

## R-Antriebe

Einführung

von Karl-Heinz Hedwig

Vergleichsbetrachtungen und Treibstofffragen  
bei R-Antrieben

von Otto Lutz

Sonderwerkstoffe für R-Antriebe

von Otto Lutz

Über R-Treibstoffe

Von Walter Hertel

Bericht über die R-Triebwerke auf Grundlage des T-Stoffes  
von Hellmuth Walter

Raketentriebwerke auf der Salpetersäurebasis und ihre  
spezifischen Antriebsgewichte

von Helmut Zborowski

R-Gerät mit Sauerstoff

von Adolf Busemann

Pulverraketen

von Heinrich Klein

Der Einfluß des Triebwerkes auf die Flugzeuggestaltung

von Alexander Lippisch

Anwendung des R-Antriebs bei Gleitbomben

von Herbert Wagner

## VORTRÄGE

gehalten auf der Arbeitstagung am 5. August 1943

Sitzungsperiode 1943/44

## Eröffnung

Baumker: Ich eröffne die Arbeitstagung über R-Antriebe und gebe dem Dank der Akademie Ausdruck für das Erscheinen vieler Mitglieder und vor allen Dingen der Gäste, die das Reisen unter den erschwerten Umständen der gegenwärtigen Zeit nicht gescheut haben. Der Gegenstand unserer heutigen Beratung ist von besonderer Wichtigkeit, und ich möchte noch den ausdrücklichen Dank der Akademie denjenigen Stellen des Herrn Generalluftzeugmeisters zum Ausdruck bringen, die es ermöglicht haben, über diese wichtige Aufgabe im Kreise der Akademie und ihrer Fachleute auch aus dem Kreise der nahestehenden Gäste Berichte entgegennehmen zu dürfen und Arbeiten dadurch wieder auszulösen, die zum Nutzen der Gesamtarbeit sein werden. Der Inhalt unserer Beratungen ist vertraulich und für die zukünftige Entwicklung unserer Luftfahrt, später auch einmal der ganzen Luftfahrt in der Welt, von Bedeutung.

Die Akademie stellt sich auf den Standpunkt, daß sie in diesen unter den Einwirkungen des Krieges so bewegten Zeiten ihre Aufgabe weiter erfüllen muß, und daß auch ihre Mitglieder an den Akademiearbeiten Anteil zu nehmen haben, selbst wenn dies viele Unbequemlichkeiten und unter Umständen Gefahr in sich birgt. Sollte dieser schöne Sitzungssaal unserer Akademie eines Tages die am Obertell neuartig aufgehängte künstlerische Decke vermissen lassen, dann werden wir versuchen, an anderer Stelle zusammenzukommen, vielleicht auch nicht einmal in Berlin. In erster Linie aber ist unsere Arbeit anzulehnen an das Schaffen in den Zentralstellen in Behörden, Industrie und Wissenschaft. Wo diese Zentralstellen sich befinden, werden wir zusammenzukommen haben.

Ich habe mich veranlaßt gesehen, diese Ausführungen zu machen, um den Akademiemitgliedern einmal die Auffassung der Leitung der Akademie zu ihren Aufgaben und Pflichten bekanntzugeben. Ich übergebe nunmehr den Vorsitz an den Leiter der Sitzung, Herrn Busmann.

## Einleitung

Busemann: Meine Herren! Die Verhältnisse, unter denen wir nun zusammentreten, sind etwas anders als bei der Planung dieser Tagung. Aber der Gegenstand, mit dem wir uns befassen, zeigt uns, wie ich hoffe, an verschiedenen Stellen der heutigen Vorträge, daß die Zeit, die wir gehabt haben bisher, genutzt ist, um Waffen zu schaffen, die auch für die Abwehr solcher Angriffe, wie wir sie jetzt erleben, geeignet sind, und daß es nötig war, die Zeit auszunutzen, weil gerade diese Art der Waffen eine Entwicklungszeit erfordert, die man meist unterschätzt. Ich möchte aber die Einleitung, die sowieso programmäßig noch vorgesehen ist, nicht durch eigene Worte verlängern, bitte daher den ersten Vortragenden, Herrn Hedwig, seinen Vortrag zu übernehmen und die Einleitung zu sprechen als Vertreter derjenigen Stelle, die die Forschungsaufträge und Entwicklungsstelle im wesentlichen gesteuert hat.

Hedwig: Wenn heute zum erstenmal eine Reihe von interessierenden Fragen auf dem Gebiet der Raketentechnik vor einem größeren Kreis der Wissenschaft, der Industrie und der die Entwicklung steuernden Stellen erörtert werden, so ist der Anlaß hierzu folgender:

Die letzten Jahre äußerst konzentrierter Arbeiten an der mit flüssigen, gasförmigen und festen Treibstoffen betriebenen Rakete erbrachten das bedeutende Ergebnis, daß heute R-Antriebe jeder geforderten Leistung für die verschiedensten militärischen Verwendungszwecke dargestellt werden können: d. h. nicht mehr die Frage, ob überhaupt die Entwicklung zu einem positiven Abschluß gebracht werden kann, als Unbekannte einzusetzen ist, sondern höchstens bei der Vielzahl der laufend neu hinzukommenden Aufgaben die Entwicklungszeit. Nachdem also die bei einer so grundsätzlich neuen Materie stets auftretenden Schwierigkeiten prinzipieller Art als überwunden angesehen werden können, ist es an der Zeit, sowohl mit allen am gleichen Problem arbeitenden Stellen wie auch mit denen, die die Rakete als Vortriebsmittel für im Raum oder unter Wasser sich bewegende Körper benötigen, engsten Gedankenaustausch zu pflegen. Die heutigen Vorträge sollen in diesem Sinne allen Teilnehmern einen Überblick über die verschiedenen Raketenverfahren und deren Anwendungsbereiche vermitteln.

Vorher jedoch noch ein Wort zur geschichtlichen Entwicklung der Rakete. Im Gegensatz zum Kolbenmotor, der nunmehr auf ein Alter von etwa 50 Jahren zurückblicken kann und von allen Völkern als selbstverständliche Antriebsart hingenommen wird, ist die Rakete heute noch in breiten Kreisen von einem mysteriösen Schleier umgeben, obwohl ihre Entwicklungszeit die des Kolbenmotors um ein Vielfaches übertrifft. Es ist bekannt, daß bereits Newton das Raketenprinzip wissenschaftlich untermauerte und z. B. schon 1807 praktischer Einsatz mit Raketen geschossen bei der Bombardierung Kopenhagens erfolgte. Diese Divergenz in dem jahrhundertlangen Vorhandensein der Rakete und ihrer erstmalig im jetzigen Kriege erwarteten mitentscheidenden Bedeutung hat ihre Ursache darin, daß die vergangene Zeit infolge Fehlens der gerade für den Raketenflug erforderlichen präzisen Kenntnis der Ballistik und Aerodynamik die Vorteile dieser Antriebsart für bestimmte militärische Zwecke auszunutzen nicht imstande war. Um so mehr befaßte man sich aber in Literatur und Film mit den eventuellen Verwendungsmöglichkeiten der Rakete — vor allem in Hinblick auf die Raumschiffahrt —, und zwar meistens von Stellen aus, denen es weniger um die ernsthafte Lösung des Problems als vielmehr um die Sensation und damit finanzielle Vorteile zu tun war. Das Ergebnis hiervon war, daß die wenigen am Bau des Raketentriebwerks ernsthaft Arbeitenden mehr und mehr als Phantasten gewertet wurden, wodurch ihre Tätigkeit in bezug auf ideelle und materielle Unterstützung oft unnötig erschwert wurde. Erst der heutigen Zeit blieb es vorbehalten, in der Nebenherbehandlung des Raketenproblems einen grundlegenden Wandel geschaffen zu haben, und die Zukunft wird beweisen, daß die nunmehr konsequente Weiterverfolgung aller diesbezüglichen Fragen — vorerst militärisch gesehen — eine unbedingte Notwendigkeit war.

Wenn erstmalig in diesem Kriege der Rakete eine entscheidende Bedeutung beizukommen scheint, so deshalb, weil sich mit den ständig vertiefenden Kenntnissen auf dem aerodynamischen Gebiet sowie in neuester Zeit auf dem Gebiet der Fernlenkung ihre militärischen Anwendungsmöglichkeiten vervielfältigt haben. Beschränkte sich früher ihre Verwendung auf bodenseitig gebundenen, rein artilleristischen Einsatz, so öffnet erst das Vorhandensein des Flugzeugs sowie seine laufende Weiterzuchtung der Rakete Anwendungsmöglichkeiten auf breiter Basis. Sie seien kurz aufgezählt. Die heute von der Luftwaffe betriebenen Geräteentwicklungen können in 6 Hauptgruppen aufgestellt werden:

1. Hauptantrieb für Jäger und Aufklärer mit größter Steig- und Horizontalgeschwindigkeit für größte Höhen.

2. Zusatzantriebe für den Start zur Verkürzung des Rollweges und Erhöhung der Steiggeschwindigkeit sowie für die Landung zur Verkürzung der Auslaufstrecke,
3. Munitionsantriebe für Fla-Raketen, Gleitbomben, beschleunigte Bomben und Geschosse,
4. Bremsantriebe für den Lastenabwurf,
5. Torpedoantriebe,
6. Gasdämpferzeugung mittels Raketentreibstoffen zur Umsetzung in gradlinige oder rotierende Bewegungsenergie.

Vor Inangriffnahme einer der vorerwähnten Entwicklungsaufgaben ergeben sich hinsichtlich der von vornherein zweckmäßigsten Geräteauslegung eine Reihe von Überlegungen, von denen einige hier behandelt werden sollen. Es ist dies in erster Linie die Frage nach der geeigneten Treibstoffauswahl. Ohne den nachfolgenden Referaten, die den Raketenantrieb gerade von diesem Blickwinkel einer genaueren Betrachtung unterziehen werden, vorgreifen zu wollen, seien nochmals die Forderungen vom einsatzmäßigen Gesichtspunkt zusammengestellt.

Es ist zu unterscheiden zwischen Verlustgeräten und solchen, die einer mehrmaligen Betankung unterzogen werden. Zur ersten Klasse gehören grundsätzlich alle Munitionsantriebe; es müssen jedoch nach den Erfahrungen dieses Krieges in Zukunft aus Gründen der Vereinfachung der Bodenorganisation auch alle Zusatzgeräte für Start und Landung hierzu gerechnet werden. Für alle diese Geräte besteht die Forderung nach möglichst gefahrloser Transportierung und zeitlich unbeschränkter Lagerbarkeit in betanktem Zustand. Es ist hierbei völlig gleichgültig, ob die verschiedenen Typen mit untereinander verschiedenen Treibstoffen arbeiten, vorausgesetzt, daß jeder Nachtankungsvorgang an der Front entfällt. Hinzukommt die selbstverständliche Forderung nach absoluter Kälte- und Wärmefestigkeit der Geräte, also auch der Betriebsstoffe.

Bei diesen Betrachtungen spielt die Verwendung von Pulver eine maßgebliche Rolle, da dieses die gestellten Forderungen hinsichtlich Transport und Lagerbarkeit in vollem Maße, hinsichtlich des Temperaturverhaltens mit gewissen Einschränkungen erfüllt. Die Grenze der Verwendung von Pulver liegt heute noch einerseits in der Unmöglichkeit einer beliebigen Regelbarkeit, andererseits in der Begrenzung der Impulsgröße bei gleichzeitig gefordertem hohen Schub und langer Brenndauer. Gerade in letzter Zeit konnten jedoch beachtliche Erfolge mit Pulverlangbrennern auf Grund systematischer Erprobung verschiedener Abbrand-

systeme erzielt, werden, so daß in Zukunft der Pulverantrieb einen breiteren Raum unter den Geräten einnehmen wird, denen bisher der Flüssigkeitsantrieb vorbehalten war.

Bei den R-Geräten, die im Fronteinsatz einer sich ständig wiederholenden Betankung unterzogen werden müssen, gestaltet sich die Treibstoffauswahl wesentlich schwieriger. Glaubte man vor diesem Kriege eine verhältnismäßig umfangreiche Bodenorganisation unter Zugrundelegung fester Absprunghäfen in Kauf nehmen zu können, so belehrte uns die äußerst bewegliche Kriegführung im Osten eines anderen. Es mußte nun versucht werden, zu den für den normalen Flugbetrieb unbedingt erforderlichen Kraftstoffen mit höchstens zwei, möglichst einer Sondertriebstoffkombination für alle R-Geräte auszukommen, und diese Stoffe mußten auf einer Rohstoffbasis aufgebaut sein, die einerseits vorhanden, andererseits Abzüge in wesentlichen Mengen ohne allzu starke Beeinträchtigung anderer kriegswichtiger Verbraucher gestattete. Diesem Zweck dienten die im letzten Jahr geführten Untersuchungen und Besprechungen, die zum Ziel hatten, die für Wasserstoffperoxyd und Salpetersäure in jeder Hinsicht günstigste Brennstoffkombination ausfindig zu machen. Da das Ergebnis dieser Untersuchungen die R-Entwicklung auf weite Sicht in einer Richtung festlegte, mußte hierbei unter Beachtung aller bedeutsamen Faktoren mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden. Die Arbeiten stehen bis auf kleine prozentuale Verschiebungen innerhalb der zur Salpetersäure zugeordneten einzelnen Brennstoffkomponenten vor dem Abschluß. Der Brennstoff für Wasserstoffperoxyd liegt seit längerer Zeit fest.

Die Frage, welche der beiden Treibstoffkombinationen in späteren Jahren das Feld behaupten wird, kann heute nicht entschieden werden. Fest steht, daß seit Kriegsbeginn die Truppe mit Wasserstoffperoxyd ohne Anstände arbeitet und die erste Entwicklungsreihe des Höhenjägers mit diesem Sauerstoffträger zum Einsatz kommen wird. Genau so feststehend ist die Tatsache, daß die im Vergleich zur Salpetersäureproduktion wesentlich geringere Wasserstoffperoxydproduktionsmöglichkeit bei Einsatz von R-Flugzeugen und R-Munition im großen Stil zum Übergang auf Salpetersäure zwingt. Die oft gestellte Frage kann also nicht heißen, Ausweitung der Wasserstoffperoxyd- oder Salpetersäureproduktion, sondern im gegenwärtigen Stadium der Entwicklung müssen sowohl zur Vermeidung eines plötzlich auftretenden Sondertreibstoffmangels wie zur Sicherstellung evtl. späteren Großeinsatzes beide Sauerstoffträger jede nur mögliche Produktionssteigerung erfahren. Die angestrebte Einheitstreibstoffkombination ergibt sich dann später aus dem Produkt von Frontbewahrung und Bedarf.

Besondere Beachtung verdient ferner bei der Auslegung von R-Triebwerken die Materialauswahl. Herrschte früher die Ansicht, daß wegen der Eigenart der verschiedenen Sondertreibstoffe nur hochwertige Materialien für den Bau von R-Triebwerken verwendet werden könnten und somit dem Serienbau dieser Triebwerke -- vor allem im Kriege -- eine Grenze gesetzt sei, so hat die Versuchsarbeit der letzten Zeit ergeben, daß durch entsprechende Oberflächenbehandlung normaler Werkstoffe und den Treibstoffen beizumengende Zusätze zur Herabsetzung ihrer Aggressivität der Anteil hochlegierter Stähle und verknappter Nicht-eisenmetalle am Gesamtgewicht eines R-Gerätes gering gehalten werden kann. Bedenkt man ferner, daß ein in den Serienbau gehender R-Hauptantrieb mit einer Vergleichleistung von etwa 6000 PS nur 150 kg, also nur den ungefähr 30sten Teil eines gleichstarken Kolbenriebwerks wiegt, so erhellt auch hieraus, daß materialseitig in Zukunft keine Schwierigkeiten zu erwarten sind.

Weiter ist der Frage besondere Beachtung zu widmen, ob Zusatzgeräte für Start und Landung von Flugzeugen als Verlustgeräte mit dementsprechend geringstem Materialaufwand auszulegen sind oder in ihrem Aufbau so ausgebildet werden, daß nach jedem Einsatz frontmäßige Neulaborierung erfolgen kann. Ein Vergleich der Gestehungspreise zweier nach diesen Gesichtspunkten ausgelegter Geräte allein ist nicht ausschlaggebend für die eine oder andere Einführung, sondern in die Überlegung muß unbedingt der Frontaufwand mit einbezogen werden. Dieser ist bei Verlustgeräten sehr gering, kann jedoch bei Geräten, die nach jedem Einsatz wieder instand gesetzt, geprüft und neu betankt werden, beachtliche Ausmaße annehmen.

Die beiden Forderungen nach Anspruchslosigkeit hinsichtlich des Materials und geringsten Arbeitsstundenaufwand einschließlich dem im Frontbetrieb entstehenden kommen sich also entgegen, so daß in Zukunft alle Zusatzgeräte als nur zum einmaligen Einsatz bestimmt auszulegen sind. Es ist durchaus vorstellbar, daß die Förderung der Kraftstoffe die bei dieser Art von Geräten bisher lediglich mittels Preßgasen erfolgt und damit starkwandige Behälter bedingte, von turbinengetriebenen Turbopumpen übernommen wird, die wegen ihrer kurzen Laufzeit so primitiv wie möglich unter Inkaufnahme eines schlechten Wirkungsgrades herzustellen wären.

Bei den Munitionsantrieben liegen die Verhältnisse in bezug auf die Materialauswahl wiederum anders. Es werden hier in den meisten Fällen sehr scharfe Anforderungen an das Leistungsgewicht zugunsten der Nutzlast gestellt, die nur unter Verwendung hochwertiger Materialien erfüll-

har sind. Dem scheint im Hinblick auf eine Munitionsmassenerzeugung die heutige Materiallage entgegenzustehen. Bei genauerer Überlegung ergibt sich jedoch folgendes Bild:

Zur Bekämpfung fliegender Ziele von der Erde und aus der Luft sowie von Erdzielen vom Flugzeug aus laufen heute die verschiedensten Entwicklungen, von denen der größte Teil die Fernlenkung vorsieht. Da angenommen werden kann, daß im Laufe der Entwicklung dieses Zielverfahren allen anderen weit überlegen sein wird, bedeutet dies praktisch, daß in Zukunft zur Vernichtung eines Objektes nur ein Bruchteil der bisher aufgewendeten Munition benötigt wird, d. h., daß dem Feind durch geringen Materialaufwand möglichst großer Materialverlust zugefügt wird, und nicht umgekehrt. Wenn dies erreicht ist oder sich auch nur als erreichbares Entwicklungsziel abhebt, dürfte gegen die Verwendung hochwertiger Materialien in R-Munition nichts mehr einzuwenden sein.

Die vorgenannten Erörterungen erheben nicht den Anspruch darauf, einen lückenlosen Einblick in die Probleme der Raketentechnik zu geben. Sie greifen nur Teile des Fragenkomplexes heraus, die heute oft im Mittelpunkt der Diskussion stehen. Die folgenden Vorträge werden weitere, den chemischen Teil und die Geräte selbst betreffende allgemein interessierende Debatten auslösen.

Die Aufgaben, die dem Raketenbauer bevorstehen, sind ungeheuer groß. Es sei nur auf ein Gebiet hingewiesen, das in absehbarer Zeit an Bedeutung wesentlich gewinnen wird. Es ist dies der rückstoßfreie oder rückstoßgemilderte Abschub großkalibriger Geschosse vom Flugzeug aus. Gerade die heute angewandte feindliche Angriffstaktik mit ihrer zusammengefaßten Abwehr erschwert den Angriff auf solche Verbände mit den vorhandenen Waffen sehr. Es muß also eine Waffe geschaffen werden, die — außerhalb des Feuerbereichs der feindlichen Abwehr abgeschossen — bei bestmöglichem Trefferbild noch die zerstörende Wirkung erzielt, die den Absturz herbeiführt. Die Sprengstoffmenge und damit das hierfür benötigte Geschob wird so groß, daß es vom Flugzeug aus nur rückstoßfrei oder rückstoßgemildert, also mit R-Antrieb verschossen werden kann. Es ist klar, daß im Endziel die Abschubgestelle den aerodynamischen Verhältnissen am Flugzeug angepaßt sein müssen.

Denkt man daran, daß raketenangetriebene Geschosse, evtl. ferngelenkt, von Kriegsschiffen verschossen werden können, so ist jedem klar, was es für die Seekriegsführung bedeutet; wenn in Zukunft von kleinen schnellen Einheiten großkalibrige Geschosse oder von großen Einheiten übergroße verschossen werden können. Der Raketenantrieb hat also allen Wehrmachtsteilen vielleicht auch heute noch nicht ganz überschaubare neue Möglichkeiten eröffnet.

Der Vorsprung, den Deutschland auf dem Raketengebiet vor den Feindmächten nach den vorliegenden Informationen noch hat, muß unbedingt gehalten werden. Alle Forschungs- und Entwicklungsstellen werden hieran gerade heute zuhause arbeiten.

Busemann: Ich danke Herrn Hedwig für seine einleitenden Worte, die uns gezeigt haben, welche äußeren Bedingungen gegeben sind für den R-Antrieb, welche taktischen Forderungen zu erfüllen sind und wie die Industrielage in der Fertigung ist. Wenn nicht irgend jemand vom Reichsluftfahrtministerium noch ein paar besondere Worte sprechen will, dann glaube ich, daß zu diesem Vortrag eine Diskussion an sich nicht nötig ist, und wir treten damit in den eigentlichen Bearbeitungsgegenstand. Ich möchte Ihnen zuvor einen Überblick über die Vortragsfolge geben. Es sind zunächst zwei Übersichtsvorträge geplant, die von einem Triebwerkfachmann und einem Treibstoffachmann gehalten werden. Dann kommen drei Entwicklungsstellen zu Wort, die verschiedene Treibstoffe verwendet haben, das sind Walter, Zborowski und Klein, und ich selber werde als eine Art Kristallisationspunkt für eine eventuelle Aussprache noch das R-Gerät mit Sauerstoff in 10 Minuten behandeln. Dann kommen zum Schluß zwei Vorträge, die die Aerodynamik und Ballistik betreffen. Das ist die Einteilung des heutigen Programms, und ich möchte nun gleich zu dem ersten Kapitel, dem Überblick über R-Antriebe, übergehen und bitte Herrn Lutz, das Wort zu ergreifen.