

Raketen-Triebwerke

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653788>

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.

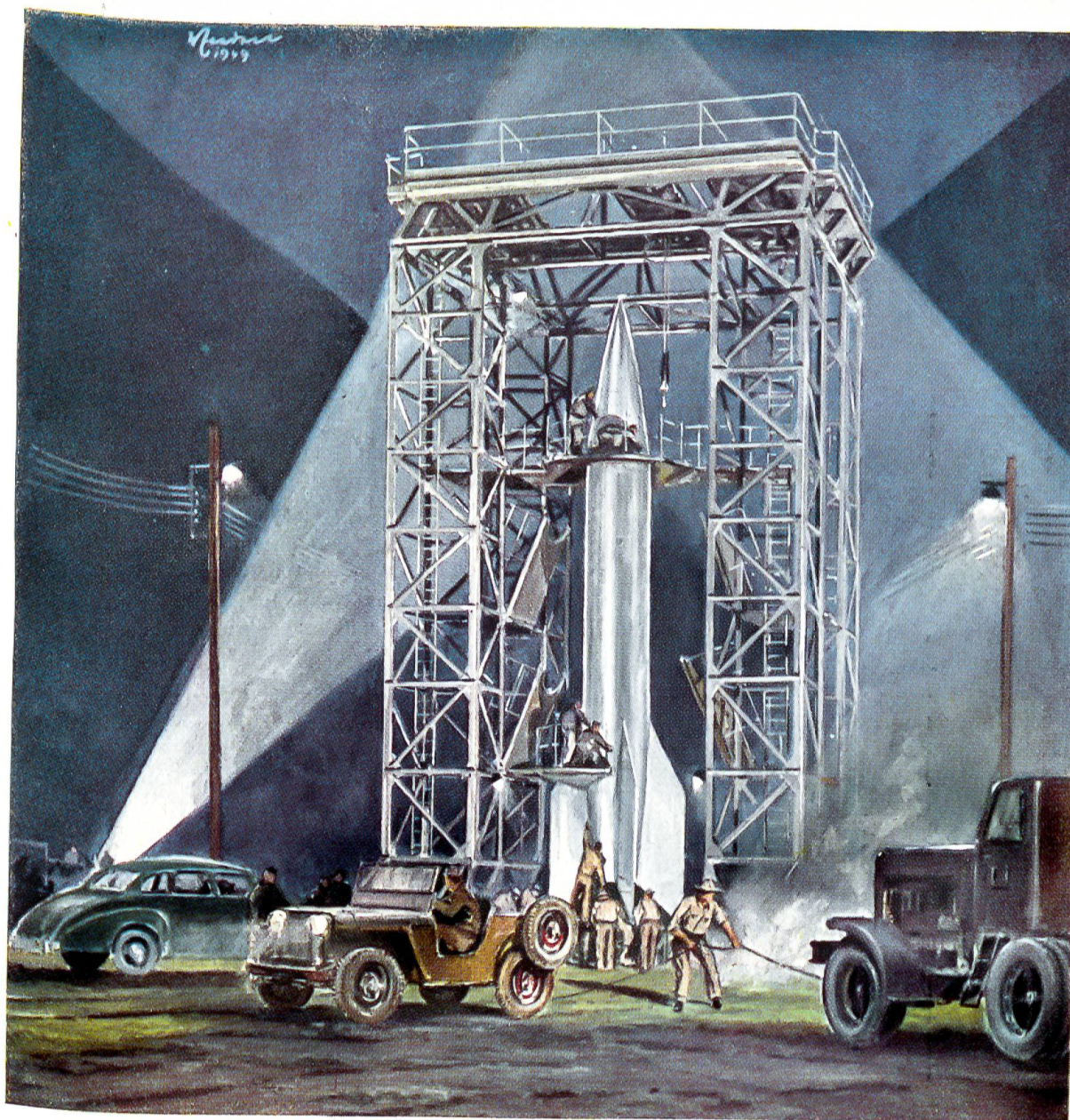
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen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

Raketen-Triebwerke

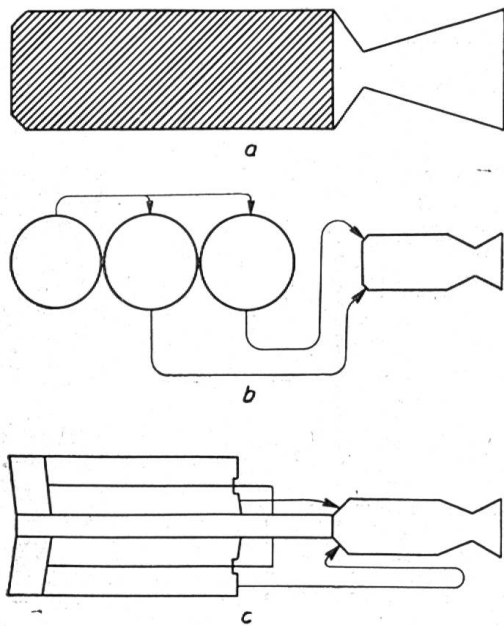


Jonospärenrakete im Montagegerüst

Im Herbst 1943 luden ein paar schweigsame Monteure vor einer Halle der geheimen Raketenprüfstände nördlich Berlin ein kleines, gedrungenes Flugzeug mit auffallend kurzen, pfeilförmigen Tragflächen aus. Nur wenige Eingeweihte hatten diese Maschine vorher gesehen. Die Prüfstandsmonteure betrachteten ungläubig das winzige Luftschräubchen, das nicht größer als ein Eßlöffel war, und bestritten, daß dieses neueste Erzeugnis der Luftfahrttechnik überhaupt würde fliegen können. Aber es flog! Ein Jahr

später wurde mit dieser Maschine die Geschwindigkeit von tausend Kilometer in der Stunde überschritten. Kometsgleich, mit sieben Meter langem, glühendem Gasschweif zogen die Flugzeuge ihre Bahn am nächtlichen Himmel, dumpf donnernd wie ein Gewitter. Das war das Debüt der Me 163, des ersten wirklichen Raketenflugzeuges der Welt.

Raketen waren für uns bisher fast nur jene nächtlichen Lichterscheinungen und Belustigungen, bei denen aus dem Dunkel eines Parkes oder vom Ufer des Sees ein funken-



Die Vorläufer des Raketenmotors

- a Pulvertriebwerk
- b Preßgastriebwerk
- c Kolbentriebwerk

sprühender Schweiß gegen den Himmel stieg und dort in Hunderte von farbigen Kugeln und Sternen zerstieb. Wir haben sie aber auch als Lichtraketen kennengelernt, wenn ein helles Licht ihnen entfiel, das sich lange am Himmel hielt. Welche Kraft treibt die Rakete, die keinen Motor besitzt, die auch nicht wie das Geschöß des Gewehrs oder der Kanone durch eine Treibladung in einem einseitig geschlossenen Rohr Richtung und Beschleunigung erhält? Die Rakete besitzt keinen Lauf. In ihrer einfachsten Gestalt ist sie ein kleines Paket aus Pappe, das an einem etwa ein Meter langen Stock befestigt ist. Die Papphülse enthält oben den eigentlichen Feuerwerksatz, der beim Abbrennen jene reizvoll leuchtenden Erscheinungen erzeugt. Darunter ist der Treibsatz angeordnet, der durch eine Zündschnur

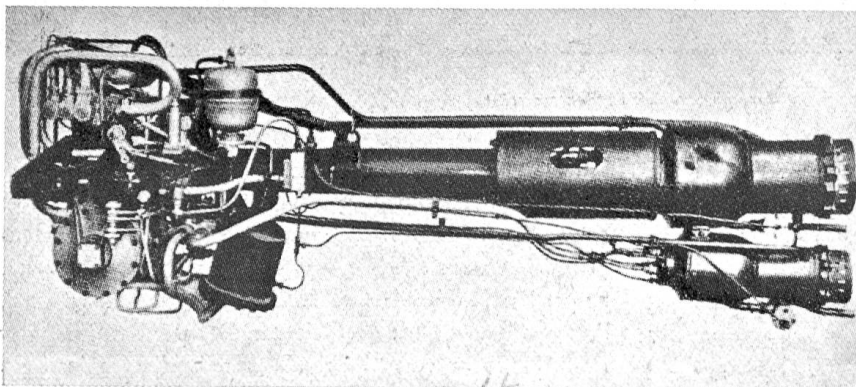
zum Verbrennen gebracht wird. Die Papphülse ist in der Flugrichtung der Rakete geschlossen, nach der anderen Seite offen, also genau umgekehrt wie beim Gewehr, dessen Lauf in der Richtung des Geschosses geöffnet ist. Die Kraft, welche die Rakete treibt, der „Rückstoß“, ist aber auch beim Gewehr deutlich wahrnehmbar. Jeder, der ein Gewehr jemals abgeschossen hat, kennt den Stoß.

Diese sonderbare Kraftwirkung des Rückstoßes kann man sich am besten auf folgende Weise vorstellen. In einem geschlossenen Gefäß, das sich auf einem Fahrgestell mit Rädern befinden soll, sei ein Gas unter starkem Druck eingeschlossen. Es herrscht also darin gegenüber der äußeren Atmosphäre ein Überdruck. Dieser Überdruck wirkt auf alle Stellen der Wandung des Gefäßes gleichmäßig. Jedem Druck entspricht ein Gegendruck von genau entgegengesetzter Richtung. Druck und Gegendruck heben sich also auf und der Wagen wird ruhig stehen bleiben. Sobald nun ein Entleerungsventil am Ende des Wagens geöffnet wird, so wird das Gas, das sich in dem Behälter befindet, versuchen den Druckausgleich mit der äußeren Atmosphäre herzustellen, also ausströmen. Dieses Ausströmen bewirkt aber, daß sich jetzt der Wagen entgegen der Ausströmungsrichtung der Gase bewegt. Das Zurückrollen eines Geschützes nach dem Abschuß beruht auf demselben Prinzip, nur daß hier der Rückstoß, der bei der Rakete so erwünscht ist, eine unangenehme Nebenerscheinung ist.

Für die Größe der Kräfte, die hierbei auftreten, gilt der Satz, daß das Produkt aus der Masse des bewegten Körpers und der Geschwindigkeit des Körpers immer gleich sein muß dem Produkt aus der Geschwindigkeit der austretenden Verbrennungsgase und ihrer Masse, also ihrem Gewicht.

Im fünfzehnten Jahrhundert hatte schon einmal ein Mensch versucht, Raketen als Antriebsmittel zu verwenden. Der chinesische Mandarin Wan Hoo hatte siebenundvierzig Pulverraketen an einem Rollstuhl befestigt. Als die Pulverladung des primitiven „Triebwerkes“ durch Fackeln entzündet wurde, explodierten die Raketen und machten

Wan Hoo zu einem der ersten Opfer der Rückstoßtechnik. Zweihundert Jahre später formulierte der englische Mathematiker, Physiker und Astronom Isaac Newton das Rückstoßprinzip wissenschaftlich. Sein drittes Bewegungsaxiom besagt, daß Wirkung und Gegenwirkung stets gleich groß und in der Richtung entgegengesetzt sind, oder daß die Wirkung zweier Körper aufeinander immer gleich und nach entgegengesetzter Seite gerichtet ist. Damit war der Weg für die Rückstoßtechnik gewiesen. Dennoch vergingen an zwei

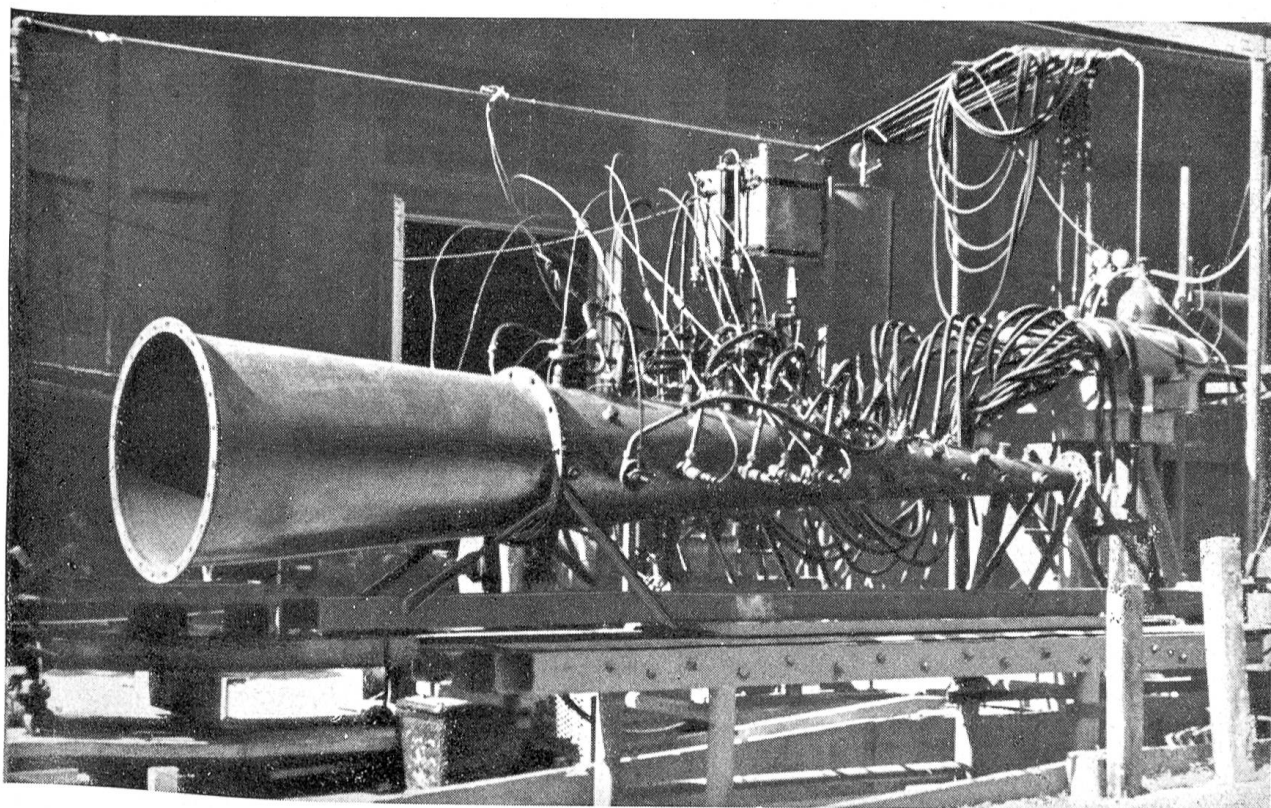
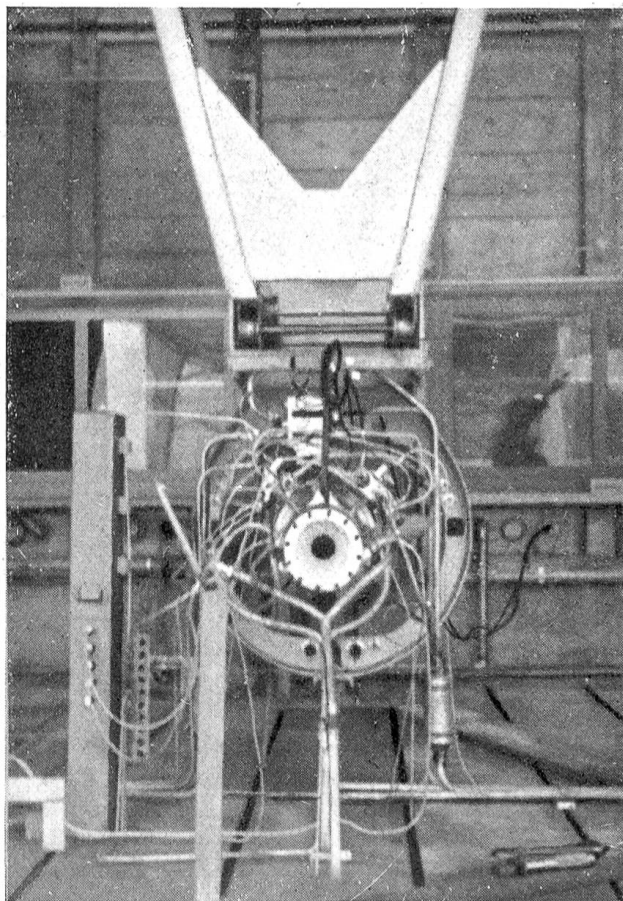


Der Motor des ersten Raketenflugzeuges der Welt der Messerschmidt Me 163 B, das Waltertriebwerk 109-509 c

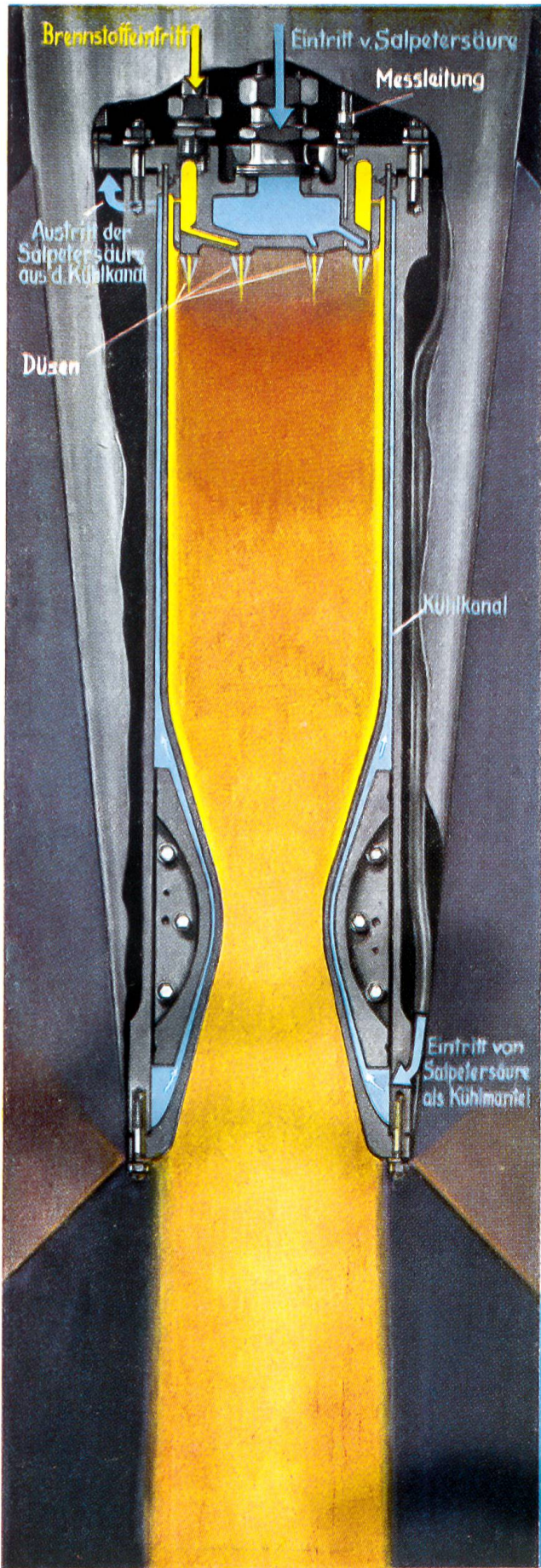
hundert Jahre, bis Fritz von Opel das erste von Raketenkraft getriebene Flugzeug über den Flugplatz von Frankfurt am Main steuerte.

Von diesem Tage, dem 30. September 1929, an nahm das Entwicklungstempo der gerade erst geborenen jungen Raketentechnik immer mehr zu. Im gleichen Jahr war das Standardwerk über die Flüssigkeitsrakete erschienen, das Buch „Wege zur Raumschiffahrt“ von Professor Hermann Oberth und der amerikanische Professor Goddard ließ in Worcester (USA) eine drei Meter lange Pulverrakete aufsteigen und versuchte damit, eine lange Reihe von Prüfstandsversuchen zu krönen. Und noch ein Ereignis zeichnet dieses Jahr aus. Im Laboratorium von Professor Oberth, der damals Raketenversuche bei der Chemisch Technischen Reichsanstalt durchführte, erschien ein junger Mann von knapp achtzehn Jahren, Wernher von Braun, und bot seine Dienste als Assistent an. Sechzehn Jahre später betätigte er auf den White Sands Proving Grounds in der Wüste des amerikanischen Bundesstaates Neumexiko einen Schalter, der eine nur wenig geänderte Rakete vom Typ A4 - bekannter als „V2“ - 182 Kilometer hoch in die Ionosphäre schickte. Der Raketentriebwerk hatte seine Kinderkrankheiten überwunden und war zum ernstgenommenen Mittel energiereichen Antriebs geworden.

Vor solchen sichtbaren Ergebnissen liegt die systematische Kleinarbeit vieler Gelehrter, Ingenieure und Arbeiter. Aus den tastenden Versuchen der frühen Pioniere der Rakete wurde die erste reife Vollendung eines



Oben: Prüfstand mit dem Versuchsaufbau eines Raketenmotor BMW 109-708 - Unten: Seitenansicht eines Raketenprüfstandes



Antriebes, der beruhen ist, zwei von der Natur gesetzte, bisher für unüberwindlich gehaltene Barrieren zu durchbrechen: Die Zone der Schallgeschwindigkeit, die das amerikanische Raketenflugzeug von Bell (X-1) mit über 1630 Kilometer in der Stunde durchstieß und den Bereich der Schwerkraft der Erde, dessen Überwindung dem künftigen Weltraumschiff vorbehalten ist.

Viele Monate und Jahre, bevor eine Rakete aufsteigt, donnern die Versuchsmodelle auf den Prüfständen, die ihre Kräfte fesseln und messen. Einen Meter dick sind die Betonmauern der massigen Laboratoriumsbauten, denn zu Beginn der Entwicklung besitzt jeder Raketenmotor noch etwas vom Odium einer stets explosionsbereiten Bombe. Nicht nur die Pulverraketen Wanzhoos waren gefährlich, auch die Flüssigkeitsraketen der neueren Entwicklung zerstörten gelegentlich und zerstörten kostspielige Versuchsaufbauten in Bruchteilen einer Sekunde. Auf einem stabilen Bock aus Stahl wird das zu prüfende Gerät montiert. Die bewegliche Vorrichtung nimmt den erzeugten Schub auf und überträgt ihn auf eine Meßdose. Brennkammer und Leitungen aus Leichtmetall glänzen im Licht der Scheinwerfer, während die Monteure die letzten Handgriffe machen. Nicht jeder Versuchsaufbau ist gleich, denn die Triebwerksformen sind schon recht verschieden, so jung auch die Raketentechnik noch ist.

Man kann zwischen drei charakteristischen Typen unterscheiden, deren Hauptmerkmal die Förderung der Treibstoffe ist. Im Preßgasgerät werden die Kraftstoffe durch Preßgas, das einem mitgeführten Hochdruckbehälter entnommen wird, in die Brennkammer gedrückt. Im Kolbentriebwerk wird der zur Förderung der Treibstoffe benötigte Überdruck von einem Teil der Verbrennungsgase erzeugt. Diesen beiden Verfahren ist eins gemeinsam, sie erlauben keine Wiederholung des Verbrennungsvorganges. Ihr Anwendungsbereich ist dadurch beschränkt. Unbeschränkt regelfähig dagegen ist das Pumpengerät, in dem Kreiselpumpen wirken, für deren Antrieb eine besondere Turbine und ein eigens dafür konstruierter Gasdampfzügezeuger eingebaut sind.

Der Raketenmotor, dessen Prüfstandslauf wir jetzt verfolgen wollen, besitzt Pumpenantrieb, da er länger als eine Minute in Betrieb sein soll. Bei längerer Schubzeit ist das schwere Preßluftsystem den leichten Hochleistungspumpen unterlegen. Auch die A4 enthält daher Treibstoffpumpen und eine Gasdampfturbine. Für die Raketenflugtechnik in der Atmosphäre und die künftige Raumrakete ist das Pumpentriebwerk — solange man an der Flüssigkeitsrakete festhält — die einzige in Frage kommende Form des Raketenmotors.

Vor dem Prüflauf sind alle Einzelteile des Motors in der Werkstatt gründlich geprüft worden. Spezialisten unter den Monteuren haben sich eingehend mit der Brennkammer, dem Turbinenpumpenaggregat, der Regulierung,

Links: Schnitt durch eine Raketenbrennkammer

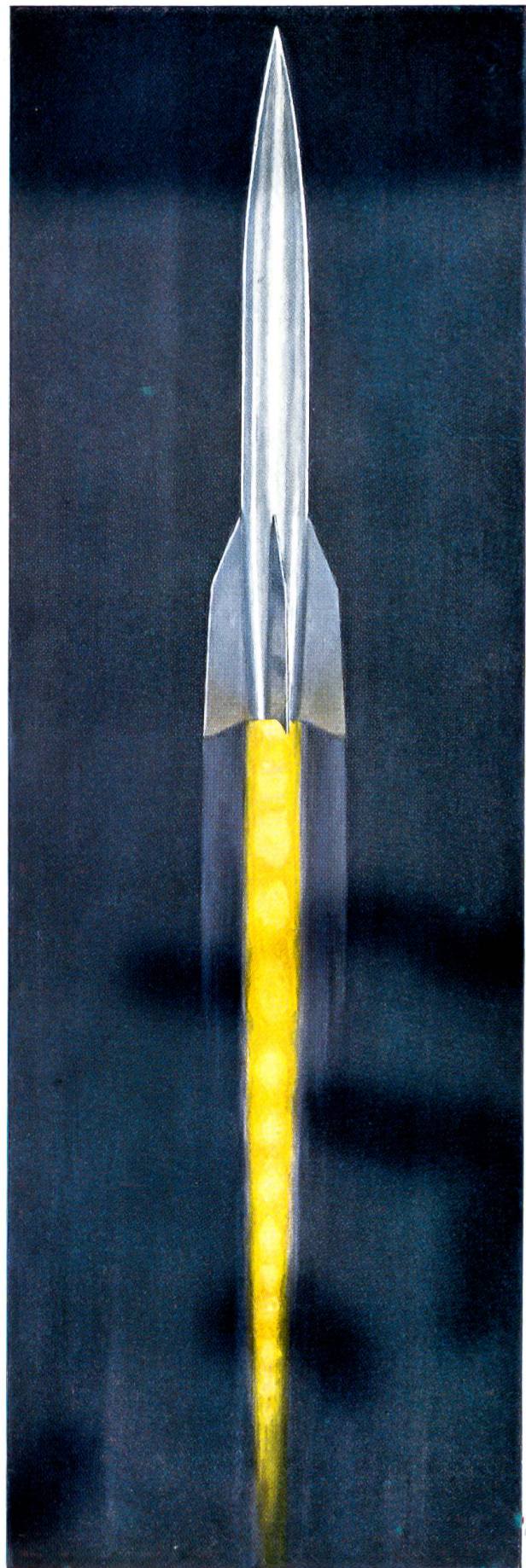
den Treibstoffventilen, den elektrischen Hilfsgeräten und den Treibstoffleitungen beschäftigt, um alle möglichen Zwischenfälle auszuschließen. Die Brennkammer besteht zum Beispiel aus mehreren Teilen, dem Düsenkopf, dem Brennraum, dem Kühlmantel und der Expansionsdüse, deren absolut einwandfreie Montage notwendig ist. Die Treibstoffmenge, welche die Einspritzdüsen durchlassen, wurde genau gemessen. Diese Düsen sind komplizierte Vorrichtungen oder auch nur einfache, zylindrische Bohrungen. Sie haben die Aufgabe, die beiden Treibstoffe, den Sauerstoffträger und den eigentlichen Brennstoff, getrennt in den Brennraum einzuspritzen.

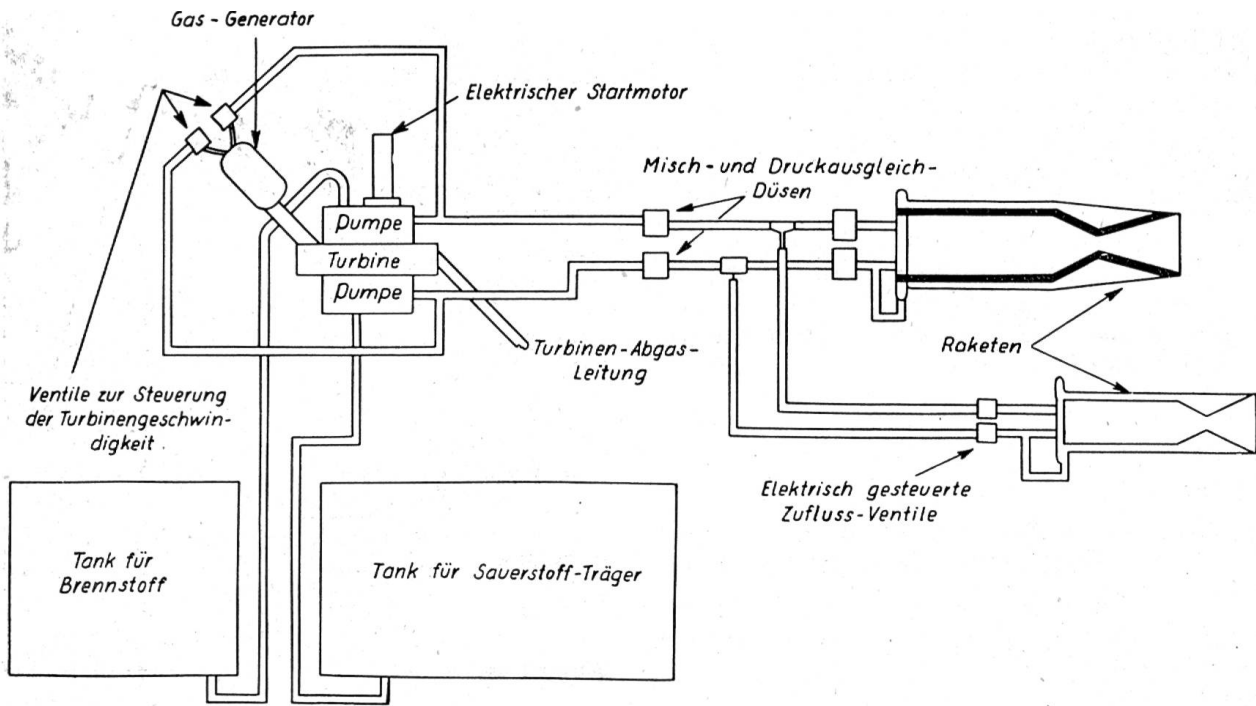
Die Brennkammer, die wir jetzt durch die zentimeterdicken Panzerglasscheiben noch in Ruhe betrachten können, ist schlank und fast unscheinbar. Die Kugelform ist zwar thermodynamisch und mechanisch besser, aber der zylindrische Brennraum wird bevorzugt, weil er in der Ausführung billiger ist. Niemand traut dem kleinen Gerät die hohe Leistung zu, die es entwickeln soll. Die Brennkammergröße ist nicht beschränkt. Der Schubapparat der A 4 erzeugt 25 Tonnen Schub. Auf Prüfständen sind jedoch schon Brennkammern mit 100 Tonnen Schub gelaufen. Eine der kleinsten Flüssigkeitsbrennkammern für nur 30 bis 150 Kilogramm Schub befand sich in der deutschen Kleinrakete X-4.

Das warnende Signalhorn auf dem Dach des Gebäudes unterbricht unsere Betrachtung. Der Versuch nimmt seinen Anfang. Hinter der dicken Betonwand unhörbar beginnt der elektrische Anlasser zu summen. Die Pumpen laufen an und erzeugen zunächst einen Mindestdruck, der auf elektrische Kontaktschalter wirkt, deren Schließen die Ventile des Gasdampfzeugers öffnet. Rauschend und fauchend beginnen die 600 Grad Celsius heißen Dämpfe den Düsen zur Turbine zu entströmen. Schnell nimmt deren Drehzahl zu, bis der Anlasser überflüssig ist und von selbst abschaltet. Nach wenigen Sekunden - in der Spannung des Beobachtens scheinen es Minuten zu sein - ist der Startdruck für die Brennkammer erreicht, für uns sichtbar gemacht durch ein rotes Signallämpchen, das jetzt auf dem Schaltpult zu flackern beginnt. Der immer wieder kritische Augenblick ist da. Die Hauptventile der Treibstoffleitungen öffnen ruckartig, von den auf hohen Touren laufenden Kreiselpumpen getrieben schießt der Strahl der Treibstoffe in den Brennraum. Einen Augenblick lang scheint nichts zu geschehen. Die Manometerzeiger pendeln nervös, vor der Schubdüse erscheint ein winziges Dampf wölkchen, und schon setzt die Verbrennung der von selbst zündenden Treibstoffe mit einem donnernden Krachen ein. Der Raketenmotor läuft und erzeugt Schub. Zunächst ist es wenig, aber schon drückt der Prüfstandsleiter den Gashebel auf Vollschub, und nun tobt sich da draußen die entfesselte Energie der Treibstoffe aus.

3000 Grad Celsius heiß sind die Verbrennungsgase.

Rechts: Großrakete im Aufstieg





Schema des Raketenantriebes mit Pumpen

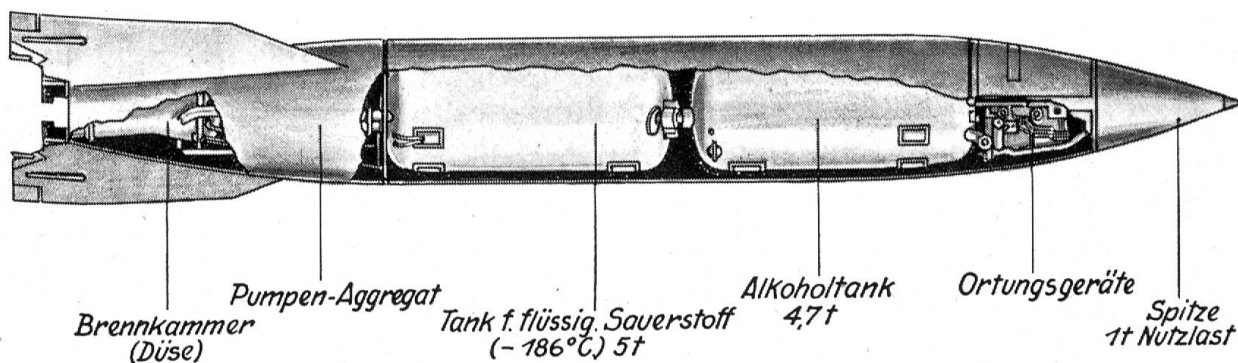
Mit 30 bis 50 Atmosphären drücken sie auf die zerbrechlich dünn scheinende Brennkammerwand. Aber in der Düse fällt der Druck. Dort nimmt die Geschwindigkeit des strömenden Verbrennungsgases zu. Mit 2000 Meter in der Sekunde verlassen die Verbrennungsgase die Düsenöffnung, vor der nun ein fünf bis sieben Meter langer, annähernd zigarrenförmiger feuriger Strahl steht. Trotz der hohen Beanspruchung ist der Baustoff dieser Brennkammer kein neues Wundermaterial. Man kann die gebräuchlichen rostfreien Stähle, Chrom-Molybdän-Stahl, Chrom-Nickel-Stahl und gewöhnliches Eisen verwenden. Da in unserem Fall die Kühlung - wie wir gleich sehen werden - ausreichend ist, besteht unsere Brennkammer sogar aus Leichtmetall.

Der niedrige Schmelzpunkt der Leichtmetall-Legierung erfordert allerdings eine ausreichende Kühlung, von deren automatischem Ablauf man äußerlich nichts erkennt. Der Sauerstoffträger - meist Salpetersäure, Wasserstoffsuperoxyd oder flüssiger Sauerstoff - oder auch der Kraftstoff - bei der A₁ hochprozentiger Alkohol - läuft durch einen Ringspalt, den der äußere und innere Brennkammermantel bilden, bevor er in den Brennraum eingespritzt wird. Dieser Kühlraum kann dem Kühlmittel durch einen Schneckenengang einen Umlauf aufzwingen, aber neuerdings verzichtet man auf die zwangsweise Führung und läßt die Flüssigkeit einfach axial durch den Spalt strömen. Das ist die „äußere Kühlung“, die aber noch nicht genügend Wärme wegschafft. Wäre unsere Leichtmetall-Brennkammer

allein damit ausgerüstet, würde die Düse in wenigen Sekunden schmelzen und verbrennen. Eine „innere Kühlung“ ergänzt daher die äußere. Ein Teil des Brennstoffes wird dabei so eingespritzt, daß ein dünner Flüssigkeitsschleier die Innenwand des Brennraumes einhüllt und kühlt.

Der Versuch fordert wieder unsere ganze Aufmerksamkeit. Nur selten laufen die Raketenmotore bisher länger als drei Minuten mit vollem Schub. Diese Zeit ist erreicht. Eine geringe Veränderung des Motorlärms draußen sagt uns, daß der Schub inzwischen auf das vorgesehene geringere Maß herabgeregelt wurde. Das geschieht einfach dadurch, daß der Treibstoffdurchsatz gedrosselt wird. Der Brennkammerdruck sinkt, und der Schub nimmt ab. Leider wird aber damit auch der Wirkungsgrad verschlechtert, so daß man neuerdings Konstruktionen erprobt, in denen eine große Brennkammer nur den Start- und Beschleunigungsschub erzeugt, und eine zweite, kleinere Brennkammer die Antriebsleistung für längere Zeit liefert. Der Raketenmotor des ersten amerikanischen Raketenflugzeuges, der schon erwähnten Bell X-1, enthält zur Schubregelung sogar vier gleich große Brennkammern, auf die der Gesamtschub von 3000 Kilogramm gleichmäßig verteilt ist.

Die Förderleistung der kleinen Zentrifugalpumpen an unserem Gerät ist beachtlich. Sie sind nicht größer als eine kräftige Männerhand, erzeugen aber einen Druck von 70 Atmosphären und treiben dabei mindestens fünf Liter Flüssigkeit in der Sekunde durch die Düsen. Immerhin läuft die Turbine mit 21 000 Umdrehungen in der Minute.



Schnittmodell der A4 (V2)-Rakete

Das System „Gaserzeuger - Turbine - Pumpen“ gehört zu den bemerkenswertesten Entwicklungsergebnissen der neueren Raketentechnik. Von dem Zusammenwirken dieser Teile hängt die Erzeugung von Antriebsleistung ab. Der Gaserzeuger, eine kleine Brennkammer, in der die Treibstoffe verbrannt und die Verbrennungsgase durch zusätzliche Wassereinspritzung auf etwa 600 Grad Celsius gekühlt werden, arbeitet nur, wenn die Pumpen laufen. Die Pumpen liefern die Einspritzmenge nur, wenn die Turbine in Betrieb ist; und die Turbine kann nur durch die auftreffenden Gase (Beaufschlagung der Schaufeln) aus dem Gaserzeuger in Bewegung gesetzt werden.

Dieser Kreislauf, der zunächst hoffnungslos erscheint, erfordert einen elektrisch betriebenen Anlaßmotor, der so lange in Betrieb sein muß, bis die vom Gaserzeuger abgegebene Leistung die von der Turbine verlangte Leistung übersteigt. Das ist oberhalb einer bestimmten Drehzahl der Fall. Das Fördersystem erhält sich dann nicht nur selbst im Gleichgewicht, sondern gibt auch die für die Brennkammer notwendige Förderleistung ab.

Mit Erleichterung begrüßen wir das Ende des Versuches. Das unaufhörliche, gleichmäßige Donnern des Motors, das trotz der dämpfenden Betonwände jedes andere Geräusch erstickt und eine Unterhaltung und mündliche Verständigung auf dem Prüfstand unmöglich macht, geht mit der Zeit auf die Nerven. Nach dem Abschalten überzeugen wir uns, in welchem Zustand sich unser Motor befindet. Aus den Pumpendichtungen tropfen ein paar Kubikzentimeter restlicher Treibstoffe. Das ist nicht tragisch, da auch im Flugzeug für Ableitung der Leckmengen gesorgt ist. Die Brennkammer ist äußerlich nur handwarm, die Kühlung hat gut gearbeitet. Die Schubdüse ist innen etwas von Ruß geschwärzt und an der Oberfläche ein wenig rau. Sie wird noch viele weitere Versuche aushalten, ehe die Brennkammer gegen eine neue ausgewechselt werden muß. Auf ein bis drei Stunden schätzt man heute die Lebensdauer einer hoch beanspruchten Brennkammer.

Bevor wir den Prüfstand verlassen, prüfen wir noch die Meßergebnisse. Immer wieder verblüfft den Laien der hohe Treibstoffverbrauch. Bei einer Auspuffgeschwindigkeit von 2000 Meter in der Sekunde verbraucht die Brennkammer je Tonne Schub 4,9 Kilogramm Treibstoffgemisch in jeder Sekunde! Daher mißt man der Kombination von Luftstrahltriebwerk und Raketengerät eine besondere Bedeutung zu. Das Raketentriebwerk erzeugt dann nur für wenige Minuten nach dem Start die erforderliche hohe Startbeschleunigung. Die Dauerleistung ist Angelegenheit des Turbinenstrahltriebwerkes, dessen neueste Modelle Verbrauchsdaten haben, die denen des älteren Flugmotors mit Kolben und Kurbelwelle kaum noch nachstehen.

Ehe wir scheiden, betrachten wir noch die stattlichen Kugelbehälter, die zur Wägung der Stoffe an dicken Seilen aufgehängt sind. Jede Kugel faßt 4000 Liter Flüssigkeit, das sind 6 Tonnen Salpetersäure oder 4 Tonnen Brennstoff. Raketentreibstoffe sind etwas ungewöhnlich. Selbstverständlich kann man in einer Raketenbrennkammer auch normales Benzin verbrennen, aber gerade das hat sich als unvorteilhaft erwiesen. Als Sauerstoffträger findet man heute flüssigen Sauerstoff („A-Stoff“ der A₄), Salpetersäure („Salbei“, X-4, Me 262 B), ferner Überchlorsäure, Stickstoffpentoxyd („Enzian“), Wasserstoffsperoxyd („T-Stoff“, Me 163 B). Zu den gebräuchlichsten Brennstoffen gehören Methylalkohol, Kohlenwasserstoffverbindungen verschiedener Art, Gasöl, Aniline und flüssiger Wasserstoff. Einige Kombinationen zünden von selbst, andere müssen vor dem Einsetzen der eigentlichen Verbrennung fremd gezündet werden. Für einmaligen Brenneinsatz genügt ein elektrisch erhitzter Zündkörper oder das Abbrennen einer Pulverzündpatrone. Soll die Zündung aber mehrfach wiederholt werden, muß man sich einer Vorrichtung bedienen, welche die Verbrennung durch Einspritzung einer kleinen Menge hypergoler, also von selbst zündender Treibstoffe einleitet. Der Brenneinsatz ist eines der heikelsten Probleme des Raketenmotors. Eine ganze Reihe

von Sicherheitsvorkehrungen, bestehend aus Fotozellen, Druckschaltern und elektrischen Relais, wird angewendet, die Unfallquote herabzudrücken. Auch die dicken Betonmauern mancher Prüfstände gehen auf das Konto des Brenneinsatzes.

Das Ergebnis der systematischen Prüfstands- und Entwicklungsarbeit aller namenlosen Ingenieure und Monteure sind die Ionosphärenraketen der Gegenwart, die Überschallflüge des amerikanischen Prototyps für Raketenflugzeuge, X-1, und alle Pläne, deren Ziel die Befahrung des Weltraumes mit Raumschiffen ist. Einer der bekanntesten amerikanischen Fachleute, Professor Fritz Zwicky, Forschungsleiter der Aerojet Engineering Corporation und Astrophysiker am California Institute of Technology, be-

hauptete kürzlich, daß gegenwärtig schon 576 verschiedene Arten von Rückstoßtriebwerken verwirklichungsreif seien, von denen allerdings erst eine kleine Zahl in Herstellung oder Entwicklung ist. Als die Amerikaner im Jahre 1945 die deutschen Unterlagen übernahmen, befanden sich etwa 160 verschiedene Raketenprojekte in der Entwicklung. Man überschätzt den Wert des Erreichten nicht, wenn man annimmt, daß die Rakete heute einen Entwicklungszustand inne hat, der dem des Flugzeugs nach dem ersten Weltkrieg entspricht. Wir dürfen daher für die nahe Zukunft von der Raketentechnik Ergebnisse erwarten, die vor wenigen Jahrzehnten die Dichter utopischer Romane nicht zu erträumen wagten.

Dipl.-Ing. H. Gartmann, Landshut



Die Me 163, das erste Raketenflugzeug der Welt, im Flug