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

Band: 4 (1949)

Heft: 4

Artikel: Raketen-Triebwerke

Autor: Gartmann, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-653788

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Raketen/Triebwerke

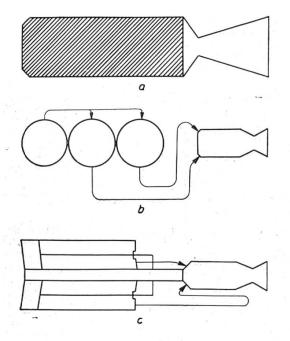


Jonosphärenrakete im Montagegerüst

lm 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. Kometensgleich, 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 funkens



Die Vorläufer des Raketenmotors

- a Pulvertriebwerk
- b Preßgastriebwerk
- c Kolbentriebwerk

sprühender Schweif 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 Geschoß 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

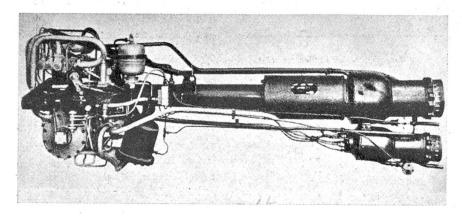
zum Verbrennen gebracht wird. Die Papphülse ist in der Flugrichtung der Rakete geschlossen, nach der anderen Seite offen, also genau umgekehrt wie beim Gewehr, dessen Lauf in der Richtung des Geschosses geöffnet ist. Die Kraft, welche die Rakete treibt, der "Rückstoß", ist aber auch beim Gewehr deutlich wahrnehmbar. Jeder, der ein Gewehr jesmals 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 äußes ren Atmosphäre ein Überdruck. Dieser Überdruck wirkt auf alle Stellen der Wandung des Gefäßes gleichmäßig. Jedem Druck entspricht ein Gegendruck von genau entges gengesetzter Richtung. Druck und Gegendruck heben sich also auf und der Wagen wird ruhig stehen bleiben. Soe bald nun ein Entleerungsventil am Ende des Wagens ges öffnet wird, so wird das Gas, das sich in dem Behälter befindet, versuchen den Druckausgleich mit der äußeren Atmosphäre herzustellen, also ausströmen. Dieses Auss strömen bewirkt aber, daß sich jetzt der Wagen entgegen der Ausströmungsrichtung der Gase bewegt. Das Zurücke rollen eines Geschützes nach dem Abschuß beruht auf dem/ selben Prinzip, nur daß hier der Rückstoß, der bei der Rakete so erwünscht ist, eine unangenehme Nebenerscheis

Für die Größe der Kräfte, die hierbei auftreten, gilt der Satz, daß das Produkt aus der Masse des bewegten Körøpers und der Geschwindigkeit des Körpers immer gleich sein muß dem Produkt aus der Geschwindigkeit der ausøtretenden 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 Pulversladung des primitiven "Triebwerkes" durch Fackeln entszündet wurde, explodierten die Raketen und machten

Wan-Hoo zu einem der ersten Opfer der Rückstoßtechnik. Zweis hundert Jahre später formulierte der englische Mathematiker, Phys siker und Astronom Isaac Newton das Rückstoßprinzip wissenschaft, lich. Sein drittes Bewegungsaxiom besagt, daß Wirkung und Gegene wirkung stets gleich groß und in der Richtung entgegengesetzt sind, oder daß die Wirkung zweier Körø per aufeinander immer gleich und nach entgegengesetzter Seite ges richtet ist. Damit war der Weg für die Rückstoßtechnik gewiesen. Dennoch vergingen an zwei.

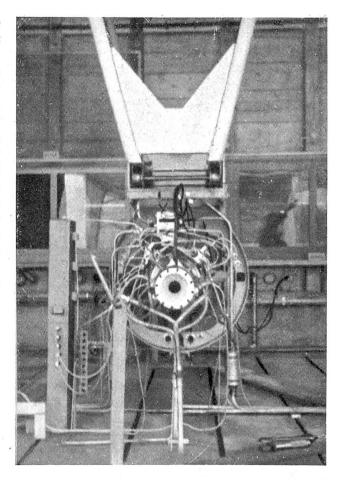


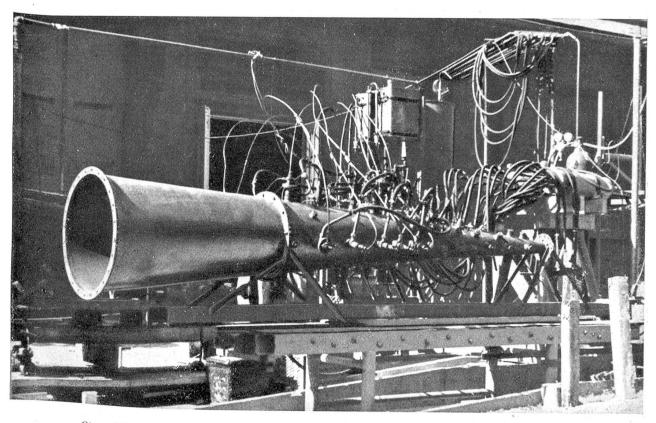
Der Motor des ersten Raketenflugzeuges der Welt der Messerschmidt Me 163 B, das Waltertriebwerk 109 – 509 c

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

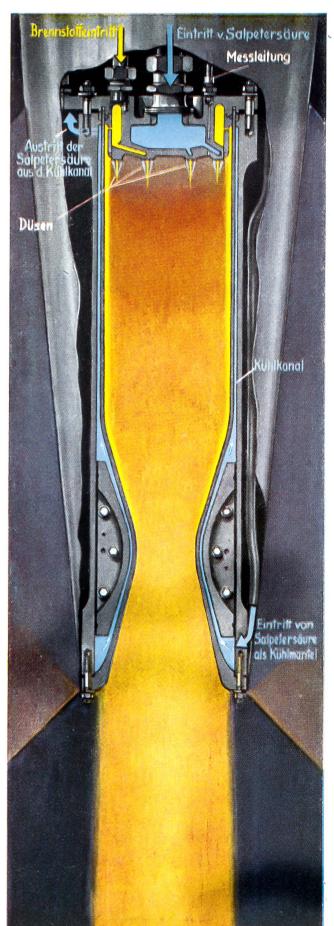
Von diesem Tage, dem 30. September 1929, an nahm das Entwicklungstempo der gerade erst geborenen jungen Rakes tentechnik immer mehr zu. Im gleichen Jahr war das Standards werk über die Flüssigkeitsrakete erschienen, das Buch "Wege zur Raumschiffahrt" von Professor Hermann Oberth und der amerikanische 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. lm Laboratorium von Professor Oberth, der damals Raketen» versuche 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 Jonosphäre schickte. Der Raketen motor hatte seine Kinderkrankheiten überwunden und war zum ernstgenommenen Mittel energiereichen Antriebs geworden.

Vor solchen sichtbaren Ergebnissen liegt die syste/matische Kleinarbeit vieler Gelehrter, Ingenieure und Arbeiter. Aus den tastenden Versuchen der frühen Pio/niere der Rakete wurde die erste reife Vollendung eines





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



Antriebes, der beruten ist, zwei von der Natur gesetzte, bisher für unüberwindlich gehaltene Barrieren zu durche brechen: 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 künfetigen 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 WansHoos waren gefährlich, auch die Flüssigkeitsraketen der neueren Entwicklung des tonierten gelegentlich und zerstörten kostspielige Versuchs/ aufbauten 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 erhuben 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 Gasdampfserzeuger eingebaut sind.

Der Raketenmotor, dessen Prüfstandslauf wir jetzt versfolgen wollen, besitzt Pumpenantrieb, da er länger als eine Minute in Betrieb sein soll. Bei längerer Schubzeit ist das schwere Preßluftsystem den leichten Hochleistungsspumpen unterlegen. Auch die A4 enthält daher Treibstoffspumpen und eine Gasdampfturbine. Für die Raketenflugstechnik in der Atmosphäre und die künstige Raumrakete ist das Pumpentriebwerk — solange man an der Flüssigskeitsrakete sesthält — 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 Brenns kammer, dem Turbinenpumpens Aggregat, der Regulierung,

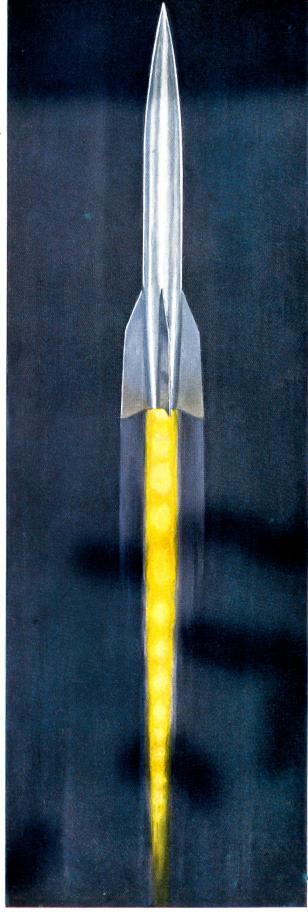
Links: Schnilt durch eine Raketenbrennkammer

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 Bohørungen. Sie haben die Aufgabe, die beiden Treibstoffe, den Sauerstoffträger und den eigentlichen Brennstoff, geøtrennt in den Brennraum einzuspritzen.

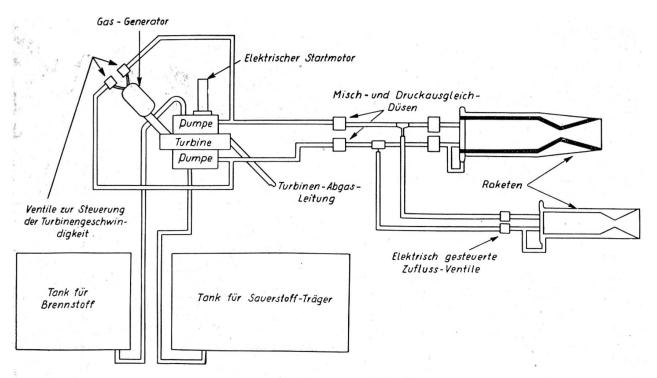
Die Brennkammer, die wir jetzt durch die zentimeters dicken Panzerglasscheiben noch in Ruhe betrachten können, ist schlank und fast unscheinbar. Die Kugelform ist zwar thermodynamisch und mechanisch besser, aber der zylins drische Brennraum wird bevorzugt, weil er in der Aussführung billiger ist. Niemand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

Das warnende Signalhorn auf dem Dach des Gebäus des unterbricht unsere Betrachtung. Der Versuch nimmt seinen Anfang. Hinter der dicken Betonwand unhörbar bes ginnt der elektrische Anlasser zu summen. Die Pumpen laufen an und erzeugen zunächst einen Mindestdruck, der auf elektrische Kontaktschalter wirkt, deren Schließen die Ventile des Gasdampferzeugers öffnet. Rauschend und fauchend beginnen die 600 Grad Celsius heißen Dämpfe den Düsen zur Turbine zu entströmen. Schnell nimmt des ren 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 sichte bar 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 Dampfø 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.



Redits: Großrakete im Aufstieg



Schema des Raketenantriebes mit Pumpen

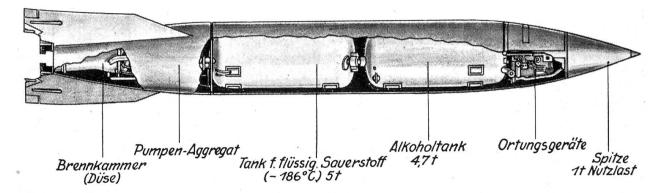
Mit 30 bis 50 Atmosphären drücken sie auf die zerbreche lich dünn scheinende Brennkammerwand. Aber in der Düse fällt der Druck. Dort nimmt die Geschwindigkeit des strömenden Verbrennungsgases zu. Mit 2000 Meter in der Sekunde verlassen die Verbrennungsgase die Düsenöffenung, vor der nun ein fünf bis sieben Meter langer, ans nähernd zigarrenförmiger feuriger Strahl steht. Trotz der hohen Beanspruchung ist der Baustoff dieser Brennkammer kein neues Wundermaterial. Man kann die gebräuchlichen rostfreien Stähle, Chrome Molybdäne Stahl, Chrome Nickele Stahl und gewöhnliches Eisen verwenden. Da in unserm Fall die Kühlung – wie wir gleich sehen werden – ausereichend ist, besteht unsere Brennkammer sogar aus Leichte metall.

Der niedrige Schmelzpunkt der Leichtmetall-Legierung erfordert allerdings eine ausreichende Kühlung, von deren automatischem Ablauf man äußerlich nichts erkennt. Der Sauerstoffträger – meist Salpetersäure, Wasserstoffsupersoxyd oder flüssiger Sauerstoff – oder auch der Kraftstoff – bei der A4 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 Schnekskengang einen Umlauf aufzwingen, aber neuerdings verszichtet 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 Wärsme wegschafft. Wäre unsere Leichtmetall-Brennkammer

allein damit ausgerüstet, würde die Düse in wenigen Sekunden schmelzen und verbrennen. Eine "innere Kühslung" 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 Aufmerke samkeit. 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 Starts und Beschleunigungss schub erzeugt, und eine zweite, kleinere Brennkammer die Antriebsleistung für längere Zeit liefert. Der Raketenmos tor des ersten amerikanischen Raketenflugzeuges, der schon erwähnten Bell X-I, 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 21000 Umdrehungen in der Minute.



Schnitmodell der A4 (V2) - Rakete

Das System "Gaserzeuger – Turbine – Pumpen" geshört 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 zussätzliche 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, erschordert einen elektrisch betriebenen Anlaßmotor, der so lange in Betrieb sein muß, bis die vom Gaserzeuger absgegebene 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 Brennskammer 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 Verständis gung 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 Kubikzentis meter 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 rauh. Sie wird noch viele weitere Versuche aushalten, ehe die Brenne kammer 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 Luftstrahløtriebwerk und Raketengerät eine besondere Bedeutung zu. Das Raketentriebwerk erzeugt dann nur für wenige Minuøten nach dem Start die erforderliche hohe Startbeschleuniøgung. Die Dauerleistung ist Angelegenheit des Turbinenøstrahltriebwerkes, dessen neueste Modelle Verbrauchsødaten 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), Salpetere säure ("Salbei", X-4, Me 262 B), ferner Überchlorsäure, Stickstoffpentoxyd ("Enzian"), Wasserstoffsuperoxyd ("T-Stoff", Me 163 B). Zu den gebräuchlichsten Brennstoffen gehören Methylalkohol, Kohlenwasserstoffverbindungen verschiedener Art, Gasöl, Aniline und flüssiger Wassers stoff. Einige Kombinationen zünden von selbst, andere müssen vor dem Einsetzen der eigentlichen Verbrennung fremd gezündet werden. Für einmaligen Brenneinsatz ges nügt ein elektrisch erhitzter Zündkörper oder das Abbrennen einer Pulverzündpatrone. Soll die Zündung aber mehrfach wiederholt werden, muß man sich einer Vorriche tung 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 Betonemauern mancher Prüfstände gehen auf das Konto des Brenneinsatzes.

Das Ergebnis der systematischen Prüfstands» und Entwicklungsarbeit all der namenlosen Ingenieure und Monteure sind die Jonosphärenraketen der Gegenwart, die Überschallflüge des amerikanischen Prototyps für Raketensflugzeuge, X–I, und alle Pläne, deren Ziel die Befahrung des Weltenraumes mit Raumschiffen ist. Einer der bekanntes sten amerikanischen Fachleute, Professor Fritz Zwicky, Forschungsleiter der Aerojet Engineering Corporation und Astrophysiker am California Institute of Technology, bes

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 ansnimmt, daß die Rakete heute einen Entwicklungszustand inne hat, der dem des Flugzeugs nach dem ersten Weltskrieg entspricht. Wir dürfen daher für die nahe Zukunft von der Raketentechnik Ergebnisse erwarten, die vor wesnigen Jahrzehnten die Dichter utopischer Romane nicht zu erträumen wagten.

Dipl.-Ing. H. Gartmann, Landshut



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