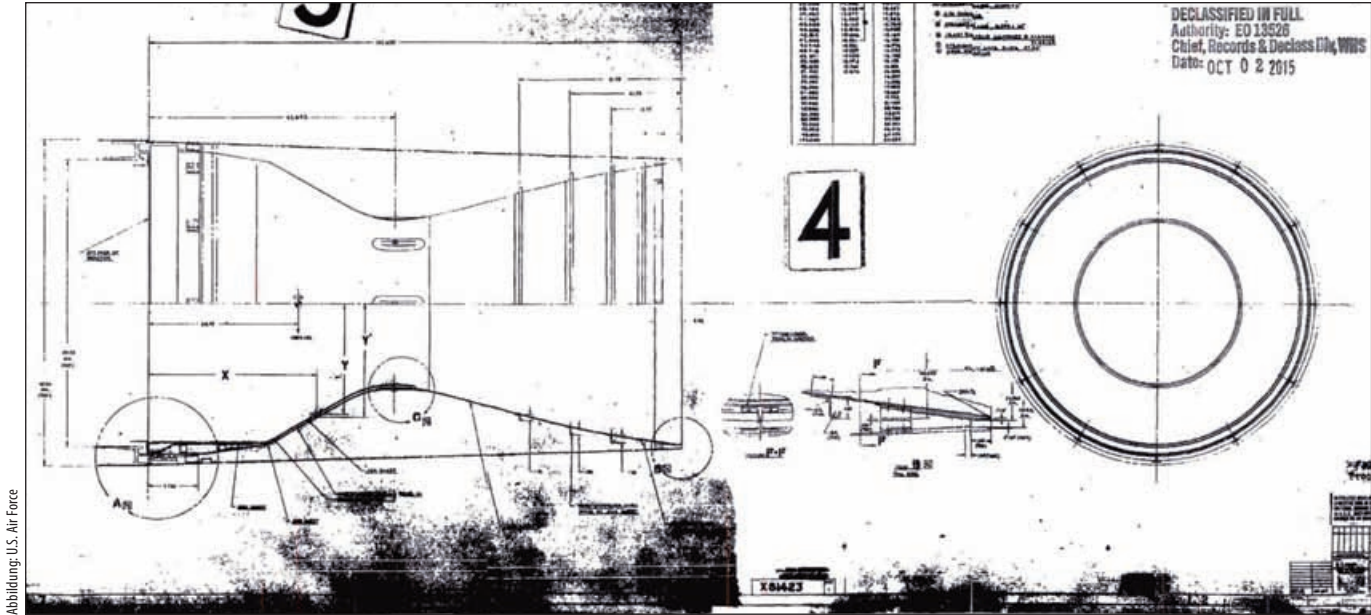
Auch der militärische Nutzen des Systems wurde nicht deutlich. Ein Bomber, der nur mit Unterschallgeschwindigkeit flog, war durch die sich jetzt durchsetzenden Flugabwehrraketen gefährdet. Dabei spielte die Antriebstechnik keine Rolle. Der Vorteil der atomaren Triebwerke, die lange Standzeit im Flug, erwies sich im Vergleich zum technischen und finanziellen Aufwand als nicht ausschlaggebend. Ein

Die Luft erhitze sich im Einlauf bis auf über 600 Grad Celsius.



| VOUGHT PLUTO (SLAM)                           |                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Verwendung                                    | unbemannter Atombomber                           |
| Länge                                         | 26,80 m                                          |
| Rumpfdurchmesser                              | 1,50 m                                           |
| Startmasse                                    | 27 540 kg                                        |
| Antrieb                                       | 1 x TORY-II Reaktor mit 17 230 kp (170 kN) Schub |
| Höchstgeschwindigkeit in 300 Metern Flughöhe  | Mach 3,5                                         |
| Höchstgeschwindigkeit in 9000 Metern Flughöhe | Mach 4,2                                         |
| Reichweite in 300 Metern Flughöhe             | 21 300 km                                        |
| Reichweite in 9000 Metern Flughöhe            | 182 000 km                                       |
| Zuladung                                      | circa 4000 kg                                    |
| Waffenlast                                    | 2500 kg                                          |

Abbildung: U.S. Air Force



Die Zeichnung der Düse des Nuklearantriebs zeigt eine große Ähnlichkeit mit einem Raketentriebwerk.

Bomberverband konnte mit Nuklearantrieb im Alarmfall mehrere Tage (gehofft wurde auf einige Wochen) vor dem sowjetischen Luftraum kreuzen und auf Kommando schnell seine Ziele in Russland ansteuern. Dies hätte eine zusätzliche Warnstufe in einer Krisensituation vor dem eigentlichen Atomschlag eingeschoben. Es wäre also zugleich ein politisches Druckmittel gegenüber der Sowjetunion gewesen. Mit der Einführung der fliegenden Stationierung von B-52-Bombern an sogenannten Fail-Save-Positionen nahe des sowjetischen Luftraums, wurde dieses Druckmittel auch ohne Atomtrieb erreicht.

Zwei technische Entwicklungen machten die weiteren Arbeiten an atomar angetriebenen Bombern überflüssig. Die

Raketentechnik war Ende der 1950er-Jahre in Ost und West soweit fortgeschritten, dass es möglich war, einen Atomsprenkopf über interkontinentale Entfernung mit einer Rakete zu transportieren. Ließ die Zielgenauigkeit anfangs noch zu wünschen übrig, konnte in diesem Bereich auf eine

| VOUGHT PLUTO (SLAM) – DATEN DES REAKTORS |                   |
|------------------------------------------|-------------------|
| Durchmesser                              | 145,4 cm          |
| Länge                                    | 163,2 cm          |
| Kern-Durchmesser                         | 120,0 cm          |
| Kern-Länge                               | 128,8 cm          |
| Kritische Uran-Masse                     | 59,9 kg           |
| Leistung                                 | 600 MW/Std        |
| Mittlere Kern-Temperatur                 | 1280 Grad Celsius |

| VOUGHT PLUTO (SLAM) – WAFFENLADUNGEN – VERSCHIEDENE VERSIONEN |      |                 |
|---------------------------------------------------------------|------|-----------------|
| Wasserstoffbombe                                              | 1 x  | 26 Megatonnen   |
| Wasserstoffbombe                                              | 5 x  | 1,3 Megatonnen  |
| Wasserstoffbombe                                              | 9 x  | 1,1 Megatonnen  |
| Wasserstoffbombe                                              | 14 x | 0,75 Megatonnen |
| Spaltungsbombe                                                | 16 x | 200 Kilotonnen  |
| Spaltungsbombe                                                | 36 x | 50 Kilotonnen   |
| Spaltungsbombe                                                | 42 x | 5 Kilotonnen    |

| VOUGHT PLUTO (SLAM) – STRUKTURMASSEN (FRÜHE VERSION) |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Tragflächen                                          | 758 kg    |
| Heckflosse                                           | 304 kg    |
| Steuerflächen                                        | 167 kg    |
| Summe aerodynamische Flächen                         | 1229 kg   |
| Rumpfnase                                            | 223 kg    |
| Vorderteil                                           | 486 kg    |
| Mittlerrumpf                                         | 1519 kg   |
| Heck                                                 | 1595 kg   |
| Heckkonus                                            | 348 kg    |
| Summe Rumpfteile                                     | 4171 kg   |
| Reaktor und Hülle                                    | 5836 kg   |
| Lufteinlauf                                          | 1822 kg   |
| Abschirmung                                          | 2247 kg   |
| Steuerung                                            | 280 kg    |
| Summe Antrieb                                        | 10185 kg  |
| Nutzlast und Auswurfvorrichtung                      | 3919 kg   |
| Flugmasse                                            | 22 294 kg |
| Feststoffbooster (3 Stück)                           | 24 676 kg |
| Abhebegewicht                                        | 46 970 kg |

Diese Analyse der durchströmten Flächen zeigt, dass die Luft im Reaktor durch den engeren Querschnitt stark beschleunigt wird, bevor sie erhitzt in die Düse gelangt.

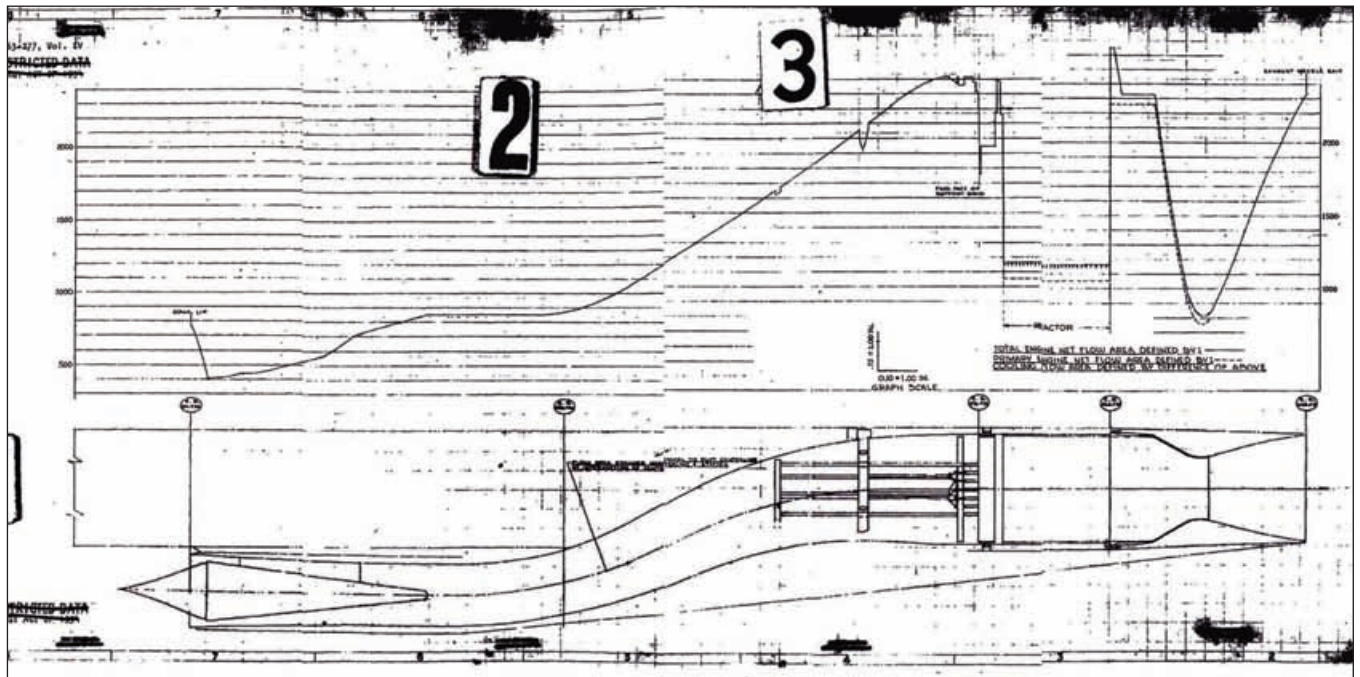


Abbildung: U.S. Air Force

stete Verbesserung gehofft werden. Diese Raketen unterstanden in den USA der Luftwaffe, die hier aus Sicherheitsgründen (und wohl auch, da die höheren Dienstgrade im Zweiten Weltkrieg meist in Bombern geflogen waren) auf ihre Bombenflugzeuge nicht verzichten wollte.

Anders bei der Navy. Der Atomtrieb eröffnete völlig neue strategische Elemente. Flugzeugträger konnten jahrelang ohne Nachtanken operieren. U-Boote konnten nahezu unbegrenzt tauchen und waren dadurch nur schwer zu entdecken. Die Stationierung von U-Booten mit Mittelstreckenraketen nahe der sowjetischen Hoheitszone eröffnete das Mittel zur Abschreckung mit einem sicheren Zweitschlag. Zu einem Erstschlag, wie die UdSSR damals behauptete, waren die U-Boote mangels genauer Positionsbestimmung nicht in der Lage. Die inertielle Navigation mit Kreiselkompassen wurde bei längerer Standzeit unter Wasser immer ungenauer. Die Abweichung der Kreiselkompass von der wahren

Position wurde mit der Zeit durch Präzession und Manöver des Bootes größer. Die abgefeuerten Raketen konnten damals auch noch nicht ihre Position im Flug bestimmen. So konnten hauptsächlich Flächenziele angegriffen werden.

### Ein Flugkörper als ultimative Waffe

Die Idee der Stationierung von Atomraketen auf U-Booten nahe der sowjetischen Grenze weckte auch bei der U.S. Air Force Begehrlichkeiten auf ein solches – natürlich fliegendes – Waffensystem. Gewissermaßen als Abfallprodukt der beim Programm NEPA untersuchten Antriebskonzepte gab es noch keine Anwendung für das nukleare Staustrahltriebwerk. Da bei einem nuklear angetriebenen Bomber die Besatzung einem hohen Gesundheitsrisiko ausgesetzt sein würde, wurden Überlegungen angestellt, auf Menschen an Bord völlig zu verzichten. Dadurch fiel die gesamte Abschirmung, außer für das Geräteabteil, weg. Mit einer hohen

Der Versuchsreaktor TORY-IIA auf dem Gelände des Lawrence Livermore National Laboratory mit dem simulierten Staustrahltriebwerk. Die Anlage war auf einem Eisenbahnwagen montiert.

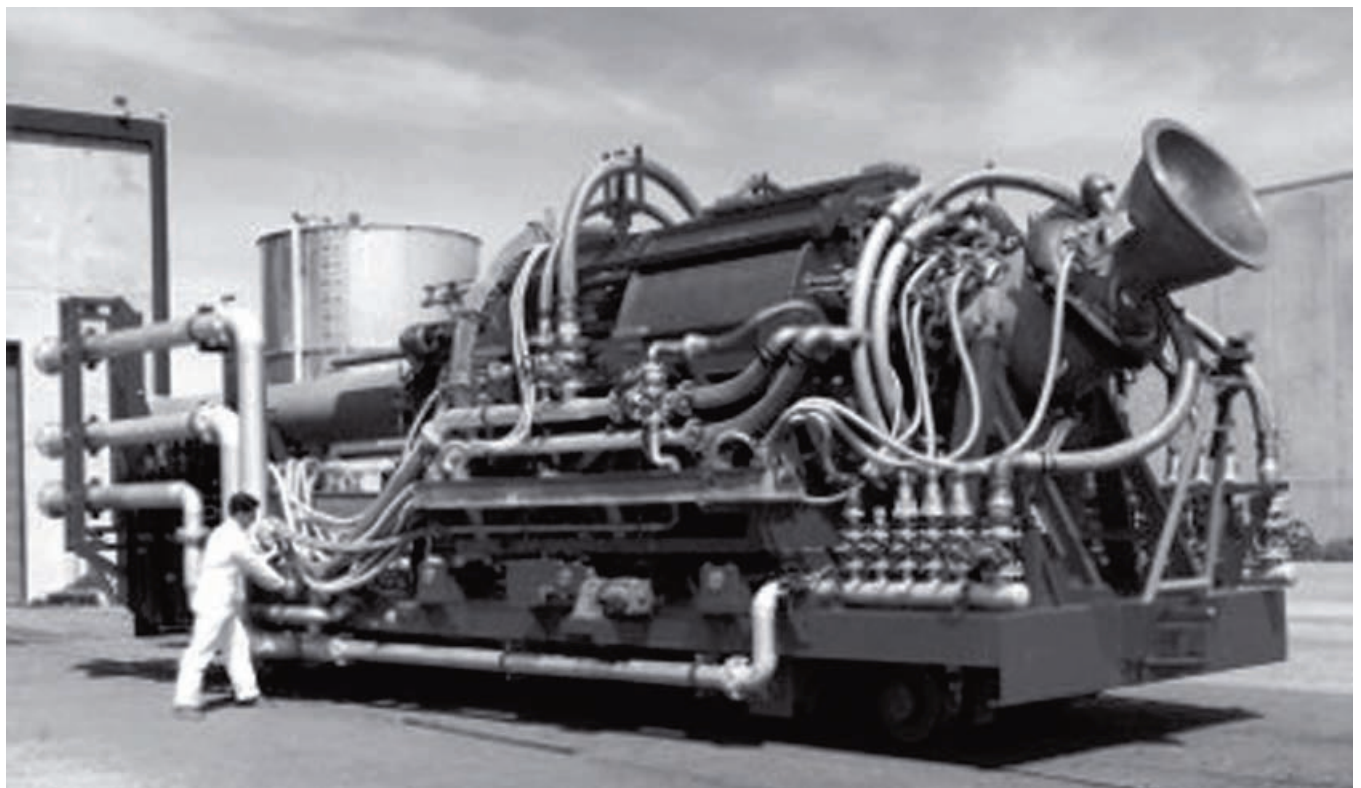


Foto: public domain



Foto: NASA

Geschwindigkeit im Bereich von deutlich über Mach 3 und Flügen im Tiefstflug wäre die Gefahr durch Flugabwehrraketen nur noch minimal gegeben. Im Jahr 1956 stellte die amerikanische Luftwaffe deswegen eine Forderung für die Entwicklung eines atomar angetriebenen und unbemannten Flugkörpers mit atomarer Bewaffnung auf.

Nach einigen grundlegenden Studien wurde am 1. Januar 1957 von der U.S. Air Force der formelle Entwicklungsauftrag für den Antrieb eines solches Waffensystem an das Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien vergeben. Die

Arbeiten liefen unter dem Kürzel SLAM (Supersonic Low Altitude Missile), der Reaktor und der Flugkörper selbst wurden als Pluto bezeichnet. Das ließ für die Sowjets wenig Gutes erwarten, Pluto war in der griechischen Mythologie der Herrscher der Unterwelt. Er war der unsichtbare Bringer von Unheil und Tod und wurde von allen Menschen gefürchtet.

Der Name war passend gewählt. Das Pluto-Fluggerät sollte vom amerikanischen Festland entweder aus verbunkerten Stellungen oder von mobilen Startrampen mittels dreier kleiner oder einer großen Feststoffrakete gestartet werden.

Ein Modell von Pluto mit den Feststoffboostern im Windkanal. Wie oft bei aerodynamischen Versuchen, ist das Modell mit der Oberseite nach unten angebracht.



Foto: public domain

Der modifizierte Testreaktor TORY-IIIC mit dem Triebwerk wird mit der Werkbahn zur Testposition gefahren.

Diese Aufnahme des Windkanalmodells der Pluto von der Seite zeigt die vergleichsweise kleinen Flügel bzw. Flossen. Die Spitzen der Feststoffbooster sind nach außen geneigt, um das Loslösen vom Flugkörper nach Brennschluss durch die Windkräfte zu erleichtern.

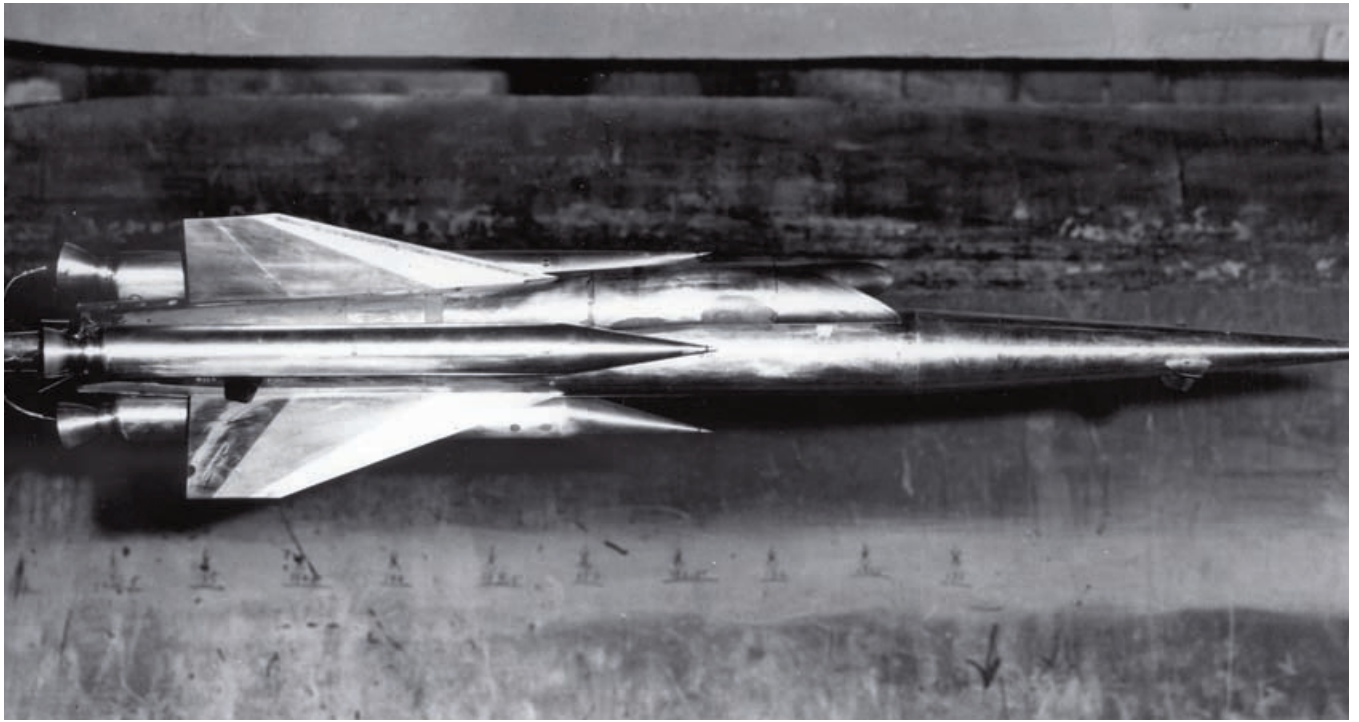


Foto: NASA

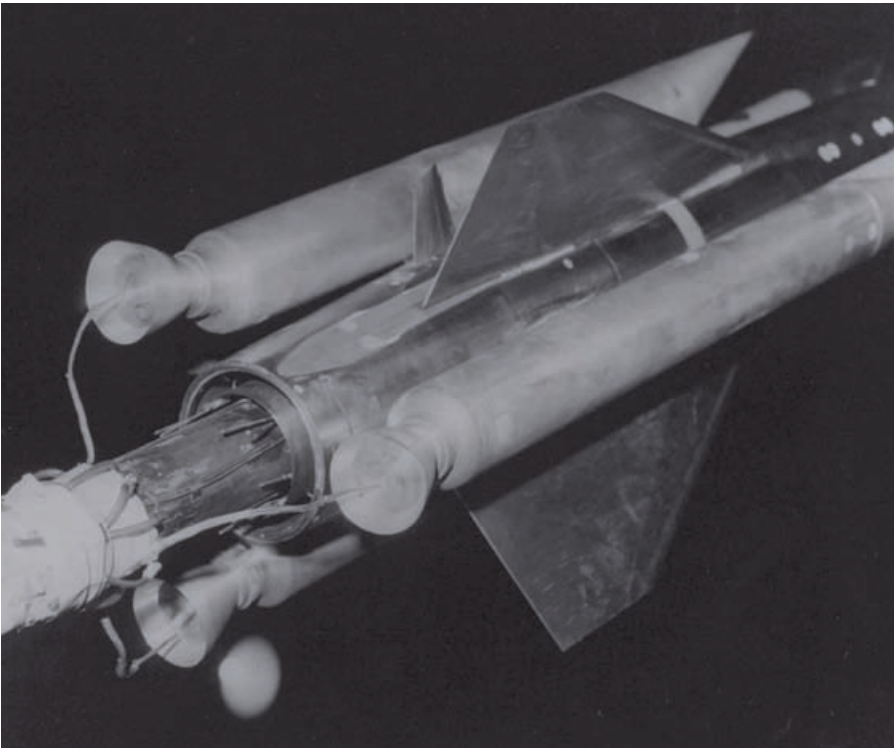


Foto: NASA

In dieser Nahaufnahme des Windkanalmodells ist eine kleine zusätzliche Flosse dicht am Booster zu erkennen.

Nach 30 Sekunden hatte das Gespann eine Höhe von 10 000 Metern und Mach 3 erreicht und die Booster wurden abgeworfen. Pluto schwenkte dann in einen Übergangskurs zum Operationsgebiet ein. Hier, unmittelbar vor der sowjetischen Hoheitsgrenze, konnte Pluto mehrere Tage (optimistischen Schätzungen zufolge sogar mehrere Monate) in Warteschleifen auf das Einsatzkommando warten. Dabei bewegte sich Pluto im Tiefstflug auf unregelmäßigen Kursen und war so kaum abzuwehren. Mit jeweils 16 (bei anderen Versionen bis 52) Wasserstoffbomben oder normalen Atombomben an Bord, war eine Flotte von kreisenden Pluto die ultimative Drohung gegenüber der UdSSR. Die finanziellen Planungen gingen von einer Beschaffung von 50 Pluto-Systemen aus.

Kam der Einsatzbefehl, drang Pluto in den Luftraum der Sowjetunion ein. Wäre der nukleare Konflikt schon ausgebrochen, hätte sich Pluto sofort auf den Weg zum ersten Ziel gemacht. Hier zeigte sich der Vorteil des Flugkörpers

gegenüber der ähnlich gelagerten Abschreckung durch Atom-U-Boote. Bis zum Einsatzbefehl navigierte Pluto mit einer Initialsteuerung durch Kreiselplattformen, die genauso fehlerbehaftet war, wie die der U-Boote. Gelangte Pluto aber über Land, konnte das Steuersystem die Bilder einer Videokamera und die Radardaten mit gespeicherten Landschaftsprofilen vergleichen. Bestimmte Bodenmerkmale verhalfen dem Flugkörper zu einer Korrektur seiner Navigationsdaten, die von Abgleich zu Abgleich immer genauer wurden. Von diesem TERCOM (Terrain Contour Matching) genannten System profitierten auch andere amerikanische Flugkörper und auch heute noch orientieren sich Marschflugkörper besser am Gelände als an den GPS-Daten von Satelliten, die gestört und korumpiert werden können.

Pluto navigiert auf verschlungenen Kursen, um Radarstellungen zu entgehen, von Ziel zu Ziel. Hier stößt der Flugkörper eine Wasserstoffbombe nach oben aus dem Rumpf aus und nimmt Kurs auf das nächste Ziel. Dabei ist nicht nur die Sprengwirkung der Bomben als Waffe gedacht. Ein Flugkörper, der mit Mach 3 wenige Dutzend Meter über dem Boden dahinstrast, erzeugt einen Lärmkegel mit Spitzenwerten von 162 dB. Dieser zerstört alle Glasflächen und Gebäude im unmittelbaren Kursbereich und schädigt auch die Menschen am Boden nachhaltig. Die zum Antrieb ausgestoßene Luft ist auch leicht radioaktiv kontaminiert. Wenn Pluto alle seine Bomben platziert hat, kurvt er weiter im Tiefstflug kreuz und quer über der Sowjetunion, um mit seinem Lärmkegel möglichst viel Schaden anzurichten. Lässt die Energieerzeugung des Reaktors schließlich nach, stürzt Pluto ab und verseucht dann die Absturzstelle noch radioaktiv.

## Der Versuchsreaktor

Bei Lawrence machte man sich sofort an die Arbeit und erwarb ein 21 Quadratkilometer großes Wüstengelände für 1,2 Millionen Dollar. Hier sollten die Bodentests mit dem Reaktor stattfinden.

Das Gelände wurde mit dem Geheimcode Site 401 bezeichnet. Bei den Studien hatte man sich auf eine Flugeschwindigkeit des Flugkörpers von Mach 3 bis 4,5 geeinigt. Zur Simulation des Staustrahleffektes beim Versuchsbetrieb des Reaktor sollte komprimierte Luft aus einem Tank in den Reaktor geblasen werden. Dieser Tank bestand aus 40 Kilometern Pipelinerohren und konnte 450 Tonnen kompri-



mierter Luft speichern. Doch diese riesige Anlage war verglichen mit den anderen Herausforderungen des Projektes nur Alltagsgeschäft. Da der Reaktor möglichst klein und leicht sein sollte, waren an die Materialien der Struktur höhere Anforderungen gestellt, als bei einem Reaktor, der Schiffe antreiben soll.

Am 14. Mai 1961 schließlich konnte der Reaktor TORY erstmals mit dem Staustrahltriebwerk in Betrieb genommen werden. Der nur wenige Sekunden dauernde Lauf bewies aber die Durchführbarkeit des Projektes. 1964 konnte ein Versuchsreaktor schon einige Minuten betrieben werden. Kurz darauf wurde das Projekt Pluto/SLAM beendet.

## Der Flugkörper

Der Auftrag zur Entwicklung des Flugkörpers für das Pluto-System ging an die Firma Vought Aircraft Industries Inc. Bei Vought hatte man den ersten einsatzfähigen Marschflugkörper der USA, die Regulus entwickelt, die gerade im Jahr 1955 in Dienst gestellt worden war. Im Jahr 1957 stellte die Navy ihren ersten zum Überschallflug fähigen Jet, die Vought F-8 Crusader, in Dienst. Die Firma war also prädestiniert, einen solchen Flugkörper zu schaffen.

Als das Konstruktionsteam von den vom Auftraggeber erwarteten Flugleistungen Kenntnis bekam, machte sich keine Begeisterung breit. Der Geschwindigkeits-Weltrekord für Flugzeuge stand 1957 bei 1822 km/h – und zwar erreicht durch die britische Fairey Delta 2. Der Lockheed Starfighter, der diese Marke im Mai 1958 auf 2260 km/h schrauben sollte, befand sich bei Auftragserteilung für Pluto noch vor der Indienststellung. Einem der Ingenieure von Vought wird der Ausruf zugeschrieben: „Das ist ja, als hätte man von den Brüdern Wright den Bau eines Düsenjägers verlangt!“

Dennoch gelang es Vought, einen Entwurf zu erarbeiten, der aerodynamisch die geforderte Leistung erbringen konnte. Windkanaluntersuchungen bestätigten die Auslegung mit kleinen Canards am Bug und drei großen Flossen am Heck als stabil in allen Flugprofilen. Beim Flug mit bis zu Mach 4,5 ergeben sich erhebliche thermische Belastungen der Zelle, welche spezielle Materialien zum Bau erfordern. Die Hitze des Reaktors und seine radioaktive Strahlung erschweren noch die Auswahl der Baustoffe.

Im Juli 1964 wurde das ganze Projekt eingestellt. Es waren Unmengen von Geld in die Versuche geflossen, aber die Erfolgsaussichten, einen einsatzfähigen Flugkörper zu erhalten, waren schließlich doch gering und es gab verlässliche, konventionelle Waffensysteme. 2015 wurden einige der geheimen Unterlagen über Pluto freigegeben. Leider keine Berichte, die sich mit der militärischen Planung befassen und keine Dokumente über die Zelle des Flugkörpers. Diese liegen wahrscheinlich noch in den Panzerschränken der



Drei Standbilder aus einem Video des russischen Verteidigungsministeriums, welches angeblich den nuklear angetriebenen Flugkörper Burewestnik (Nato-Bezeichnung Skyfall) in einer Werkhalle mit seinem Transport- und Startbehälter zeigt (links oben), einen Techniker beim Arbeiten am Bug des Flugkörpers (oben) und den Start zu einem Versuchsflug (links).

Firma Vought, die jetzt als Triumph Aerostructure-Vought Aircraft Division firmiert. Unklar ist etwa, wie die Flugerprobung ausgesehen hätte, bei der jedesmal ein Kernreaktor irgendwo im Meer versunken wäre. Auch zur Handhabung eines Missionsabbruchs nach dem Einsatzbefehl gibt es keine Hinweise. Wären dann etwa 50 Flugkörper mit hunderten von Atombomben ins Meer gestürzt? Es bleiben also noch Fragen offen, die diesen ungewöhnlichen Marschflugkörper weiterhin interessant halten.

## Hat Russland eine moderne Version der Pluto?

Mit dem Flugkörper Burewestnik hat Russland nun angeblich einen Flugkörper mit nuklearem Antrieb ähnlich der Pluto. Vom Verteidigungsministerium veröffentlichte Fotos und Videos zeigen ein deutlich kleineres Objekt als Pluto. Zusätzliche Verwirrung entsteht dadurch, dass auch bei Fotos von MiG-31 mit einem untergehängten Hyperschall-Geschoss von nuklearem Antrieb gesprochen wird.

Zu den militärischen Einsatzmöglichkeiten wird nur auf eine enorme Reichweite hingewiesen. Eine veröffentlichte Karte mit einem geplanten Flugweg zeigt eine den Atlantik überquerende Burewestnik, die vor den amerikanischen Frühwarnschiffen nach Süden abdreht, Südamerika in gebührendem Abstand umrundet und dann die Pazifikküste der USA überquert.

Einige westliche Analysten bringen beobachtete Anstiege von Radioaktivität über dem Meer und im Ural mit fehlgeschlagenen Testflügen in Zusammenhang. Es muss sich noch zeigen, ob das Zeitalter des nuklearen Flugzeugantriebs gekommen ist – über sieben Jahrzehnte, nachdem die ersten Projekte erarbeitet wurden.

