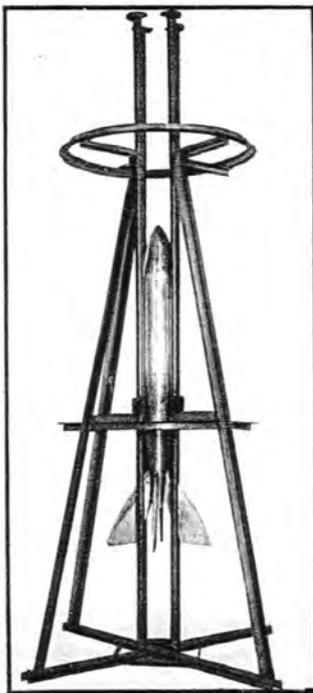


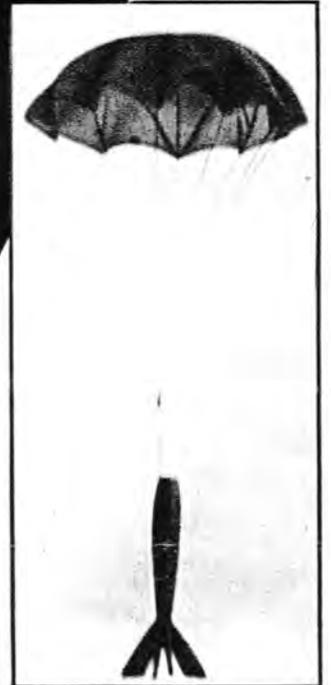
Le secret du vol des fusées

Depuis quelques années, les perspectives liées au vol de fusées font l'objet d'ardentes discussions aussi bien dans les milieux concernés, que non professionnels. On peut constater une divergence aigüe des points de vue les plus divers, qui, dans la plupart des cas, n'est pas dû à une adhésion enthousiaste ou à un prudent scepticisme, mais aussi à une totale incompréhension de la problématique soulevée par le fonctionnement et l'utilisation de la fusée en général. J'ai souvent vu que même des ingénieurs ont tenu des propos dénigrants en disant : « Les fusées, ah, ce sont les gens qui veulent aller sur la lune ! Ce n'est pas sérieux ! » Les tâches auxquelles les chercheurs sur les fusées sont actuellement confrontés n'ont rien à voir avec la Lune. Ils doivent développer un nouveau type de moteur, qui est encore au stade embryonnaire, pour une utilisation pratique. Ce moteur est le moteur-fusée. Il ne faut pas se laisser induire en erreur par le terme moteur-fusée.



Rampe de lancement d'une fusée à ergols liquides

La fusée prête à être lancée est une machine ordinaire. En réalité, l'enregistrement durant la phase ascensionnelle n'est pas possible en raison d'une vitesse excessive



La fusée atterrit doucement avec son parachute

Un moteur pour fusée n'a presque rien à voir avec un feu d'artifice : il ne lui ressemble pas et ne fonctionne pas de la même manière. Il n'y a qu'une chose en commun : ils utilisent le principe de propulsion directe par éjection de gaz. C'est un principe qu'il convient d'expliquer très brièvement. Tout le monde connaît le phénomène de recul lorsque l'on tire au fusil, cela vient du fait que la poudre qui explose, repousse le fusil avec la même force qu'elle expulse le projectile dans la direction opposée. Il est évident que cet effet de recul se produirait également si l'on tirait avec le fusil dans le vide de l'espace, car au début, ce recul n'a rien à voir avec la présence d'air. Un moteur-fusée n'est rien d'autre qu'un fusil capable de tirer des millions de petites billes à chaque seconde, à savoir les molécules d'un gaz de combustion qui sort d'une tuyère. De tous les petits chocs isolés de chaque molécule qui s'envole, on obtient alors une force d'action constante, appelée vitesse d'éjection du moteur-fusée. Ce recul est une mesure de l'efficacité du moteur de la fusée. Il est facile de comprendre que le recul augmente d'une part avec le nombre de molécules qui s'écoulent par seconde, c'est-à-dire la quantité de gaz produite par seconde, d'autre part à une vitesse d'écoulement croissante. Le moteur-fusée est donc un moteur qui n'a pas besoin de pièces rotatives ou en mouvement. C'est la raison pour laquelle il possède par rapport à tous les autres types de moteurs, l'avantage d'une bien meilleure conversion de l'énergie, car ses pertes sont très faibles du fait de sa conception simple. Un moteur-fusée a récemment été testé avec succès à l'aérodrome des fusées de Berlin à Reinickendorf-Ouest, avec une consommation de carburant de 500 grammes, la vitesse d'éjection des gaz de ce moteur a été d'environ 2 000 mètres par seconde. Si l'on veut exprimer sa puissance de la manière habituelle, en chevaux, avec un moteur d'une masse de 1,5 kg, on obtient une puissance constante indexée de 2 660 cv ! Ces moteurs-fusées modernes de l'aérodrome de Berlin fonctionnent avec des carburants liquides, principalement de l'essence et de l'oxygène liquide, et plus récemment avec de l'alcool et de l'oxygène liquide. Lorsqu'un nouveau moteur est essayé, on le laisse d'abord fonctionner sur un banc d'essai fixe où ses performances sont enregistrées par des instruments de mesure. Ce n'est que lorsque le nouveau moteur aura réussi ces tests, ainsi que « l'épreuve de vérité » au cours de laquelle le moteur est testé dans des conditions extrêmes, qu'il

peut être monté dans une fusée et voler. À ce jour, l'aérodrome de Berlin a procédé à environ 200 essais sur banc d'essai et 85 lancements de fusées à propulsion liquide.

Une telle fusée liquide, c'est-à-dire utilisant des carburants liquides, contrairement aux missiles à poudre utilisés jusqu'à présent, est une machine tout à fait ordinaire. Elle possède des réservoirs pour le carburant et l'oxygène liquide, des tuyaux, des vannes et, à la tête de l'engin, le moteur-fusée qui propulse la fusée en l'air. Les fusées les plus puissantes de ce type atteignent une altitude de 3 000 à 4 000 mètres après un décollage à partir d'un léger échafaudage de lancement, et une durée de propulsion d'environ 25 secondes. Au point le plus élevé de leur trajectoire, ils déploient un parachute, puis ils redescendent doucement vers la Terre.

Il n'y aurait pas de difficulté particulière à concevoir des fusées liquides de manière à ce qu'ils puissent atteindre des altitudes de 50 ou 100 kilomètres. Malheureusement, jusqu'à présent, de tels projets ont toujours été ajournés en raison de la sempiternelle question d'argent. Mais il reste à espérer que le financement de ces fusées à haute altitude sera bientôt possible, d'autant plus qu'atteindre de telles altitudes présente également un intérêt scientifique, car elles peuvent nous fournir de nouvelles connaissances sur la nature des couches supérieures de l'atmosphère.

La question de savoir si les véhicules terrestres peuvent également être équipés de moteur-fusées est intéressante au regard de plusieurs tentatives déjà effectuées. En soi, c'est tout à fait possible, mais une chose ne doit pas être négligée : plus le moteur-fusée fonctionne longtemps, plus la vitesse du projectile est élevée. Vous pouvez vous en rendre compte assez facilement : si le moteur s'arrête, toute l'énergie va dans les gaz ; Cependant, s'il se déplace vers l'avant à la vitesse d'éjection des gaz, ces derniers sont immobilisés par rapport au monde extérieur et toute l'énergie est désormais au service du moteur-fusée. Étant donné que la vitesse d'écoulement est d'environ 2 000 mètres par seconde, le moteur-fusée devrait pouvoir atteindre une vitesse propre d'au moins 500 mètres par seconde, et mieux encore. C'est définitivement hors de portée des véhicules terrestres.

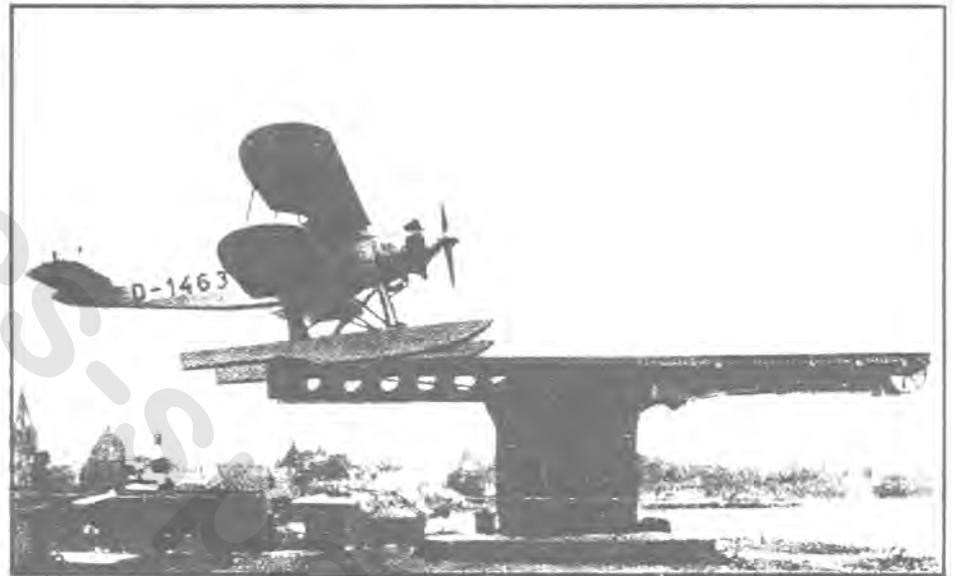
C'est différent pour les avions. Ici, des vitesses illimitées sont théoriquement possibles s'il n'y a qu'un seul moteur assez puissant pour les produire. Mais on ne peut pas non plus imaginer le futur vol de fusée comme celui d'un vol aérodynamique avec des ailes portantes. Cela s'apparentera plus à un lancer. Une vitesse initiale suffisamment élevée permet de jeter une pierre au-dessus d'une rivière. À une vitesse encore plus élevée, vous pourriez aussi bien projeter une pierre de l'Europe à l'Amérique à travers l'océan Atlantique. Un calcul montre qu'une telle portée impliquerait une vitesse initiale d'environ 7 000 mètres par seconde et prendrait environ 25 minutes. Une personne ne pourra jamais imprimer une telle vitesse initiale à une pierre, mais le moteur-fusée est capable de le faire : après un temps de fonctionnement de quelques minutes, une fusée à carburant liquide suffisamment puissante pourrait réaliser un tel vol.

En plus de la fusée destinée à l'exploration de l'atmosphère, la fusée à longue portée pourrait par exemple révolutionner le transport postal, d'autant plus que son exploitation bon marché garantirait également la rentabilité d'une telle entreprise. Même dans un avenir lointain, il n'est pas exclu que l'on parvienne à équiper de telles fusées longue portée, de sorte qu'il soit possible d'atteindre n'importe quel point de la Terre en peu de temps.

Ce n'est qu'une fois que toutes ces choses seront devenues banales dans la vie quotidienne que l'on pourra évoquer la fusée lunaire. Aujourd'hui, on ne peut dire qu'une seule chose sur la possibilité d'atteindre des corps célestes étrangers, c'est qu'aucune loi physique ne s'y oppose, c'est une possibilité théorique. Mais d'ici là, il reste encore un long chemin à parcourir, dont nous ne pouvons encore aujourd'hui connaître l'issue. Restons donc tranquillement sur Terre pour l'instant. Le développement d'un service économique de fusées postales pourra peut-être être mis en place dans les prochaines années et promet non seulement de devenir une entreprise extrêmement intéressante sur le plan technique, mais aussi de créer un nouveau domaine d'activité bénéfique pour l'industrie allemande.

W. v. Braun.

Der Abschluß vom Flugzeug-Katapult



Flugzeugschleuder der Deutschen Werke, Kiel

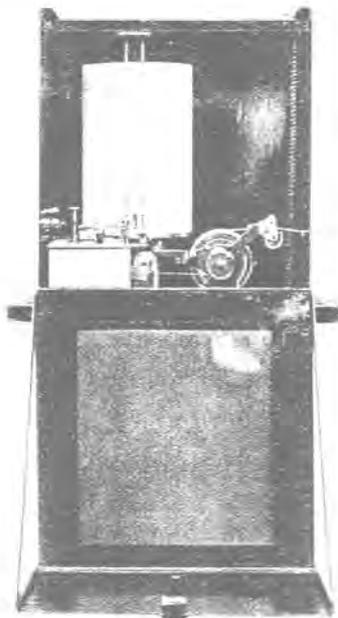
Die Motorengröße der Flugzeuge muß nach der hohen für den Start erforderlichen Leistung bemessen werden, während im Fluge nur ein Teil dieser Maximalleistung erforderlich ist. Bei Wasserflugzeugen ist dieses Verhältnis besonders ungünstig, und für Weitstreckenflüge trägt die Anfangsbelastung durch große Brennstoffvorräte zur Erhöhung dieses Nachteils bei. Man ist daher seit Jahren eifrig bemüht, Hilfskräfte für den Start in Anspruch zu nehmen. Hierfür kommen

außer Schlepperflugzeugen vor allem die Flugzeugkatapulte in Frage. Sie erfüllen gleichzeitig die Aufgabe, einem Flugzeug den Start vom beschränkten Raum, z. B. vom Schiff aus, zu ermöglichen.

Beim Abschluß vom Katapult muß einem Flugzeug auf einer Anlaufstrecke von nur etwa 15 bis 25 Meter eine Stundengeschwindigkeit von 100 bis 120 Kilometer erteilt werden. Es liegt auf der Hand, daß durch die hierbei erforderliche große Beschleunigung hohe Beanspruchungen von Mensch und Material auftreten, deren zulässige Grenzen nicht ohne Gefahr überschritten werden dürfen.

Für das Flugzeug lassen sie sich berechnen bzw. durch geeignete Konstruktionen aufnehmen. Die für den Menschen erträglichen Beanspruchungen aber müssen sorgfältig erprobt werden. Es kommt hierfür nicht allein die Größe der Beschleunigung in Frage, sondern auch die Dauer, während der sie einwirkt, sowie die Geschwindigkeit, mit der die Beschleunigung einsetzt und wieder nachläßt (technisch ausgedrückt, die dritte Ableitung des Weges nach der Zeit). Diese Größe, auf die erst in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit gerichtet wurde, wird in Deutschland mit dem zutreffenden Ausdruck „Ruck“ bezeichnet.

Ähnliche Erscheinungen auf anderen Gebieten machen diese Vorgänge verständlich. Die Insassen eines Kraftwagens empfinden plötzliches Bremsen oder Anfahren als lästig, vor allem den Ruck am Anfang oder Ende. Das gleiche gilt vom Anfahren oder Halten in einem Fahrstuhl. Bei elektrischen Schnellbahnen, bei denen unter Umständen zur Erzielung modernen Großstadtverkehrs die Motoren beim Anfahren von einem Regler automatisch zugeschaltet werden, mußten genaue Vorversuche unternommen werden, welche



Registriervorrichtung zur Flugzeugschleuder

TECHNISCHE RUNDSCHAU

ILLUSTRIERTE BEILAGE ZUM HAMBURGER FREMDENBLATT

DER GRÖSSTEN POLITISCHEN TAGESZEITUNG NORDWESTDEUTSCHLANDS

NUMMER 2 / 12. JAHRG.

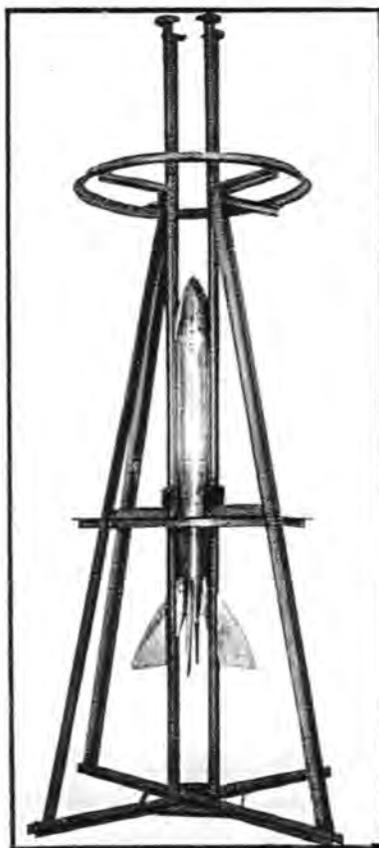
VERLAG BROSCHEK & CO., HAMBURG 36, GROSSE BLEICHEN 38-52

26. FEBRUAR 1932

Das Geheimnis des RAKETEN- FLUGES

Seit einigen Jahren wird in berufenen und in unberufenen Kreisen mit großem Eifer über die Aussichten des zukünftigen Raketenfluges diskutiert. Dabei kann man ein heilloses Durcheinander der verschiedensten Ansichten feststellen, das in den meisten Fällen nicht etwa auf begeisterte Zustimmung oder zurückhaltende Skepsis allein, sondern auch auf eine völlig falsche Vorstellung von den Kernfragen des Raketenproblems überhaupt zurückzuführen ist. Es ist mir häufig begegnet, daß selbst Ingenieure den ganzen Fragenkomplex mit den Worten abtaten: „Raketenflug, ach, das sind die Leute, die nach dem Mond fliegen wollen! Das ist natürlich Phantasterei.“

Die Aufgaben, vor denen die Raketenforscher augenblicklich stehen, haben mit dem Mond überhaupt nichts zu tun. Sie sollen einen neuen Motortyp, der das Stadium des



Flüssigkeitsrakete
im Startgestell

Die abschussfertige Rakete ist eine reguläre Maschine. Eine Aufnahme während des Aufsteigens ist nach der Wirklichkeit wegen zu großer Geschwindigkeit nicht möglich



Die Rakete, um Fallschirm sanft landend

Laboratoriums hinter sich hat, für den praktischen Gebrauch entwickeln. Dieser Motor ist der Rückstoß- oder Raketenmotor.

Man darf sich durch den Namen Raketenmotor nicht verwirren lassen. Ein Raketenmotor hat mit einer Feuerwerksrakete fast gar nichts zu tun: er sieht ihr weder ähnlich, noch hat er die gleiche Arbeitsweise. Nur eines haben beide gemeinsam: das ist das direkte Antriebsprinzip durch den Rückstoß ausströmender Gase.

Dieses Prinzip wollen wir uns ganz kurz einmal klarmachen. Jeder kennt die Erscheinung, daß ein abgefeuertes Gewehr einen Rückschlag gibt, dessen Ursache darin liegt, daß das explodierende Pulver auf das Gewehr mit der gleichen Kraft zurückdrückt, mit der es nach der anderen Richtung das Geschoss hinaustreibt. Es leuchtet ein, daß diese Rückschlagwirkung auch entstehen würde, wenn man das Gewehr in einem luftleeren Raum abfeuern würde, denn mit dem Vorhandensein von äußerer Luft hat dieser Rückschlag zunächst ja gar nichts zu tun. Ein Raketenmotor ist nun nichts anderes als ein Gewehr, das imstande ist, in jeder Sekunde viele Millionen kleinster Kügelchen abzuschließen, nämlich die Moleküle eines aus einer Düse strömenden Verbrennungsgases. Aus allen kleinen Einzelrückschlägen eines jeden herausfliegenden Moleküls entsteht dann eine konstant wirkende Kraft, die als der Rückstoß des Raketenmotors bezeichnet wird. Dieser Rückstoß ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit des Raketenmotors. Es ist leicht einzusehen, daß der Rückstoß einmal zunehmen muß mit der Zahl der sekundlich ausströmenden Moleküle, also der sekundlich erzeugten Gasmenge, zum anderen mit wachsender Ausströmungsgeschwindigkeit.

Der Raketenmotor ist also eine Antriebsmaschine, die keinerlei rotierende oder sonst bewegte Teile benötigt. Aus diesem Grunde besitzt er allen anderen Motorengattungen gegenüber den Vorteil einer weit besseren Energieauswertung, denn seine Verluste sind entsprechend seiner einfachen Bauweise überaus gering.

Auf dem Berliner Raketenflugplatz in Reinickendorf-West wurde kürzlich ein Raketenmotor mit Erfolg vorgeführt, mit dem bei einem sekundlichen Treibstoffverbrauch von 500 Gramm ein dauernder Rückstoß von ziemlich genau 100 Kilogramm erzielt wurde; die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase betrug bei diesem Motor etwa 2000 Meter in der Sekunde.

Will man seine Leistung in der üblichen Weise durch Pferdestärken ausdrücken, so kommt man bei einem Eigengewicht des Motors von 1,5 kg auf eine indizierte Dauerleistung von 2660 PS!

Diese modernen Raketenmotoren des Berliner Raketenflugplatzes arbeiten mit flüssigen Treibstoffen, zumeist Benzin und verflüssigtem Sauerstoff, neuerdings auch mit Alkohol und Flüssigsauerstoff. Wird ein neuer Motor ausprobiert, so läßt man ihn zunächst in einem festen Prüfstand arbeiten, wo seine Leistungen durch Meßinstrumente registriert werden. Erst wenn der neue Motor diese Prüfstandmessungen sowie eine „Zerreißprobe“ mit Überbelastung des Materials mit Erfolg bestanden hat, wird er in eine freifliegende Rakete hineingesetzt und zum Start gelassen. Der Raketenflugplatz Berlin kann bis heute etwa auf 200 Prüfstandversuche und 85 Starts freifliegender flüssigkeitsgetriebener Raketen zurückblicken.

Eine solche Flüssigkeitsrakete, d. h. eine Rakete für flüssige Treibstoffe im Gegensatz zu den bisher verwendeten Pulverraketen, ist eine ganz reguläre Maschine. Sie besitzt Tanks für den Treibstoff und den zugehörigen Flüssigsauerstoff, Rohrleitungen, Ventile und am Kopf des ganzen Apparates den Raketenmotor, der die Rakete in die Höhe zieht. Die zur Zeit leistungsfähigsten Raketen dieser Art erreichen nach einem Start aus einem leichten Startgerüst und einer Antriebsdauer von etwa 25 Sekunden eine Steighöhe von 3000 bis 4000 Meter. An dem höchsten Punkt ihrer Flugbahn entfalten sie einen Fallschirm, an dem sie dann wieder sanft zur Erde herabsinken.

Es würde schon heute keine besonderen Schwierigkeiten mehr verursachen, derartige Flüssigkeitsraketen so zu vergrößern, daß sie bis in Höhen von 50 oder 100 Kilometer empordringen könnten. Leider mußten bisher derartige Pläne immer wegen der leidigen Geldfrage zurückgestellt werden. Doch bleibt zu hoffen, daß die Finanzierung solcher Höhenraketen bald gelingen wird, zumal derartige Raketenanstiege in größte Höhen auch von wissenschaftlichem Interesse sind, da sie uns neue Erkenntnisse über die Beschaffenheit der obersten Luftschichten liefern können.

Anläßlich der verschiedentlich angestellten Versuche mit Raketenautos ist die Frage von Interesse, ob auch für erdgebundene Fahrzeuge die Verwendung von Raketenmotoren in Frage kommt. An sich ist das natürlich ohne weiteres möglich, nur darf eines nicht übersehen werden: Der Raketenmotor arbeitet um so wirtschaftlicher, je höher seine Eigengeschwindigkeit ist. Man kann sich das ziemlich einfach klarmachen: Steht der Motor still, so geht alle Energie in die Gase; bewegt er sich jedoch mit der Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase nach vorn, so stehen die Gase auf die Außenwelt bezogen still und alle Energie kommt jetzt dem Raketenmotor zugute. Da die Ausströmungsgeschwindigkeit nun etwa 2000 Meter je Sekunde beträgt, so müßte der Raketenmotor, um wirtschaftlich arbeiten zu können, eine Eigengeschwindigkeit von mindestens 500 Meter in der Sekunde, besser aber noch erheblich mehr, erreichen können. Das ist mit erdgebundenen Fahrzeugen aber wohl für alle Zeit unerreichbar.

Anders bei Flugzeugen. Hier sind theoretisch unbegrenzte Geschwindigkeiten möglich, wenn nur ein genügend starker Motor vorhanden ist, um sie zu erzeugen. Man wird sich das zukünftige Raketenfliegen indessen auch nicht als ein aerodynamisches Fliegen mit Tragflächenantrieb vorstellen dürfen. Es wird vielmehr eher einem Wurf gleichen.

Durch eine genügend hohe Anfangsgeschwindigkeit gelingt es, einen Stein über einen Fluß zu werfen. Bei einer noch viel höheren Geschwindigkeit könnte man einen Stein genau so gut über den Atlantischen Ozean hinweg von Europa nach Amerika schleudern; die Rechnung zeigt, daß ein solcher Wurf eine Anfangsgeschwindigkeit von etwa 7000 Meter die Sekunde bedingen und etwa 25 Minuten dauern würde. Ein Mensch kann eine derartige Anfangsgeschwindigkeit einem Stein allerdings niemals erteilen,

wohl aber ist der Raketenmotor hierzu in der Lage: Nach einer Antriebsperiode von wenigen Minuten könnte eine genügend große Flüssigkeitsrakete einen derartigen Flug schon bewältigen.

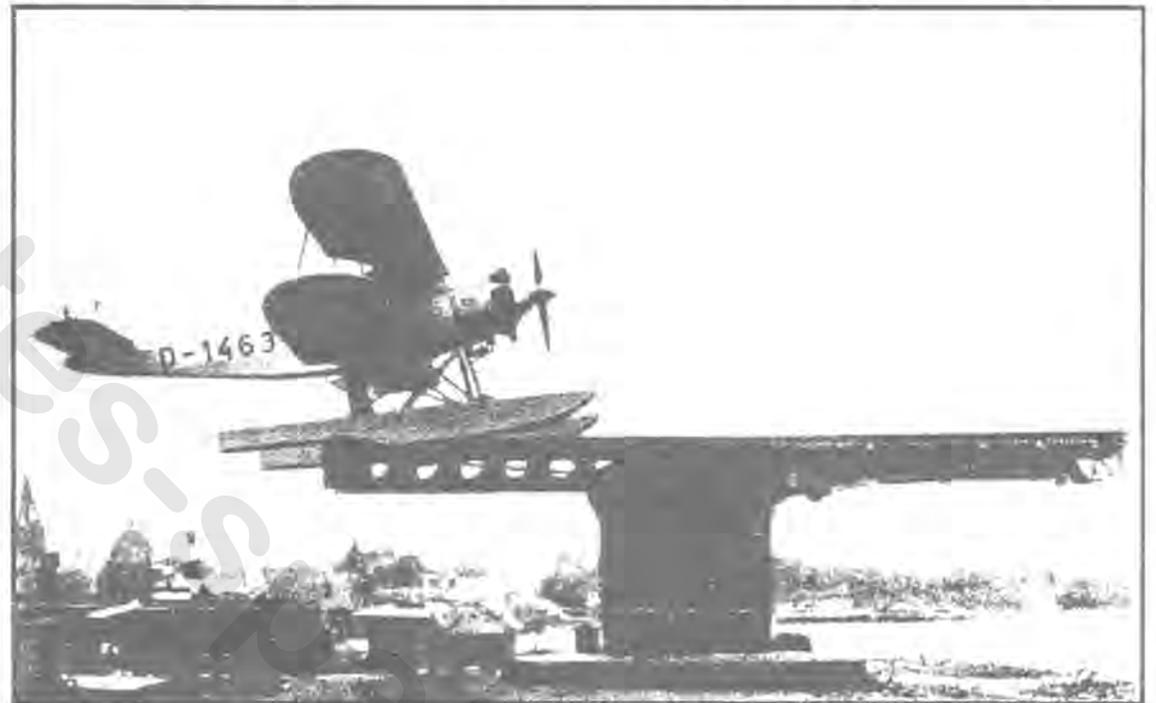
Neben der Höhenrakete für die Erforschung der Atmosphäre wird also auch der Fernrakete z. B. für Postbeförderung eine große Bedeutung erwachsen, zumal ihr billiger Betrieb auch die Rentabilität eines derartigen Unternehmens verspricht. Es ist sogar in ferner Zukunft auch nicht ausgeschlossen, daß es gelingen wird, derartige Fernraketen zu bemannen, so daß die Möglichkeit eines Passagierschnellverkehrs besteht, durch den jeder beliebige Punkt der Erde in kurzer Zeit zu erreichen sein wird.

Erst wenn alle diese Dinge einmal zur Selbstverständlichkeit des Alltags geworden sein werden,

dann wird man die Berechtigung haben, von der Mondrakete zu reden. Heute kann über die Möglichkeit des Erreichens fremder Himmelskörper nur das eine gesagt werden, daß ihr keine physikalischen Gesetze entgegenstehen, daß eine theoretische Möglichkeit wohl besteht. Bis dahin aber wird die Praxis noch einen weiten Weg zu gehen haben, von dessen endlichem Ausgang wir heute noch nichts wissen können.

Bleiben wir also einstweilen ruhig auf der Erde. Die Entwicklung eines wirtschaftlichen Postraketenverkehrs kann vielleicht schon in den nächsten Jahren in Angriff genommen werden und verspricht nicht nur eine technisch außerordentlich interessante Aufgabe zu werden, sondern auch der deutschen Industrie ein neues reiches Betätigungsfeld zu schaffen. W. v. Braun.

Der Abschluß vom Flugzeug-Katapult



Flugzeugschleuder der Deutschen Werke, Kiel

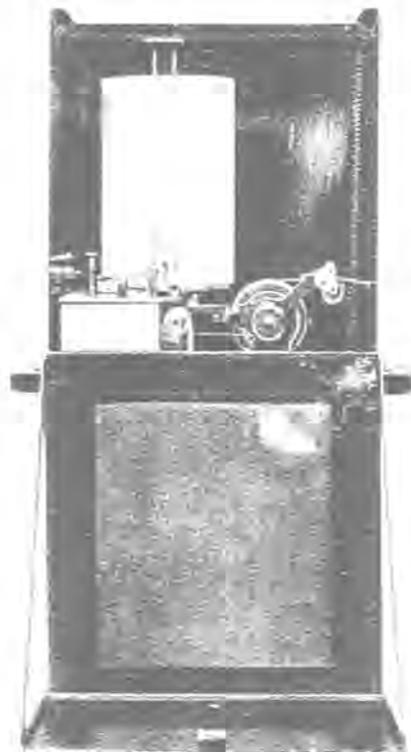
Die Motorengröße der Flugzeuge muß nach der hohen für den Start erforderlichen Leistung bemessen werden, während im Fluge nur ein Teil dieser Maximalleistung erforderlich ist. Bei Wasserflugzeugen ist dieses Verhältnis besonders ungünstig, und für Weistreckenflüge trägt die Anfangsbelastung durch große Brennstoffvorräte zur Erhöhung dieses Nachteils bei. Man ist daher seit Jahren eifrig bemüht, Hilfskräfte für den Start in Anspruch zu nehmen. Hierfür kommen

außer Schlepperflugzeugen vor allem die Flugzeugkatapulte in Frage. Sie erfüllen gleichzeitig die Aufgabe, einem Flugzeug den Start vom beschränkten Raum, z. B. vom Schiff aus, zu ermöglichen.

Beim Abschluß vom Katapult muß einem Flugzeug auf einer Anlaufstrecke von nur etwa 15 bis 25 Meter eine Stundengeschwindigkeit von 100 bis 120 Kilometer erteilt werden. Es liegt auf der Hand, daß durch die hierbei erforderliche große Beschleunigung hohe Beanspruchungen von Mensch und Material auftreten, deren zulässige Grenzen nicht ohne Gefahr überschritten werden dürfen.

Für das Flugzeug lassen sie sich berechnen bzw. durch geeignete Konstruktionen aufnehmen. Die für den Menschen erträglichen Beanspruchungen aber müssen sorgfältig erprobt werden. Es kommt hierfür nicht allein die Größe der Beschleunigung in Frage, sondern auch die Dauer, während der sie einwirkt, sowie die Geschwindigkeit, mit der die Beschleunigung einsetzt und wieder nachläßt (technisch ausgedrückt, die dritte Ableitung des Weges nach der Zeit). Diese Größe, auf die erst in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit gerichtet wurde, wird in Deutschland mit dem zutreffenden Ausdruck „Ruck“ bezeichnet.

Ähnliche Erscheinungen auf anderen Gebieten machen diese Vorgänge verständlich. Die Insassen eines Kraftwagens empfinden plötzliches Bremsen oder Anfahren als lästig, vor allem den Ruck am Anfang oder Ende. Das gleiche gilt vom Anfahren oder Halten in einem Fahrstuhl. Bei elektrischen Schnellbahnen, bei denen unter Umständen zur Erzielung modernen Großstadtverkehrs die Motoren beim Anfahren von einem Regler automatisch zugeschaltet werden, mußten genaue Vorversuche unternommen werden, welche



Registrier Vorrichtung zur Flugzeugschleuder