

50 JAHRE DLR LAMPOLDSHAUSEN

Herausgeber **Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Raumfahrtantriebe
Lampoldshausen

Anschrift Im Langen Grund
74239 Hardthausen

Redaktion Catrin Behlau, Dr. Severin Roeseling,
Geschichtsbüro Reder, Roeseling & Prüfer, Köln
Anja Seufert, DLR Lampoldshausen

Gestaltung Udo Krüger
Geschichtsbüro Reder, Roeseling & Prüfer, Köln

Druck Bernd Rölle, Köln

Drucklegung August 2009

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige
Verwendung nur nach vorheriger Absprache
mit dem DLR gestattet.

www.DLR.de

1959–2009

50 Jahre

DLR Lampoldshausen



VORWORT

„Der Weltraum – unendliche Weiten“ – Raumfahrt, Raketentechnik, Hochtechnologie: Bis heute sind das für viele Menschen vor allem Zukunftsthemen und Fiktionen. Sie verbinden damit Hoffnungen, oft aber auch Unbehagen. Tatsächlich sind wir natürlich längst im Weltraum-Zeitalter angekommen. Viele Bereiche unseres täglichen Lebens sind tiefgreifend davon geprägt, dass Satelliten Informationen sammeln, die nur vom Weltraum aus erhoben werden können. Wetterbeobachtung und -vorhersage, satellitengestützte Navigation, die wissenschaftliche Erdbeobachtung – Themen, die ohne Satelliten nicht denkbar sind. Die künstlichen Erdtrabanten übermitteln und transportieren zudem nahezu in Echtzeit und vor allem weltweit Informationen von jedem Ort, was auf den traditionellen Wegen – per Post, über Funknetze bis hin zur Kabelübertragung – kaum möglich wäre. Im All werden unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit medizinische und wissenschaftlich-technische Experimente durchgeführt. Viele Techniken und Materialien werden für die Raumfahrt entwickelt, finden dann aber weitere Anwendung im Alltag. Die Raumfahrt ist der Fokus für Hochtechnologien.

Bei alledem spielt die Neugier des Menschen eine große Rolle. Bemannte Flüge zum Mars, Kolonien auf dem Mond – es gibt viele Projekte, die heute noch utopisch klingen. Aber mit Utopien haben Raketentechnik und Weltraumflüge vor mehr als 100 Jahren begonnen. Sie wurden dann weltweit durch Pioniere und Enthusiasten realisiert, leider auch missbraucht von Diktatoren für deren kriegerische Zwecke. Gerade die europäische Raumfahrt zeigt aber, wie ein großes gemeinsames Thema Staaten zusammenbringen kann, die noch wenige Jahre zuvor Krieg gegeneinander geführt haben. Die gemeinsame europäische Raumfahrt startete rund zehn Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg und fast von Beginn an war auch der heutige DLR-Standort Lampoldshausen mit dabei.

Seine Geschichte begann 1959, vor 50 Jahren, als Eugen Sänger das Gebiet im Harthäuser Wald für den Bau eines Prüfstandsgeländes für Raketentriebwerke vorschlug und die politischen Gremien ebenso wie die örtliche Bevölkerung dafür begeistern konnte. In den vergangenen fünf Jahrzehnten hat der Standort die wechselvolle Entwicklung der europäischen Raumfahrt miterlebt und mitgestaltet – eine Entwicklung geprägt von Höhen und Tiefen, von Erfolgen und Rückschlägen. Und es war eine Geschichte, die nicht zuletzt auch dem Projekt „Europa“ selbst zum Durchbruch verholfen hat.

Der DLR-Standort Lampoldshausen leistet bis heute einen wichtigen Beitrag zur europäischen Raumfahrt. Das ist vor allem eine Erfolgsgeschichte der Menschen, die hier arbeiten. Die Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Handwerker haben mit ihrem Know-how und ihrer Erfahrung die Entwicklung der Raketenantriebstechnik maßgeblich beeinflusst. Sie schaffen mit eigenen Ideen und selbst entwickelten Techniken die Voraussetzungen für den Triebwerkstest unter Vakuumbedingungen und sie arbeiten mit an der ständigen Weiterentwicklung von Raketenkomponenten wie Brennkammern und Düsen. Ihnen gebühren daher Dank und Anerkennung für ihre Leistungen.

Mit unserem Buch geben wir einen ausführlichen und reich illustrierten Überblick über 50 Jahre im Dienst der europäischen Raumfahrt. Obwohl die Anwohner in den umliegenden Gemeinden durch die Triebwerksversuche immer wieder an den DLR-Standort erinnert werden, wissen doch eigentlich nur wenige Menschen, was hier geleistet wird. Zu unserem 50-jährigen Jubiläum möchten wir daher allen Interessierten einen Einblick gewähren in das, was hier am DLR-Institut für Raumfahrtantriebe geschieht, auch wenn es uns nicht möglich war, die Vielzahl der Projekte und Arbeitsschwerpunkte umfassend zu beschreiben.

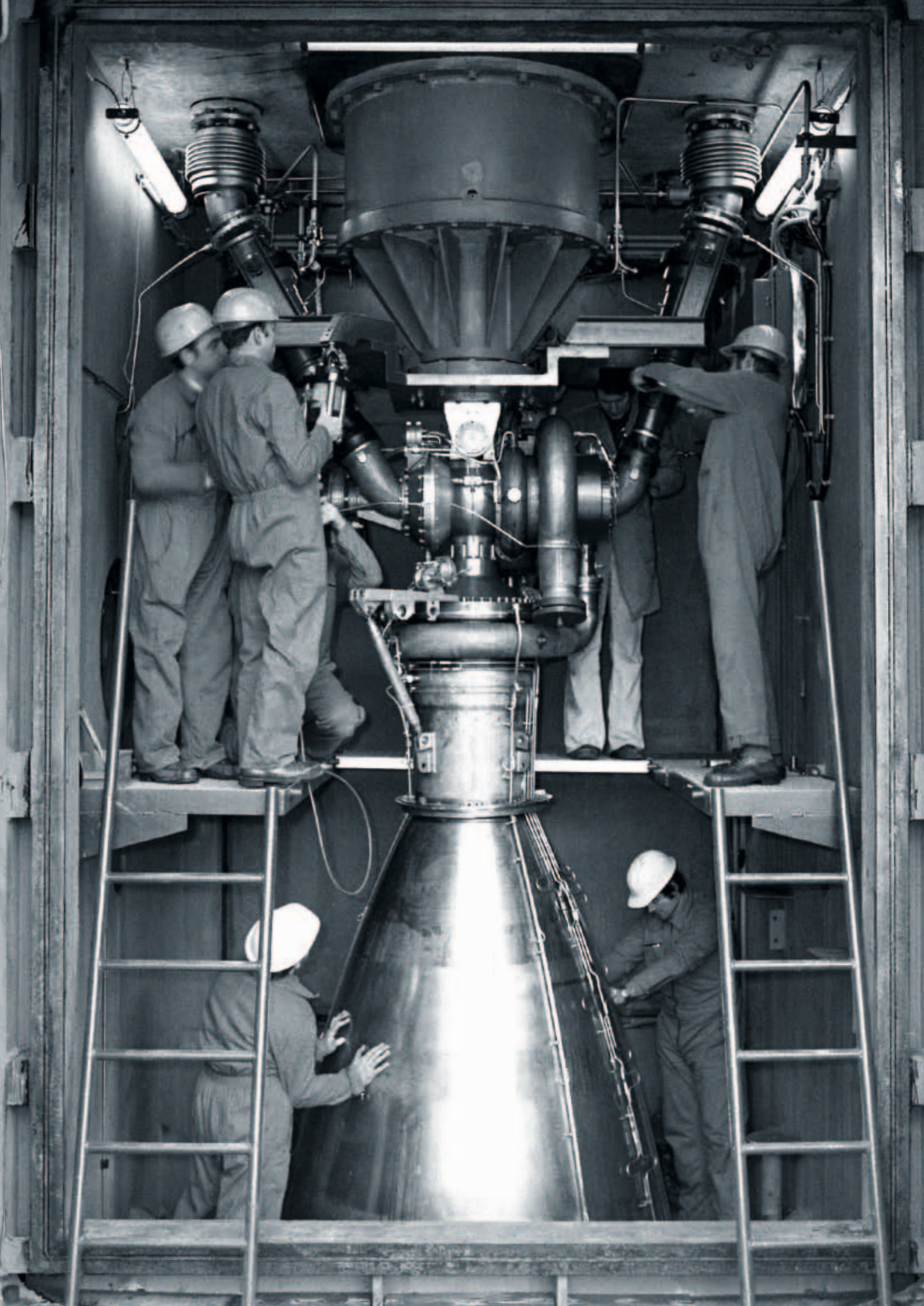
Weltraumprogramme sind aufwändig und sie sind daher immer wieder Gegenstand öffentlicher Diskussionen. Die ESA-Staaten beraten regelmäßig auf der Ministerratskonferenz, wie es mit der europäischen Raumfahrt weitergeht. Die Zukunft des Standortes Lampoldshausen ist daher immer auch von politischen Entscheidungen abhängig. Aber ganz gleich, in welche Richtung die europäische Raumfahrt gehen wird, Lampoldshausen ist mit dem Know-how und der Erfahrung seiner Mitarbeiter und mit seinen modernsten Testanlagen für alle Herausforderungen gut gerüstet.



Prof. Dr.-Ing. Stefan Schlechtriem
Direktor des Instituts für
Raumfahrtantriebe



Dipl.-Ing. Klaus Schäfer
Co-Direktor des Instituts für
Raumfahrtantriebe



INHALT

Prolog: Start mit Turbulenzen – Lampoldshausen, Herbst 1959	8
--	----------

1923–1954

Zwischen Visionen und Vernichtung – Die deutsche Raketenforschung	14
Von der Utopie zur Wirklichkeit	16
Forschung und Vernichtung	20
Nach dem Krieg: Raketenforscher im Ausland	26

1954–1963

Vom FPS zur europäischen Integration – Der Aufbau des Standortes Lampoldshausen	30
Der Wiederbeginn der Raketenforschung	32
Die Gründung des Standortes Lampoldshausen	35
Ein Start mit Konflikten	41

1963–1973

Der Beginn der europäischen Raumfahrt – Das ELDO-Programm	44
Europa auf dem Weg ins All	46
Europa in Lampoldshausen	51
Das Scheitern des ELDO-Programmes	58

1973–1988

Der eigenständige Zugang Europas zum Weltraum – Die Erfolgsgeschichte der Ariane	64
Eine neue Organisation für eine neue europäische Raumfahrt	66
Ein Konzept setzt sich durch – Ariane	70
Ariane 4 – der Welterfolg	76

1988–2009

Vulcain, Aestus und Vinci – DLR Lampoldshausen auf dem Weg ins neue Jahrtausend	82
Ariane 5 – Entwicklung einer Großrakete	84
Strategien für das 21. Jahrhundert – Lampoldshausen 2000+ und die europäische Raumfahrt	95

Epilog: Unendliche Weiten. Ein zuversichtlicher Blick in die Zukunft des DLR Lampoldshausen	102
--	------------

Glossar und Abkürzungsverzeichnis	108
Dank, Quellen-, Literatur- und Bildnachweis	111

Prolog

Start mit Turbulenzen – Lampoldshausen, Herbst 1959



Spontaner Applaus erhob sich an diesem Herbstabend des 10. Oktober 1959 im Rathaus von Lampoldshausen. Professor Eugen Sänger, bekannter Raumfahrtvisionär und Wissenschaftler, war zufrieden: In einer mitreißenden Rede hatte er die Lampoldshausener Bürger davon überzeugt, wie wichtig das geplante Prüfstandsgelände für Raketen-triebwerke in ihrer Gemeinde, 18 Kilometer nördlich von Heilbronn, war. Er hatte damit die letzte Hürde genommen. Jetzt stand einer Bebauung des Geländes mit Raketenprüfständen, Straßen, Treibstofflagern und Bürogebäuden nichts mehr im Wege. Sänger war am Ziel.

Hinter Eugen Sänger und seinen Mitstreitern lagen mehrere Jahre der Planung, Organisation und Überzeugungsarbeit. Als Sänger mit seiner Frau Irene Sänger-Bredt 1954 aus Frankreich in die Bundesrepublik Deutschland zurückkehrte, gab es hier keine Raumfahrtforschung mehr. Seit Ende des Zweiten Weltkrieges herrschte ein Forschungsverbot, das nur schrittweise aufgehoben wurde. Doch Eugen Sänger wollte sich am Aufbau der bundesdeutschen Raumfahrtforschung beteiligen und gründete dazu 1954 in Stuttgart das „Forschungsinstitut für Physik der Strahl-antriebe“ (FPS). Dort beschäftigten sich die Wissenschaftler hauptsächlich mit der Entwicklung von Raketenantrieben für Rüstung und Raumfahrt. Spätestens seit 1957 war jedoch klar, dass das Institut ohne ein geeignetes Testgelände für Flüssigkeits-raketenantriebe nicht erfolgreich arbeiten konnte.

Für die Planung und den Betrieb eines solchen Geländes hatte Professor Sänger den Ingenieur Professor Wolfgang Pilz und eine Gruppe weiterer deutscher Raum-fahrtingenieure aus Frankreich geholt, wo sie seit Ende des Zweiten Weltkrieges gearbeitet hatten. Alles schien problemlos zu verlaufen. Lediglich die Suche nach einem geeigneten Gelände war schwierig und langwierig. Am Ende war von 33 möglichen Standorten in Baden-Württemberg nur einer übrig geblieben: das Gebiet „Im Langen Grund“ im Harthäuser Wald. Das Gelände gehörte dem Land Baden-Württemberg, das einer Nutzung zustimmte. Widerstand regte sich jedoch in den anliegenden Gemeinden Möckmühl und Lampoldshausen, die die Bebauung ab-lehnten. Der Ton wurde schärfer und die Gemeinderäte stimmten schließlich gegen Sängers Plan. Und dafür gab es durchaus auch Gründe.

Raumfahrt am Scheideweg

Der Plan für ein solches Testgelände für Flüssigkeitsraketenantriebe im Hart-häuser Wald fiel in eine Zeit des Wandels von der militärischen zur zivilen Nutzung der Raumfahrt. In der jüngsten Vergangenheit hatte die noch junge Disziplin große Fortschritte gemacht: 1942 hatten deutsche Ingenieure in Peenemünde mit der A4 die erste Rakete in den Weltraum gestartet. Nur 15 Jahre später gelang es der Sowjetunion, mit „Sputnik 1“ den ersten Satelliten erfolgreich ins All zu bringen. Noch war die Raketentechnik überwiegend eine rein militärische Angelegenheit, aber während des „Geophysikalischen Jahres“ 1957/58 wurde darüber nachgedacht, ihre Möglichkeiten auch für zivile Zwecke zu nutzen. Wohin der Weg führen sollte, war aber noch unklar. Visionäre wie Eugen Sänger träumten von Reisen zu weit entfernten Planetensystemen. Die Supermächte USA und UdSSR rüsteten zur gleichen Zeit mit Atomwaffen auf, um sich gegenseitig in Schach zu halten. Der Kalte Krieg war allgegenwärtig.

In Deutschland hatten Raumfahrt und Raketentechnologie nach den Erfahrungen des Zweiten Weltkrieges ohnehin keinen guten Ruf – weder in der Bevölkerung noch in der Politik. Der Gemeinderat von Lampoldshausen hielt die zivile Raumfahrt für eine Technologie ohne Zukunft und erwartete von dem Bau des Testgeländes für Flüssigkeitsraketenantriebe keine wirtschaftlichen Vorteile für die Region. Die Bevölkerung bezweifelte ohnehin die friedliche Nutzung der Raketentechnologie. Mitten im Kalten Krieg fragten sich viele Menschen, ob ein Raketentriebwerkstestgelände – und damit ihr Dorf und ihr Zuhause – im Kriegsfall Ziel von Angriffen sein könnte. Die Erinnerung an den Zweiten Weltkrieg war bei vielen Bewohnern noch frisch: Lampoldshausen war im Bombenkrieg zu 60 Prozent zerstört worden und das war noch keine 15 Jahre her. Viele befürchteten auch Umweltschäden und damit eine Gefährdung der Menschen. Ohne die Zustimmung der Bevölkerung und der Gemeindevertretung wollte Sänger das Testgelände jedoch nicht bauen. Mit einem Vortrag versuchte er daher, die Bedenken der Bürger und des Gemeinderates auszuräumen und sie mit Informationen und Argumenten zu überzeugen.

Für einen solchen Vortrag über die friedliche Nutzung der Raumfahrttechnologie war kaum jemand besser geeignet als Eugen Sänger: Nur ein Jahr zuvor hatte er in dem Buch „Raumfahrt – die technische Überwindung des Krieges“ seine Vision einer friedlichen Nutzung der Raketentechnik erläutert. Die Thesen waren spektakulär: Durch ihre technologische Weiterentwicklung werde die Raumfahrttechnik für die militärische Nutzung auf der Erde unbrauchbar und befriede sich dadurch selbst. Sänger entwickelte stattdessen Visionen einer zivilen Nutzung: Reisen zu fernen Galaxien, Raumstationen und Hyperschallflugzeuge würden schon bald zum Alltag der Menschheit gehören. Als Antriebe der Zukunft sah Sänger Photonen- und Ionentriebwerke. Mit seinen Visionen einer hoch technisierten Zukunft stand der Wissenschaftler keineswegs allein. Und seit dem Sputnik-Erfolg schienen dem technologischen Fortschritt keine Grenzen mehr gesetzt. Die Menschheit konnte den Weltraum erobern und Lampoldshausen wäre dabei – wenn die Bürger dem Bau des Testgeländes zustimmen würden.

Sängers Rede – ein durchschlagender Erfolg

Als Eugen Sänger am 10. Oktober 1959 für seinen Vortrag nach Lampoldshausen reiste, war die Nervosität unter den 800 Einwohnern bereits sehr groß. Zweimal war der Bau des Testgeländes bereits abgelehnt worden, jetzt musste die endgültige Entscheidung bald fallen. Entsprechend groß war der Andrang. Der Saal für die Gemeindeversammlung war bis auf den letzten Platz gefüllt, längst nicht alle Interessenten hatten einen Sitzplatz gefunden. Fast alle Familien waren vertreten.

Alle wollten wissen, was in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft in Zukunft geschehen sollte. Auf dem Podium saßen neben Eugen Sänger auch Vertreter der Gemeinde und des Landes Baden-Württemberg, unter ihnen der Landrat und ein Vertreter des Wirtschaftsministeriums.

Die Stimmung war sehr aufgewühlt. Die Bürger fühlten sich über die Vorgänge im Harthäuser Wald schlecht informiert, Unsicherheit und Unwissenheit waren groß. Eugen Sänger ergriff das Wort und sprach zwei Stunden lang zu den Lampoldshausener Bürgern. Er berichtete von den aktuellen Entwicklungen in der Weltraumforschung und erzählte von der Revolution der Weltraumfahrt, in der sich die Welt gerade befinde. Er sprach von einfachen Propellermaschinen zu Beginn des Luftfahrtzeitalters und von Plänen für einen Photonenantrieb oder für Observatorien auf dem Mond. Sängers Visionen begeisterten seine Zuhörer: Minutenlanges Applaus folgte seinen Ausführungen.

Nach diesen Visionen für die Zukunft mussten allerdings auch die konkreten Fragen der Gegenwart beantwortet werden – vor allem von den Verantwortlichen aus Politik und Wirtschaft. Sie betonten immer wieder, dass das Gelände nur zu friedlichen Zwecken genutzt werden würde. Dagegen seien die Vorteile für die Lampoldshausener Infrastruktur groß. So sollten die Bürger im Norden des Ortes an die Wasserversorgung des Standortes angeschlossen werden, um ihr Trinkwasser nicht länger aus einem Brunnen holen zu müssen. Am Ende konnten diese konkreten Vorteile auch die letzten Zweifler überzeugen.

Lampoldshausen wird Teil der europäischen Raumfahrt

Mehr als drei Stunden waren die Lampoldshausener Bürger inzwischen im Rathaus versammelt. Mitglieder des Gemeinderates verlangten jetzt eine neue Abstimmung zur Bebauung des Harthäuser Waldes. Der Bürgermeister von Lampoldshausen, Ludwig Haspel, bat daraufhin spontan um Handzeichen der Bürger für die Bebauung, und das Ergebnis war eindeutig: Fast alle Anwesenden stimmten für das Testgelände. Damit war die Entscheidung für den Standort Lampoldshausen endgültig gefallen, denn das FPS hätte sein Testgelände bei einer Ablehnung vermutlich in Bayern errichtet. Doch dazu kam es nicht. Vielmehr wurde schon kurz nach der Versammlung mit dem Ausbau des Geländes begonnen. Mit ihrer Abstimmung sicherten sich die Lampoldshausener Bürger am 10. Oktober 1959 ihren Platz in der europäischen Raumfahrt.



EIN FILM VON
FRITZ LANG

FRAU IM MOND

DECEN

1923–1954

1912 In Berlin-Adlershof wird die „Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DVL) gegründet, eine der Vorgängerorganisationen des DLR.

1923 Hermann Oberth veröffentlicht „Die Rakete zu den Planetenräumen“ und löst damit eine Raumfahreuphorie im Deutschen Reich aus.

1927 Am 5. Juli gründen Raumfahrtenthusiasten in Breslau den „Verein für Raumschiffahrt“ (VfR), in dem neben Hermann Oberth auch Wernher von Braun Mitglied war.

1928 Fritz Lang dreht den UFA-Film „Frau im Mond“. Für diesen Film sollte Hermann Oberth mit einem Team eine Rakete bauen.

1936 In Braunschweig wird die „Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DFL) gegründet, die bis 1945 militärische Luftfahrtforschung betreibt.

In Peenemünde und Trauen beginnt der Bau von Raketenprüfstandsgeländen der Wehrmacht. Seit der Machtübernahme der Nationalsozialisten wird die Raumfahrt ausschließlich militärisch betrieben. Das Versuchsgelände in Trauen leitet Eugen Sänger.

1942 Am 3. Oktober startet in Peenemünde mit der A4 die erste Rakete in den Weltraum. Ihr Typ wird als „V2“ im Zweiten Weltkrieg eingesetzt.

1946 Nach dem Zweiten Weltkrieg verbieten die Alliierten die weitere Forschung an Raumfahrtssystemen in Deutschland.

1948 In Stuttgart wird die „Gesellschaft für Weltraumforschung“ (GfW) gegründet.

1951 Gründung der „International Astronautical Federation“ (IAF) in Paris. Eugen Sänger wird ihr erster Präsident.

Zwischen Visionen und Vernichtung

Die deutsche Raketenforschung

Die Errichtung des Testgeländes für Flüssigkeitsraketenantriebe im Harthäuser Wald stand in einer längeren Tradition deutscher Raumfahrtforschung: Bereits in den 1920er-Jahren hatten Visionäre wie Hermann Oberth, Rudolf Nebel oder Wernher von Braun Theorien zum Bau von Raketen entwickelt und erste Versuche dazu angestellt. Während des Zweiten Weltkrieges wurde die Raketentechnik unter den Nationalsozialisten für militärische Zwecke weiterentwickelt. In Peenemünde startete im Oktober 1942 mit der A4 die erste Großrakete der Welt fast 100 Kilometer in den Weltraum. Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges gingen viele Wissenschaftler ins Ausland, vor allem in die USA, in die Sowjetunion und nach Frankreich. Die Erfahrungen und Forschungsergebnisse aus Peenemünde wurden dort zur Basis für die Entwicklung neuer Raketen. Während Raketenforschung und -entwicklung bei den Siegermächten florierten, stoppte die Raumfahrtforschung in Westdeutschland infolge des Verbots des Alliierten Kontrollrates zunächst. Bereits in den 1950er-Jahren gab es aber erste Anzeichen, dass das Verbot aufgehoben würde.

Von der Utopie zur Wirklichkeit

Deutschland, 1923: Ein kleines Buch erregte großes Aufsehen. Der junge Ingenieur Hermann Oberth veröffentlichte im Oldenbourg Verlag seine Diplomarbeit „Die Rakete zu den Planetenräumen“. Oberth entwickelte darin konkrete Ideen, wie eine Rakete für die Reise in den Weltraum gebaut werden könnte. Die erste Auflage war rasch vergriffen – eine wahre Raumfahrteuphorie setzte ein.

Diese Raumfahrtbegeisterung in den 1920er-Jahren war kein Zufall: Die deutsche Niederlage im Ersten Weltkrieg 1918 und das Ende des Kaiserreiches führten zu einem tiefgreifenden gesellschaftlichen Umbruch. Die junge Weimarer Republik brachte zwar viele neue Freiheiten, sie war aber auch nach Kriegsniederlage, Revolution und Inflation von schweren politischen und gesellschaftlichen Spannungen geprägt. Gleichzeitig blühten in diesem nervösen Klima Kunst und technische Innovationen. Telefon, Automobil, Flugzeug – ungeahnte technische Möglichkeiten bestimmten immer stärker auch den Alltag der Deutschen. Dennoch konnte sich damals kaum jemand ernsthaft Reisen in den Weltraum vorstellen. Wer sich mit Raumfahrt beschäftigte, galt als Träumer.

Der Siebenbürgener Raketenpionier Hermann Oberth löste 1923 mit seinem Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen“ eine Raumfahrteuphorie in Deutschland aus.

Die Rakete zu den Planetenräumen

So erging es auch dem gebürtigen Siebenbürgener Hermann Oberth. Viele hielten den jungen Mann für einen Phantasten und die meisten Verlage lehnten die Veröffentlichung seines Buches ab. Dabei war Oberth nicht der erste, der sich wissenschaftlich mit der Idee der Raumfahrt befasste. Bereits 1903 hatte der Russe Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski in seinem Buch „Erforschung des Welt-

raums mittels Reaktionsapparaten“ Grundlagen zur Raketentechnik präsentiert und erste Konzepte für eine Flüssiggasrakete mit Brennkammertechnologie, Steuerungstechnik und Lageregelung entwickelt. Auch der amerikanische Mathematiker und Physiker Robert Hutchings Goddard beschäftigte sich mit Raketentechnologie und unternahm in den 1920er- und 1930er-Jahren zahlreiche Raketenstarts. Wie Ziolkowski blieb er von der Weltöffentlichkeit aber weitgehend unbeachtet.

Ohne die Berechnungen von Ziolkowski und die Versuche Goddards zu kennen, entwickelte nun Hermann Oberth seine Idee, Raketen für den Transport in den Weltraum zu nutzen, zu konkreten Konzepten und Konstruktionsentwürfen weiter. Mit seinem Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen“ zeigte er 1923, dass Raumfahrt nicht bloß Utopie, sondern technisch durchführbar war. Seine Theorie: Die Brennschlussgeschwindigkeit einer Rakete ist identisch mit der Ausströmgeschwindigkeit ihrer Verbrennungsgase multipliziert mit dem natürlichen Logarithmus des





Verhältnisses von Startmasse zur Leermasse der Rakete. Als Treibstoffe plante Oberth unter anderem Benzin oder flüssiges Methan. Doch das war noch nicht alles: Oberth stellte Überlegungen zum Bau zukünftiger Raumstationen, zu den Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf den Menschen sowie zur Erdbeobachtung an. In seinem zweiten wichtigen Buch „Wege zur Raumschiffahrt“ stellte er 1929 unter anderem ein von ihm erfundenes Ionentriebwerk vor. Mit seinen Theorien wurde der Ingenieur in der Weimarer Republik zum Vater der Raumfahrt.

Mit zahlreichen Experimenten versuchten die Mitglieder des Vereins für Raumschiffahrt (VfR), eine flugfähige Rakete zu entwickeln.

Raumfahrteuphorie

Trotz zum Teil massiver Kritik aus der Forschung löste Oberth einen wahren Raumfahrtboom in der Weimarer Republik aus. In dem Journalisten Maximilian Valier fand Oberth einen kompetenten Mitstreiter, der für die populäre Verbreitung seiner Theorien sorgte. Valier machte mit zahlreichen Büchern und Artikeln sowie spektakulären Raketenversuchen auf sich aufmerksam. Bereits 1924 stützte er sich in einer Broschüre mit dem Titel „Der Vorstoß in den Weltraum“ ausdrücklich auf die Theorien Oberths.

Die beiden blieben in ihrer Begeisterung für das „Projekt Raumfahrt“ nicht allein. Johannes Winkler, Theologe und Diplom-Ingenieur, gründete 1927 zusammen mit Valier und weiteren Raumfahrtbegeisterten in Breslau den „Verein für Raumschiffahrt“ (VfR), dem auch Hermann Oberth angehörte. Zwei Jahre später hatte der Verein bereits 870 Mitglieder, war eine der bedeutendsten Vereinigungen von Raumfahrtenthusiasten und stand mit weiteren internationalen Organisationen in

Für Fritz Langs Film „Frau im Mond“ sollte ein Team um Hermann Oberth 1928 eine flugtüchtige Rakete entwickeln. Das Projekt scheiterte allerdings.



Hintergrund: Warum fliegen Raketen?

Unabhängig, ob es sich um eine Feuerwerksrakete oder um die leistungsstärkste europäische Trägerrakete Ariane 5 handelt: Alle Raketen funktionieren nach demselben physikalischen Grundprinzip, dem Rückstoß. Dieser beruht auf dem 3. Newtonschen Axiom „*actio = reactio*“, nach dem jede Änderung von Geschwindigkeit oder Bewegungsrichtung eines Körpers immer auch eine unmittelbare Veränderung der Geschwindigkeit und/oder Bewegungsrichtung eines zweiten Körpers erfordert. Verbunden mit diesem 3. Newton'schen Axiom ist der Impulserhaltungssatz $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$, der besagt, dass der Impuls $p = m \cdot v$ eines Körpers immer konstant ist, sofern von außen keine Kräfte auf ihn einwirken.

Im Fall einer Rakete mit chemischem Antrieb wird die Masse (m_g) in Form von heißen Verbrennungsgasen mit einer hohen Geschwindigkeit (v_g) aus den Triebwerken ausgestoßen (*actio*). Nach Newton wirkt der ausgestoßene Treibstoff unmittelbar auf die Rakete zurück (*reactio*). Da das Gas einen Impuls $p_g = m_g \cdot v_g$ in Ausstoßrichtung besitzt, muss die Rakete durch die Rückwirkung ebenfalls einen Impuls $p_R = m_R \cdot v_R$ in die entgegengesetzte Richtung erhalten.

Weil eine Rakete zum Antrieb Masse verliert, ändern sich die Masse der Rakete (m_R) und ihre Geschwindigkeit (v_R) ständig. Vernachlässigt man die Luftreibung,

was für die Bedingungen im Weltraum zulässig ist, und geht man von einer konstanten Erdbeschleunigung (g) aus, kann man aus den Newton'schen Axiomen eine Differentialgleichung ableiten, die die Bewegung einer Rakete beschreibt. Die Gleichung ($\partial v_R : \partial t = v_g : m_R \cdot \partial m_R : \partial t - g$) wurde erstmals 1903 vom russischen Raketenpionier Konstantin Ziolkowski aufgestellt. Und dank seiner Lösung dieser Raketengleichung ($v_R = v_g \cdot \ln(Q) - g \cdot t$) lässt sich die Brennschlussgeschwindigkeit der Rakete bestimmen, wobei Q das Verhältnis aus der Startmasse der Rakete und ihrer Leermasse (Masse nach Verbrauch des gesamten Treibstoffs) darstellt.

$$v_R = v_g \cdot \ln(Q) - g \cdot t$$

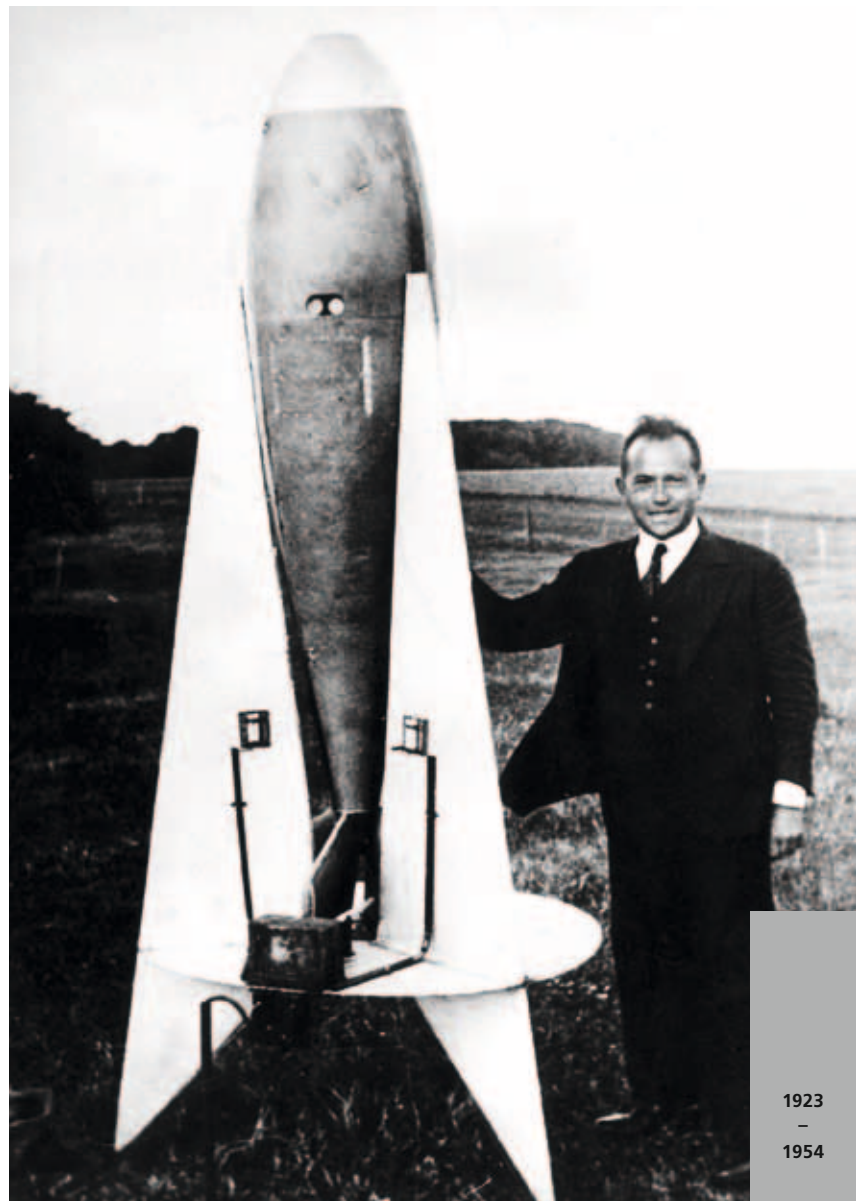
engem Kontakt. Der Verein gab eine Zeitschrift („Die Rakete – Zeitschrift für Raum- schiffahrt“) heraus und wollte eigene Versuche mit Raketen anstellen. Ihr Sprecher, der Raketeningenieur Rudolf Nebel, sammelte dafür Spenden und verhandelte mit den Berliner Behörden über ein geeignetes Testgelände.

Spektakuläre Versuche

Doch zunächst ließ sich weder ein Industrieunternehmen noch eine wissen- schaftliche Forschungseinrichtung finden, die den Versuch wagte, eine „Rakete zu den Planetenräumen“ zu bauen. Unterstützung erhielt Hermann Oberth schließlich von ganz unerwarteter Seite – vom deutschen Film. Die Universum-Film AG (UFA) beauftragte ihn 1928 mit der wissenschaftlichen Beratung für Fritz Langs Stummfilm „Frau im Mond“. Zu seinem Team gehörte auch Rudolf Nebel. Die Gruppe sollte für den Film eine 1,5 Meter lange Rakete bauen, die bis zu 40 Kilometer hoch steigen sollte. Auf dem Filmgelände der UFA in Berlin-Babelsberg wurden dafür erste Expe- rimente durchgeführt, es gelang aber nicht, ein flugfähiges Raketenmodell zur Ver- fügung zu stellen. Doch die Grundlagen waren gelegt und der VfR, dem inzwischen auch ein junger Ingenieur namens Wernher von Braun angehörte, führte die Forschungen an der geplanten Flüssigkeitsrakete fort.

Im September 1930 gründete der VfR unter Nebels Führung auf einem ehemaligen Artillerie-Schießplatz den „Raketenflugplatz Berlin“. Hier wurde erstmals auch der Treibstoff getestet, der einige Jahre später in der A4-Rakete seine Verwendung finden sollte – ein Gemisch aus Flüssigsauerstoff und Ethanol mit 25 Prozent Wasser. Die Ar- beit der Raketenpioniere war schließ- lich von Erfolg gekrönt: Am 14. März 1931 gelang Johannes Winkler auf ei- nem Exerzierplatz in Dessau der erste dokumentierte Start einer Flüssigkeits- rakete in Europa. Sie erreichte eine Flughöhe von 60 Metern. Das Geld für die Versuche sammelte der VfR auch durch öffentliche Tests, die von zahlrei- chen Berlinern besucht wurden. Inzwi- schen hatte auch die Industrie begon- nen, sich für den Verein und seine Arbeit zu interessieren. So ging der VfR Kooperationen mit den Junkers Flug- zeugwerken oder dem Flüssiggasher- steller Paul Heylandt ein.

Johannes Winkler war Mitbegründer des VfR, die ihre Versuche ab 1930 auf dem Raketen- flugplatz Berlin durch- führte.



1923
–
1954

Forschung und Vernichtung

Die Tätigkeit der Raketenenthusiasten blieb auch dem Militär nicht verborgen. Seit Ende der 1920er-Jahre beobachtete das deutsche Heer die Experimente der Pioniere und hoffte zeitweilig sogar, mit diesen Arbeiten die Bestimmungen des Versailler Vertrages zur Entmilitarisierung unterlaufen zu können, denn an Raketenforschung hatte 1918/19 noch niemand gedacht.

Die ersten Versuche der Raketentechniker wurden, wie hier 1932 in Berlin-Tegel, oft von Tausenden Schaulustigen beobachtet.

Die Armee mischt sich ein

Das Militär begann daher, die Raketenforschung zu fördern. 1932 stellte Rudolf Nebel die vom VfR entwickelte „Minimumrakete“ (Mirak II) in der „Heeresversuchsstelle Kummersdorf“ vor. Die Mirak II kam dem Konstruktionsprinzip der Flüssigkeitsrakete bereits sehr nahe und war aus hintereinander angeordneten, röhren-

förmigen Treibstoffbehältern und Stabilisierungsflossen am Heck aufgebaut. Die Vorführung misslang zwar, trotzdem entschloss sich das Heereswaffenamt, die Raketenforschung künftig selbst und unter strenger Geheimhaltung weiter zu betreiben.

Beim Versuch, die Raketenforschung vollständig unter ihre Kontrolle zu bekommen, profitierte die Reichswehr schließlich von der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten, die Deutschland wieder aufrüsten wollten. Bereits 1934 erwirkte das Heereswaffenamt einen „Führerbefehl“, der die Raketenforschung unter Geheimhaltung und in die Zuständigkeit des Heeres stellte. Private Forscher erhielten keine Förderung mehr, jegliche zivile Arbeit in der Raketenentwicklung wurde untersagt. Dies bedeutete auch das vorläufige Ende des VfR – der Vertrag über die Nutzung des Testgeländes in Berlin-Tegel wurde gekündigt, alle Unterlagen und das Inventar beschlagnahmt. Zwar wurde der VfR unter dem Namen „Gesellschaft für Weltraumforschung“ (GfW) neu gegründet, die wichtigsten VfR-Mitglieder wie Wernher von Braun oder Klaus Riedel setzten ihre Karrieren aber beim Militär fort. Dort fanden sie perfekte Bedingungen, denn ihre Arbeit wurde von höchster Stelle gefördert. Raketen galten inzwischen als wichtige Waffensysteme.



Moderne Testgelände in Peenemünde und Trauen

Für die geplanten Raketenversuche brauchte das Heereswaffenamt moderne Testgelände. Bereits seit 1929 existierten in Kummersdorf bei Berlin mehrere Erprobungsstände des Militärs für Feststoffraketen, später wurde auch ein Prüfstand für Flüssigkeitsraketen eingerichtet. Das Versuchsgelände in Kummersdorf wurde jedoch bald zu klein, sodass man einen geeigneten anderen Standort suchte, an dem man auch weit reichende Raketen erproben konnte.



Auf dem Gelände der „Heeresversuchsanstalt Peenemünde“ wurde die „Aggregat“-Serie entwickelt, deren Version A4 später zur „Vergeltungswaffe 2“ (V2) wurde.

Die Testgelände in Trauen in der Lüneburger Heide und in Peenemünde gehörten zu den modernsten ihrer Zeit. Im Auftrag des Militärs wurden hier während der NS-Zeit Grundlagenforschungen zu Triebwerken und zur Entwicklung von Großraketen für den militärischen Einsatz betrieben.

Das 1937 errichtete Testgelände in Trauen besaß einen überdachten Horizontalprüfstand mit einer Grundfläche von 80 mal 140 Metern, der Tests mit Raketenmotoren bis zu 100 Tonnen Schub erlaubte. Außerdem besaß der Standort einen 50 Tonnen fassenden Speichertank für flüssigen Sauerstoff inklusive Verflüssigungsanlage – damals die größte Anlage dieser Art weltweit. Eine geplante Schienenbahn für Flugerprobungen konnte nur teilweise auf dem Fliegerhorst Flaßberg verwirklicht werden. Betrieben wurde das Testgelände von der 1936 in Braunschweig gegründeten „Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt“ (DFL), zu deren Aufgaben auch die Forschung an Strahltriebwerken gehörte. Unter dem Standortleiter Eugen Sänger arbeiteten rund 80 Mitarbeiter auf dem Versuchsgelände. Durchgeführt wurden Tests mit flüssigem Sauerstoff und Gasöl.

Nach dem Krieg wurde die Versuchsanstalt in Trauen zunächst von britischen Truppen besetzt, der Prüfstand wurde 1947 zerstört. Nachdem 1955 die DFL neu gegründet worden war, konnte ab 1959 auch wieder die Arbeit in Trauen aufgenommen werden. 1972 wurde der Standort aufgelöst und einige Mitarbeiter nach Lampoldshausen versetzt.

Parallel zum Testgelände des Reichsluftfahrtministeriums in Trauen entstand unter der Hoheit des Heeres in Peenemünde auf Usedom ebenfalls ein hochmodernes Testgelände für Raketen. Hier wurden ab 1936 drei unterschiedliche Teilbereiche mit kompletter Infrastruktur

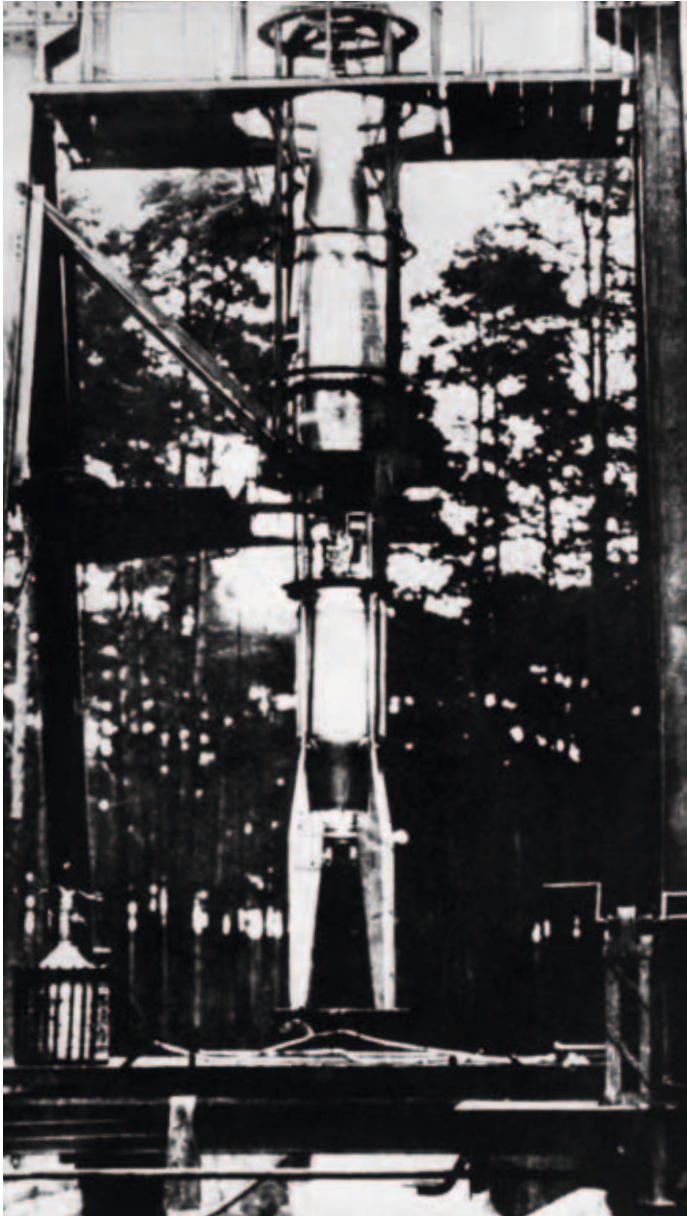


Das von Professor Eugen Sänger gegründete Versuchsgelände in Trauen besaß einen Horizontalprüfstand für Triebwerke bis zu 100 Tonnen Schub.

wie Straßen, Flugplatz, Seehafen und Bahnhof gebaut. Im Entwicklungswerk Ost unternahm Wernher von Braun seine Versuche an der „Aggregat“-Reihe. Peenemünde-West war ein Versuchsgelände der Luftwaffe und in Peenemünde-Süd wurden ab 1941 die Testgeräte der A4-Rakete gefertigt. Die „Heeresversuchsanstalt Peenemünde“ verfügte über Prüfstände für Raketen-tests bis zu 200 Tonnen Schub und den damals größten Überschall-Windkanal der Welt.

Nach britischen Bombenangriffen wurde die Produktion der A4-Rakete nahe des thüringischen Nordhausen („Mittelwerk Dora“) verlegt. Das Testgelände Peenemünde verlor langsam an Bedeutung. 1945 wurden die letzten Reste der Anlage von sowjetischen Truppen demontiert und bis Ende der 1940er-Jahre gesprengt.

Die Wahl fiel schließlich auf Peenemünde auf der Ostseeinsel Usedom. Im Zuge der Kriegsvorbereitungen wurde dort Mitte 1936 mit dem Bau der „Heeresversuchsanstalt Peenemünde“ begonnen, und es entstand Deutschlands modernster Rüs-



Bereits seit 1929 existierte in Kummersdorf bei Berlin ein Testgelände, auf dem auch nach dem Bau des Testgeländes in Peenemünde noch Tests für die Aggregat-Serie stattfanden.

tungsbetrieb, ein Komplex mit umfangreicher Infrastruktur, eigenem Seehafen, Straßen- und Bahnanschluss sowie einem eigenen Kraftwerk. Mit Prüfständen für Triebwerke bis zu 200 Tonnen Schub, dem damals weltweit modernsten und größten Überschall-Windkanal und einer modernen und langfristig auf zukünftige Erweiterungen ausgerichteten Infrastruktur wurde Peenemünde zum Inbegriff des modernen Testgeländes. Die Konzeption des Peenemünder Standortes setzte die Standards bis heute. Erste Versuchsarbeiten konnten dort bereits 1937 beginnen.

Die Verantwortung für die Raketenentwicklung in Peenemünde lag beim Heer, allerdings wollte das Reichsluftfahrtministerium bei der Entwicklung der modernen Raketensysteme ebenfalls beteiligt sein. Zu dieser Zeit hatte der junge österreichische Raketenforscher Eugen Sänger gerade eine Stelle bei der 1912 gegründeten „Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DVL) in Berlin-Adlershof angetreten. Sänger hatte mit Arbeiten über Strahlantriebe auf sich aufmerksam gemacht. Er war ein idealer Kandidat für die Pläne des Reichsluftfahrtministeriums und wurde mit der Planung für ein eigenständiges Institut zur Forschung an Raketenantrieben beauftragt. Im Februar 1937 begannen die Bauarbeiten für ein Testgelände bei Trauen in der Lüneburger Heide. Dort entstand ein Großprüfstand für Raketenmotoren bis zu 100 Tonnen Schub mit der entsprechenden Infrastruktur mit Werkstätten, Bürogebäuden und Lagerhallen. Später kam noch ein kleinerer Prüfstand hinzu. Eugen Sänger wurde Leiter der „Flugzeug-Prüfstelle“ in Trauen, an der knapp 80 Ingenieure und Wissenschaftler arbeiteten.

Photonenantrieb, Raumgleiter, Staustrahlantriebe – der 1905 im böhmischen Preßnitz geborene Eugen Sänger hatte Visionen für die Raumfahrt. Schon früh interessierte sich Sänger für den Welt- raum. 1919 schenkte ihm sein Physikleh- rer den Roman „Auf zwei Planeten“ von Kurd Laßwitz – die Raumfahrt ließ den jungen Mann seitdem nicht mehr los. Sänger studierte in Graz und Wien an der Bau- bzw. der Bauingenieur- fakultät und volontierte 1928 bei der Junkers Flugzeug- und Motorenbau AG in Des- sau. Nach seiner Promotion 1930 an der Technischen Hochschule Wien begann er mit ersten Forschungsarbeiten zu Rake- tenantrieben mit flüssigen Treibstoffen. 1933 fasste er seine Untersuchungen im Buch „Raketenflugtechnik“ zusammen. 1936 wurde Sänger Wissenschaftlicher Mitarbeiter der „Deutschen Versuchs- anstalt für Luftfahrt“ (DVL) in Berlin- Adlershof. Noch im gleichen Jahr wech- selte Sänger zur „Deutschen Forschungs- anstalt für Luftfahrt“ (DFL) und baute bis 1939 die „Flugzeug-Prüfstelle“ in Trauen in der Lüneburger Heide auf. 1942 wurde er jedoch entlassen und war bis Kriegs-



Professor Eugen Sänger (1905–1964), der erste Leiter des Versuchsgeländes in Trauen, errichtete Ende der 1950er- Jahre auch den heutigen DLR-Standort Lampoldshausen.

ende Abteilungsleiter bei der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug in Ainring.

Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeitete Sänger in Frankreich an der Entwicklung von Raketentriebwerksprüfständen sowie an Grundlagenforschungen zu Rake- ten- und Staustrahlantrieben. 1954 kehrte er nach Deutschland zurück und grün- dete in Stuttgart das „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ (FPS). Als Leiter des FPS war Sänger 1959 federfüh- rend bei der Gründung des Versuchsge- ländes für Flüssigkeitsraketenantriebe in

Lampoldshausen. 1961 gab er die Lei- tung des Instituts allerdings auf, nach- dem seine Beteiligung am ägyptischen Raketenprogramm bekannt geworden war. 1963 übernahm er den ersten deut- schen Lehrstuhl für Raumfahrttechnik der Technischen Hochschule Berlin. Eugen Sänger war in zweiter Ehe mit der Ingenieurin Irene Bredt (1911–1983) ver- heiratet. 1964 starb er in Berlin an Herz- versagen. Bis zu seinem Tod hatte er an einem Photonenantrieb für interplane- tare Raumfahrzeuge gearbeitet. Seine Frau führte diese Forschungen fort.

Sowohl in Trauen als auch in Peenemünde wurde sofort mit der Arbeit begon- nen. Eugen Sänger und seine Mitarbeiter arbeiteten in Trauen vor allem an der Ent- wicklung von Strahljägern. 1941/42 entwickelte Sänger auf der Basis seines Konzep- tes eines Raumgleiters Pläne zum Bau von orbitalen Ferngleitbomben, mit denen etwa New York bombardiert werden sollte. Bereits zu dieser Zeit hatte er den Traum, einen wiederverwendbaren Raumgleiter zu entwickeln. Bereits 1942 wurde Eugen Sänger allerdings vom Reichsluftfahrtministerium entlassen, offensichtlich weil er zu wenig mit dem Militär kooperierte. Außerdem ging die Heeresleitung da- von aus, dass Sängers Arbeiten keine entscheidenden Auswirkungen auf das Kriegs- geschehen haben würden. 1944 wurden die Arbeiten in Trauen kriegsbedingt ein- gestellt.

Den Forschern in Peenemünde gelang in dieser Zeit Bahnbrechendes: Bereits seit 1934 arbeitete Wernher von Braun an den Forschungsprojekten für die Raketen „Aggregat 1“ (A1), „Aggregat 2“ (A2) und „Aggregat 3“ (A3). Sein wichtigstes Pro- jekt sollte jedoch die Entwicklung der A4-Großrakete werden, deren Vorarbeiten bereits 1936 begannen. Im März 1940 wurde ein Versuchstriebwerk erfolgreich auf dem Prüfstand getestet, und im März 1942 fand der erste Standversuch einer voll betankten Rakete statt – die allerdings beim Test explodierte. Am 3. Oktober 1942 erreichte schließlich mit einer Flughöhe von 85 Kilometern erstmals eine Rakete die Grenze zum Weltraum. Adolf Hitler und Rüstungsminister Albert Speer drängten

nun darauf, die Rakete zur Serienreife zu bringen, um die Raketen so schnell wie möglich militärisch einsetzen zu können.

Parallel dazu entwickelten die Ingenieure eine Flugabwehrrakete unter dem Namen „Wasserfall“. Zwar fand im Februar 1944 ein erfolgreicher Flug statt, eine Flugabwehrrakete passte den Machthabern jedoch nicht in ihr Konzept des Endsieges. Sie förderten stattdessen die Angriffsrakete A4.

Raketen für den „Endsieg“ – V2 und Wasserfall

Die V2-Rakete wurde von Goebbels als „Vergeltungswaffe“ bezeichnet. In Fachkreisen hieß sie schlicht Aggregat 4 (A4) – die von den Nationalsozialisten propagierte „Wunderwaffe“. Seit 1936 wurde die vom Heer geforderte fernlenkbare Großrakete entwickelt. Oxidator war flüssiger Sauerstoff (Tarnbezeichnung A-Stoff), als Brennstoff diente ein Ethanol-Wasser-Gemisch (B-Stoff). 13 Tonnen war die A4-Rakete schwer und 14 Meter lang. Sie wurde von dem damals stärksten und modernsten Flüssigkeitstriebwerk der Welt angetrieben, das am Boden einen Schub von 25 Tonnen erreichte. Die maximale Brenndauer des Triebwerkes betrug 65 Sekunden.

Am 3. Oktober 1942 flog die A4-Rakete erstmals auf eine Flughöhe von 85 Kilometern und war damit die erste Rakete, die die Grenze zum Weltraum erreichte. Genutzt wurde sie aber nicht zur Erforschung des Weltalls, sondern zu militärischen Zwecken. Als „Vergeltungswaffe“ V2 wurden bis März 1945 rund 3.200 A4-



Neben der V2-Rakete entwickelten die Techniker in Peenemünde auch ein Flugabwehrsystem namens Wasserfall.



V2-Rakete auf der Abschussrampe in Peenemünde 1941. Die Rakete wurde gegen mehrere europäische Städte eingesetzt.

Raketen eingesetzt. Tausende Menschen verloren dabei ihr Leben.

Ebenfalls von den Peenemünder Forschern stammte 1941/42 eine weitere Idee: Unter dem Decknamen Wasserfall wurde eine einstufige Flugabwehrrakete entwickelt, die bei einer Anflughöhe bis zu 15 Kilometer Ziele bis 45 Kilometer Entfernung treffen sollte. Als Treibstoffe sollten Salpetersäure und Tonka genutzt werden. Diese Treibstoffkombination war selbstzündend, sodass die Rakete jederzeit einsatzfähig war. Die Wasserfall-Rakete wog 3,5 Tonnen, war fast

8 Meter hoch und besaß ein von den Elektromechanischen Werken Karlsruhe gebautes Flüssigkeitstriebwerk mit einem Schub von 80 Kilonewton. Die Rakete hatte zwei kreuzförmig angeordnete Flügel zur Stabilisierung und konnte mit Hilfe einer Knüppelsteuerung vom Boden aus gesteuert werden, unterstützt von einem Infrarotsuchgerät. Die Rakete absolvierte am 29. Februar 1944 den ersten erfolgreichen Flug. Insgesamt wurden weitere 42 Wasserfall-Raketen eingesetzt.



Zwangsarbeit und Völkermord

Nach den militärischen Aktionen der Wehrmacht in den Jahren 1939 bis 1942 stockte der Vormarsch des deutschen Heeres an der Ostfront ab Winter 1942/43. Der Bombenkrieg erreichte die deutschen Städte und im August 1943 wurde erstmals auch der Standort in Peenemünde von britischen Flugzeugen bombardiert. Die Raketenproduktion wurde daraufhin nach unter Tage in ein bereits seit 1936 militärisch genutztes Stollensystem nahe des thüringischen Nordhausen verlegt. Unter dem Codenamen „Dora“ wurde im Herbst 1943 die „Mittelwerk GmbH“ gegründet und innerhalb von vier Monaten eine unterirdische Produktionsanlage mit Werkstätten, Vorratslagern, Transportschienen und Büros erbaut. Ein Stollen wurde für den Bau der Rakete genutzt, später kamen eine Anlage zur Erzeugung von Flüssigsauerstoff und eine Raffinerie hinzu. Nicht nur die A4-Rakete, sondern auch andere Rüstungsgüter wurden dort hergestellt.

Zur Produktion der Raketen waren bereits in Peenemünde mehrere hundert Zwangsarbeiter und KZ-Häftlinge eingesetzt worden. Die Produktion in „Dora“ wurde ausschließlich mit KZ-Häftlingen durchgeführt – insgesamt rund 60.000 Menschen, für die das „Arbeitslager Dora“ als Außenstelle des Konzentrationslagers Buchenwald eingerichtet wurde. Aus dem Lager bei Weimar, aber auch aus anderen Konzentrationslagern wurden von der Heeresversuchsanstalt Peenemünde Häftlinge für „Dora“ angefordert. An der harten Arbeit und den unmenschlichen Bedingungen unter Tage ohne natürliches Licht und ausreichend Frischluft starben rund 20.000 Menschen.

Die Arbeit an der „Vergeltungswaffe“ V2 – wie die A4-Rakete in der Propagandasprache der Nationalsozialisten nun hieß – ging derweil weiter, wenn auch nicht ohne technische Probleme. Die Qualität der Einzelteile ließ zu wünschen übrig, und die Rakete musste in Serienproduktion gefertigt werden, obwohl sie noch nicht aus-

Schätzungsweise
20.000 Menschen
starben im
„Mittelwerk Dora“.



Innerhalb von nur vier Monaten wurde das „Mittelwerk Dora“ errichtet. Auch die Tanklager befanden sich unter der Erde.

In Vernon arbeiteten die deutschen Ingenieure an der Entwicklung eines Triebwerkes für die „Veronique“-Rakete.



gereift war. Am 8. September 1944 wurde die V2 erstmals eingesetzt und schlug südlich von Paris ein. Am gleichen Tag richteten V2-Raketen in London schwere Verwüstungen an. Auch zahlreiche belgische und französische Städte wie Lüttich, Antwerpen oder Paris wurden von insgesamt 3.200 V2-Raketen beschossen. Es starben dabei insgesamt mehr als 8.000 Menschen. Am Ausgang des Krieges änderte die vermeintliche „Wunderwaffe“ nichts mehr. Am 18. März 1945 wurde die Produktion eingestellt und im April 1945 wurde das „Mittelwerk Dora“ evakuiert. Nur

kurze Zeit später, am 8. Mai 1945, kapitulierte das Dritte Reich.

Nach dem Krieg: Raketenforscher im Ausland

Mit dem Zweiten Weltkrieg endete auch die deutsche Raketenforschung. Die „Flugzeug-Prüfstelle“ in Trauen wurde im April 1945 von britischen Truppen besetzt und 1947 zerstört. Im Juli 1945 besetzten sowjetische Truppen das „Mittelwerk Dora“, nachdem es bereits im April von den Amerikanern eingenommen worden war. Peenemünde war schon vor Kriegsende weitgehend geräumt worden. Die Anlagen wurden demontiert und die Reste gesprengt. Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen wurden in die USA, nach Großbritannien, Frankreich oder in die Sowjetunion gebracht – zum Teil auch gegen ihren Willen. Die Alliierten wollten sich die militärisch interessanten deutschen Forschungskapazitäten sichern und zugleich verhindern, dass Deutschland durch eigene Forschung wieder militärische Bedeutung erlangte.

Forschungsverbot

Daher forderten die Siegermächte ein umfassendes Forschungsverbot für deutsche Wissenschaftler. Sie vertraten dabei allerdings keine einheitliche Meinung: Während die USA planten, wissenschaftliche Forschung nur noch in wenigen Fällen und unter strengen Auflagen zu erlauben, wollten die Briten zumindest Grundlagenforschung gestatten. Als Kompromissvorschlag brachte Großbritannien einen Gesetzesentwurf zur Überwachung der deutschen Forschung in den Alliierten Kontrollrat ein. Danach sollte die Grundlagenforschung möglichst wenig, die angewandte Forschung jedoch sehr strenger Kontrolle unterworfen werden. Die Sowjetunion stimmte dem Entwurf zu und auch die Haltung der USA hatte sich in der Zwischenzeit verändert. Frankreich sah sich ebenfalls zum Einlenken gezwungen.

Das „Kontrollratsgesetz Nr. 25“ vom 29. April 1946 verbot jegliche Forschung militärischer Natur, auch die Entwicklung von Flugzeug- und Raketenantrieben. Die Forschungsinstitute mussten von den Alliierten zugelassen werden und regelmäßige Tätigkeitsberichte abliefern. Viele der in Deutschland gebliebenen Wissenschaftler suchten sich daraufhin andere Betätigungsfelder. Über Raumfahrt wurde nur noch in wissenschaftlichen Zirkeln diskutiert. 1947 gründete sich in Stuttgart die „Arbeitsgemeinschaft für Weltraumforschung“, die ein Jahr später in die neu gegründete

„Gesellschaft für Weltraumforschung“ (GfW) aufging. Hier organisierten sich die in Deutschland verbliebenen Fachleute. Die GfW gab die Zeitschriften „Weltraumfahrt“ und „Raketentechnik und Raumfahrtforschung“ sowie zahlreiche Fachbücher und Forschungsberichte heraus. Ihr Ziel war eine friedliche Nutzung der Raumfahrt. Ehrenpräsident war Hermann Oberth, Ehrenmitglied war seit 1949 Eugen Sänger.

Arbeit an der „Veronique“-Rakete

Sänger befand sich zu dieser Zeit allerdings nicht in Deutschland, sondern war nach dem Zweiten Weltkrieg zusammen mit seiner Frau Irene Sänger-Bredt 1946 in die Nähe von Paris übersiedelt. Mit ihnen waren zahlreiche deutsche Ingenieure nach Frankreich gegangen.

Das Triebwerk der französischen Veronique wurde maßgeblich von deutschen Technikern entwickelt und basierte auf der Technologie der Wasserfall-Rakete.



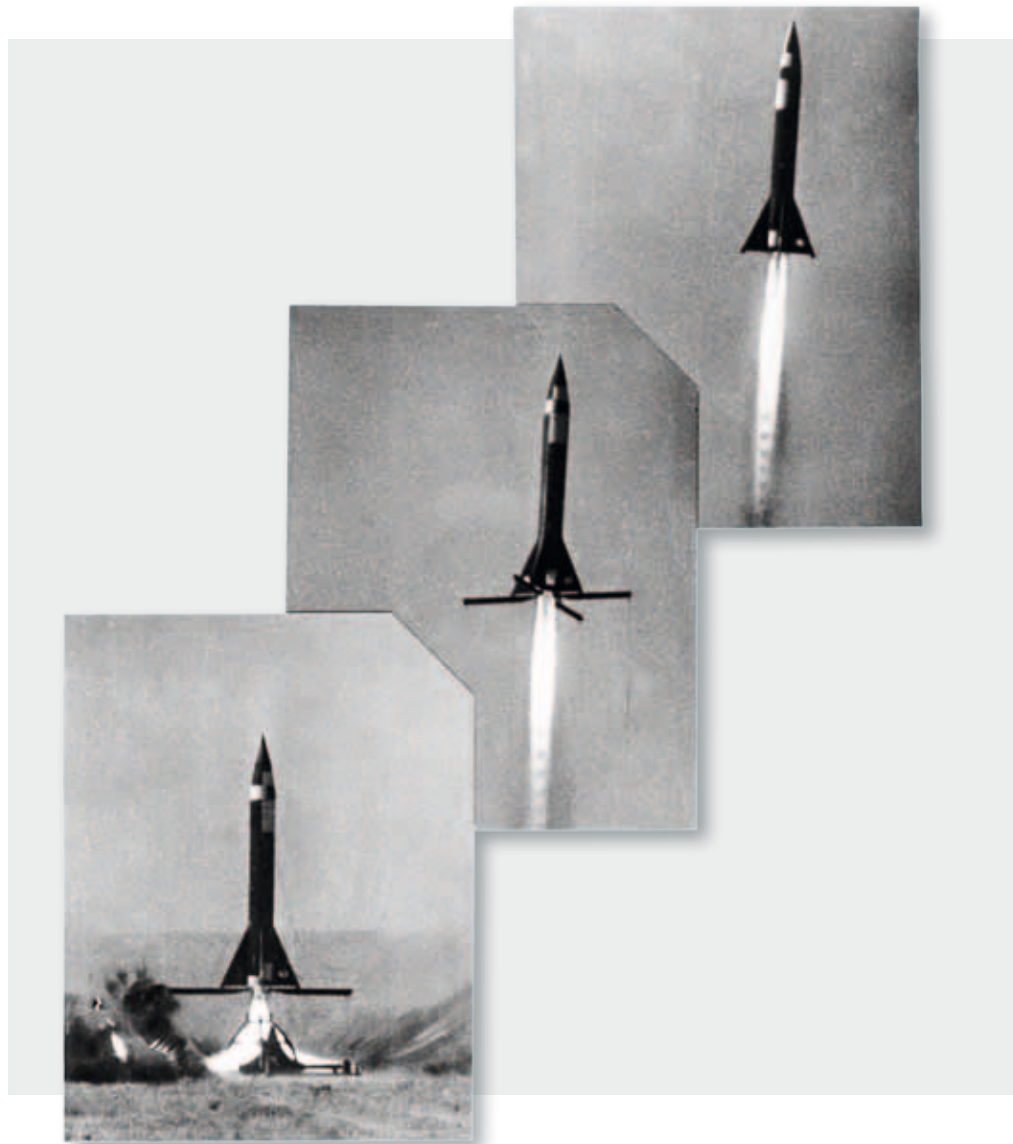
Auf der Basis ihrer Forschungsarbeiten während der NS-Zeit sollten die Wissenschaftler für das französische Rüstungsunternehmen „Arsenal de l'Aéronautique“ die Entwicklung von Raketen und Raketentriebwerken vorantreiben. Außerdem entwarf Sänger in Frankreich eine Rakete mit drei Tonnen Schub sowie einen Prüfstand für Flüssigkeitsraketenantriebe. 1948 begannen die Arbeiten am französischen Raketenprüfstand in Gâtines, im gleichen Jahr fand dort der erste Prüfstandslauf statt.

Neubeginn in Deutschland

Die Alliierten hielten auch nach der Gründung der Bundesrepublik Deutschland im Mai 1949 zunächst an dem Forschungsverbot fest. Eine Rückkehr der Forschungsgruppe um Eugen Sänger, der 1951 zum Präsidenten der „International Astronautical Federation“ (IAF) gewählt wurde, kam daher zunächst nicht infrage. Doch spä-

1923
–
1954

Im französischen Vernon setzten bei der Entwicklung der Veronique-Rakete nach dem Krieg viele deutsche Ingenieure ihre Arbeit fort.



testens seit 1951 konnte man sich in Deutschland Hoffnung auf eine Aufhebung des Forschungsverbotes machen. Im Zuge des Korea-Krieges wollten besonders die USA das deutsche Forschungspotenzial im immer heißer werdenden „Kalten Krieg“ nutzen. Eine hektische Betriebsamkeit und ein Wettlauf der Bundesländer um die besten Forschungsinstitute begannen. Tatsächlich sollte es allerdings noch vier Jahre dauern, bis das Verbot im Zuge der Anerkennung der Souveränität der Bundesrepublik Deutschland dann offiziell aufgehoben wurde.

Eugen Sänger jedenfalls wollte nicht dauerhaft in Frankreich bleiben. Zwar herrschte in Deutschland noch Forschungsverbot, aber besonders seit der Geburt seines Sohnes Hartmut wollte er nach Deutschland zurück und dort die Raketenforschung wieder aufbauen. Sänger stand in Kontakt mit deutschen Raumfahrtexperten und Politikern. 1954 zog er schließlich mit seiner Familie nach Stuttgart.

Die Entwicklung der französischen Flüssigkeitsrakete, deren Name eine Zusammensetzung der Worte VERnon und électRONIQUE ist, begann 1949 durch das 1946 gegründete „Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques“ (LRBA). Sie basierte wesentlich auf der Technik der Peenemünder Wasserfall-Rakete und deutsche Ingenieure wie Wolfgang Pilz und Heinz Bringer waren an der Entwicklung maßgeblich beteiligt. Basis der Veronique-Rakete war ein Gasgenerator, den Heinz Bringer bereits 1942 zum Patent angemeldet hatte. Er war es auch, der das Triebwerk für die Veronique-Rakete entwarf. Wolfgang Pilz, Leiter der Gruppe „Antriebe“ in Veron, entwarf unter anderem das Seilsteuersystem, das die Rakete in der Startphase durch vier an der Trommel und an den Leitflossen der Rakete befestigte Seile, die beim Start gleichmäßig abgerollt wurden, stabil hielt. Die rund 6,5 Meter lange Veronique war die erste flugfähige, ballistische Flüssigkeitsrakete Europas nach dem Krieg. Sie hatte ein Startgewicht von 1.150 Kilogramm und nutzte als Treibstoffe Terpentinöl und Salpetersäure. Ihr Startschub betrug 40 Kilonewton. Die Veronique sollte wissenschaftliche Messgeräte zur Höhenforschung von einem Gewicht bis zu 60 Kilogramm auf 65 Kilometer Höhe tragen.

Seit 1952 wurde die Rakete regelmäßig in der algerischen Wüste gestartet. Im Laufe der Jahre wurde die Rakete immer weiter verbessert. Größere Treibstofftanks und leichtere Bauteile ermöglichten in der Version „Année Géophysique Internationale“ (AGI) schließlich eine Flughöhe von 220 Kilometern. Die Sonderrakete „61M“ erreichte sogar einen Startschub von 54 Kilonewton und konnte mit einer Nutzlast von 100 Kilogramm eine Höhe von 325 Kilometern erreichen. Diese Rakete besaß erstmals eine Feststoff-Oberstufe. 19-mal startete die Veronique-Rakete erfolgreich. Sie war die Basis für die Entwicklung der „Vesta“- , „Diamant“- , „Coralie“- und später auch der „Ariane“-Rakete.



Die Veronique-Rakete wurde als Höhenforschungsinstrument eingesetzt. Ihre Technologie bildete noch die Basis für das spätere Ariane-Programm.



1954–1963

1954 Am 8. Juli gründet Eugen Sänger in Stuttgart das „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ (FPS).

1955 Durch die „Pariser Verträge“ erhält die Bundesrepublik Deutschland ihre Souveränität zurück. Das Forschungsverbot an Raumfahrtssystemen wird aufgehoben.

1957 Am 4. Oktober schockt die Sowjetunion die westliche Welt mit dem erfolgreichen Flug des ersten Satelliten Sputnik 1. Der Wettlauf im Weltall beginnt.

1957/58 Während des „Geophysikalischen Jahres“ wird die Erforschung des Weltraums diskutiert. Die Raumfahrt soll für friedliche, nicht nur für militärische Zwecke genutzt werden.

1959 Am 10. Oktober hält Eugen Sänger in Lampoldshausen vor den Bürgern der Gemeinde einen Vortrag über den Nutzen der Raumfahrt. Die Einwohner stimmen dem Bau des Testgeländes zu.

1960 Am 19. April wird auf dem Gelände „Im Langen Grund“ mit der ersten Ausbaustufe begonnen und die Prüfstandskomplexe P1 und P2 errichtet.

1962 Am 24. August findet am P1 der erste Versuch statt.

Das FPS wird in die DVL integriert.

Vom FPS zur europäischen Integration

Der Aufbau des Standortes Lampoldshausen

1954 kehrte Eugen Sänger, ein führender Wissenschaftler in der Raumfahrt- und Raketentechnik aus Frankreich nach Deutschland zurück, um hier wieder in der Raumfahrtforschung zu arbeiten. Der Zeitpunkt war ideal: Mit der Aufhebung des Besatzungsstatuts 1955 endete auch das Verbot der Raketenforschung und Westdeutschland konnte nach zehn Jahren wieder Raumfahrtforschung betreiben. Länder, Universitäten und Industrie wollten an dieser „Gründerphase“ beteiligt sein. Sänger gründete zunächst in Stuttgart das „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ (FPS). Für dieses Institut suchte Sänger seit 1957 nach einem geeigneten Standort für ein Testgelände für Flüssigkeitsraketenantriebe und fand es nahe Heilbronn im Harthäuser Wald. Das Land Baden-Württemberg unterstützte das Vorhaben und stellte das Gelände zur Verfügung. Im Herbst 1959 konnte Sänger auch die Skeptiker in der Gemeinde Lampoldshausen überzeugen. Der Ausbau des Testgeländes begann im April 1960, zwei Jahre später waren die ersten Prüfstände betriebsbereit und erste Tests für ein nationales Raketenprogramm wurden durchgeführt. Sänger allerdings war zu diesem Zeitpunkt bereits aus der Leitung des Stuttgarter Instituts ausgeschieden.

Der Wiederbeginn der Raketenforschung



Professor Eugen Sänger (1905–1964). Der bekannte Raumfahrtforscher gründete 1954 das FPS und 1959 den heutigen DLR-Standort Lampoldshausen.

Als Eugen Sänger mit seiner Frau Irene Sänger-Bredt und dem gemeinsamen Sohn Hartmut 1954 nach Stuttgart zog, konnte er darauf hoffen, dass es in Deutschland bald wieder Raketenforschung geben würde. Bereits 1951 war das Verbot aufgehoben worden, Segelflugzeuge zu bauen. Viele sahen darin das erste Anzeichen dafür, dass das Luft- und Raumfahrtverbot bald generell aufgehoben würde. Im sogenannten Deutschlandvertrag sicherten die USA, Großbritannien und Frankreich der Bundesrepublik im Jahr 1952 weitgehende Souveränität zu – dazu gehörte auch die Aufhebung des Forschungsverbotes. Der Vertrag musste zwar noch von den beteiligten Staaten ratifiziert werden, aber ein erster wichtiger Schritt auf dem Weg zum Wiederbeginn der Raketenforschung in Deutschland war getan.

Der Standort Baden-Württemberg

Mit der Aussicht auf ein baldiges Ende des Verbots versuchten viele Bundesländer bereits seit 1951, die besten Forschungsinstitute für die wirtschaftlich und politisch attraktive Luft- und Raumfahrtforschung bei sich anzusiedeln. Vor allem Baden-Württemberg rechnete sich dabei gute Chancen aus. Die Forschungs-

und Entwicklungsabteilung der Daimler-Benz AG befasste sich bereits mit Strahlantrieben und anderen Konzepten der Luft- und Raumfahrt. Weitere Unternehmen wie Porsche hatten ebenfalls ein großes Interesse an der Entwicklung von neuen Antriebstechnologien, sodass Experten und Kapital vorhanden waren.



Der beschauliche Ort Lampoldshausen in der Nähe von Heilbronn wurde Ende der 1950er-Jahre Schauplatz einer Debatte über die friedliche Nutzung der Raketentechnik.



Zudem hatten sich in Baden-Württemberg seit Ende der 1940er-Jahre einige bedeutende Raketenforscher mit guten Kontakten zur Politik angesiedelt. Die in der 1948 gegründeten GfW organisierten Ingenieure plädierten für die friedliche Nutzung der Raumfahrt und knüpften Kontakte zu internationalen Raumfahrtorganisationen.

Ein wichtiges Ziel der GfW war die Einrichtung eines Forschungsinstitutes für Raumfahrt in Deutschland. Bereits 1951 gründete die GfW gemeinsam mit der „British Interplanetary Society“ die „International Astronautical Federation“ (IAF), deren erster Präsident Eugen Sänger wurde. 1952 hielt die IAF ihren dritten Kongress in Stuttgart ab. An diesem Kongress nahm auch der damalige Bundesverkehrsminister Hans-Christoph Seebohm teil, der Eugen Sänger offenbar seine Unterstützung in Aussicht stellte. Mit Fritz Gerlach war zudem ein leitender Beamter des Bundesverkehrsministeriums im Vorstand der GfW. Gerlach bemühte sich, den Bundesverkehrsminister für eine Förderung der Raumfahrtforschung zu gewinnen.

Das Ministerium lehnte diese Förderung jedoch zunächst ab, um die offizielle Aufhebung des Verbots der Luft- und Raumfahrtforschung nicht zu gefährden, bis der Deutschlandvertrag ratifiziert war. Bereits 1953 stellte das Bundesverkehrsministerium aber 75.000 D-Mark für die Raumfahrtforschung zur Verfügung, da man den von Sänger geplanten wiederverwendbaren Raumgleiter durchaus als Verkehrsmittel definieren könne.

Zur gleichen Zeit unterstützte Baden-Württemberg, das sich vergeblich um die Ansiedlung der „Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DVL) in Karlsruhe oder Stuttgart bemüht hatte, den Vorschlag der GfW, ein außeruniversitäres Forschungsinstitut zu gründen – ebenso wie die Industrie, allen voran Daimler-Benz.

1952 fand der 3. Kongress der „International Astronautical Federation“ in Stuttgart statt. Präsident war Eugen Sänger.

1954
–
1963

Die Gründung des FPS und erste Auftragsarbeiten

Als auf diese Weise die Finanzierung des geplanten Forschungsinstituts gesichert war, stand seiner Gründung nichts mehr im Wege. Mit den Strukturen der GfW, dem Engagement von Daimler-Benz und Porsche sowie der Technischen Hochschule war Stuttgart als Standort ideal. Schon im Vorfeld war Eugen Sänger zum Leiter des Instituts bestimmt worden. Sänger hatte den Kontakt nach Deutschland und nach Baden-Württemberg stets gehalten und 1953 an der Technischen Hochschule Stuttgart einen Lehrauftrag für Raketenantriebe wahrgenommen.

Am 8. Juli 1954 war es soweit: An der Technischen Hochschule Stuttgart wurde das „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ (FPS) gegründet. Seinen Sitz hatte das Institut am Stuttgarter Flughafen, geleitet wurde es von Eugen Sänger

und seiner Frau Irene als Stellvertreterin. Mit Beginn des Wintersemesters nahm das FPS am 1. Oktober 1954 die Arbeit auf. Zu seinen Aufgaben gehörten neben Forschung und Lehre auch Auftragsarbeiten für die Industrie.

Die Gründung griff der endgültigen Ratifizierung des Deutschlandvertrages allerdings noch etwas vor. Frankreich hatte sie im August 1954 noch einmal abgelehnt und es sollte bis Mai 1955 dauern, ehe er unter dem Namen „Pariser Verträge“ schließlich in Kraft trat. Die weitgehende politische Souveränität brachte endlich den erhofften Neubeginn in der Raumfahrtforschung – wenn auch mit Einschränkungen: Die Bundesrepublik durfte keine atomaren, chemischen oder biologischen Waffen sowie keine Raketen mit einer Reichweite von mehr als 70 Kilometern entwickeln. Trotzdem konnte jetzt auch in Westdeutschland wieder Raketenforschung betrieben werden.

Die Arbeit am FPS lief derweil bereits auf Hochtouren. Bruno Eckert, Abteilungsleiter der Abteilung Strahlantriebe bei Daimler-Benz, beteiligte sich als Vorstandsmitglied des FPS an den Entscheidungen des Instituts. Daneben erteilten Porsche, das US-amerikani-

sche Unternehmen General Electric, Fiat und einige Rüstungsunternehmen dem Institut Aufträge, sodass die Industrie einigen Einfluss auf die Geschicke des Institutes gewann. Sie sorgte beispielsweise dafür, dass das FPS 1955/56 eigenständig blieb und nicht, wie geplant, mit dem „Institut für Raketenforschung“ der Universität Stuttgart verschmolzen wurde.

Das FPS führte in diesen ersten Jahren Experimente mit Staustrahltriebwerken, Heißwasserraketenantrieben und elektrothermischen Antrieben durch. Darüber hinaus wurde weiterhin Sängers Idee eines wiederverwendbaren Raumgleiters verfolgt. Finanziert wurden die Arbeiten hauptsächlich vom Land Baden-Württemberg und durch die Aufträge aus den USA. Auf diese Weise entstand am Stuttgarter Flughafen Mitte der 1950er-Jahre ein umfangreicher Forschungskomplex.



Der Stuttgarter Fernsehturm in den 1950er-Jahren. Baden-Württemberg entwickelte sich nach dem Zweiten Weltkrieg zu einem deutschen Zentrum der Raumfahrtforschung.

Die Gründung des Standortes Lampoldshausen

Die Möglichkeiten am Stuttgarter Flughafen waren allerdings begrenzt. So konnten dort keine Tests für größere Raketen mit Flüssigkeitsantrieben durchgeführt werden. Das FPS brauchte ein größeres Testgelände mit modernen Prüfständen. Eugen Sänger regte daher im Dezember 1957 an, ein entsprechendes Testgelände zu errichten. Auch in Trauen in der Lüneburger Heide, wo Sänger während des Krieges gearbeitet hatte, baute die 1953 neu gegründete „Deutsche Forschungsanstalt für Luftfahrt“ (DFL) das Raketentestgelände wieder auf.

Inzwischen wurde im Rahmen des „Geophysikalischen Jahres“ 1957/58 öffentlich über Raumfahrt debattiert – auch über die zivile Nutzung von Satelliten und über die Frage, wie man sie ins All befördern könnte. Im selben Jahr versetzte die Sowjetunion der Welt einen Schock: Am 4. Oktober 1957 brachte sie mit Sputnik 1 den ersten Satelliten in den Weltraum und hatte damit beim Wettlauf ins All erst einmal die Nase vorn. Der Transport mit Hilfe einer weiterentwickelten Interkontinentalrakete war ein Meilenstein in der Raumfahrtgeschichte, der in Amerika und Westeuropa die Entwicklung von Trägerraketen ganz oben auf die Agenda setzte.

Geschichte der Raumfahrt: Wettlauf im Weltall – der Sputnikschock und seine Folgen

Am 4. Oktober 1957 schockte die Sowjetunion die westliche Welt: Noch vor den USA war es ihr gelungen, einen Satelliten in die Erdumlaufbahn zu bringen. Der Satellit Sputnik 1 besaß einen Durchmesser von 60 Zentimetern und war 84 Kilogramm schwer. Der Schock saß in der westlichen Welt tief. Die Erkenntnis, dass die Sowjetunion in der Lage war, mit ihren Raketen jeden Ort der Erde zu erreichen, machte vielen Menschen Angst. Zudem fürchtete man, beim Wettlauf ins All den Anschluss zu verlieren.

Vor allem die USA setzten alles daran, den sowjetischen Vorsprung wieder aufzuholen. Doch der erste amerikanische Versuch, einen Testsatelliten ins All zu befördern, scheiterte am 6. Dezember 1957. Erst am 1. Februar 1958 gelang den Amerikanern mit „Explorer 1“ ein erfolgreicher Satellitentransport ins All. Da hatte die Sowjetunion aber bereits einen zweiten Satelliten ins All befördert. Das amerikanische Explorer-Programm wird mit bisher fast 90 Starts bis heute fortgeführt.

Auch in Europa hatte der Sputnik-Start Folgen, denn schlagartig wurde den europäischen Staaten ihr Rückstand im Bereich der Raumfahrtforschung bewusst. Sputnik wurde für sie zum Startsignal, ihre Aktivitäten zu verstärken. Und da die einzelnen Staaten den Zugang zum Weltall nicht allein schaffen konnten, mussten sie zusammenarbeiten.

Der Erstflug des Sputnik gilt heute als der Beginn des Raumfahrtzeitalters. Inzwischen sind Satelliten aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie liefern Erkenntnisse über die Erde und den Weltraum, erleichtern die Navigation, liefern Daten für Wettervorhersagen und machen Satellitenfernsehen erst möglich.



Sputnik 1 war der erste Satellit im Weltall. Im Bild: Ein Modell des Satelliten im sowjetischen Pavillon auf der Weltausstellung in Brüssel 1959.

1954
–
1963



erfüllten wirklich alle Voraussetzungen. Und zwei „Kandidaten“ lehnten die Bebauung ab. Der Druck auf das FPS wuchs. Doch dann wurde Sängler fündig. Der Forst „Im Langen Grund“ im Harthäuser Wald, etwa 18 Kilometer nördlich von Heilbronn, bot die besten Bedingungen. Am 18. Juli 1959 stimmte das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten dem Bau des Testgeländes im Harthäuser Wald zu, und am 6. Oktober 1959 erklärte sich auch die Forstdirektion Nordwürttemberg bereit, dem FPS das Gelände zur Verfügung zu stellen.

Lampoldshausen, Ende der 1950er-Jahre. Bürger und Gemeinderat lehnten zunächst die Bebauung ab, von der sie sich keine Vorteile erwarteten.

Überzeugungsarbeit

Die Vertreter der anliegenden Gemeinde Lampoldshausen hatten allerdings Bedenken gegenüber dem Testgelände. Ängste und Zweifel wurden laut, ob sich das Projekt wirtschaftlich rentieren würde. So hoffte man zunächst, dass die Wissenschaftler nach Lampoldshausen ziehen würden. Doch nun sprach vieles dafür, dass sich die Mitarbeiter in anderen Orten ansiedeln könnten. Für Lampoldshausen hätte sich der Bau des Testgeländes dann nicht ausgezahlt. Gravierender waren die Kriegsängste vieler Menschen angesichts des Kalten Krieges und der Erinnerung an die Schrecken des Zweiten Weltkrieges. 60 Prozent des Dorfes waren im Zweiten Weltkrieg zerstört worden – die Erinnerung daran war nur knapp 15 Jahre danach immer noch frisch. Die Menschen fürchteten, bei einer militärischen Auseinandersetzung zwischen NATO und Warschauer Pakt das Ziel von Angriffen zu werden und hatten Angst vor atomarer Verseuchung, Wasserverschmutzung und anderen Umwelt-



Eugen Sänger, erster von links, erläuterte Gemeindevertretern und Bürgern die friedliche Nutzung der Rakete-technik.

schäden. Man zweifelte an der friedlichen Nutzung der Anlage und verband mit dem Begriff „Rakete“ vor allem Krieg, Gewalt und Vernichtung. Der Gemeinderat Lampoldshausen lehnte schließlich den Ausbau des Geländes ab, genau wie die benachbarte Gemeinde Möckmühl – auch wenn das Gelände dem Land Baden-Württemberg gehörte, das zu dieser Zeit der Bebauung und Nutzung bereits zugestimmt hatte.

Um die Bürger über das geplante Testgelände zu informieren, regten daraufhin einige Gemeinderäte an, Eugen Sänger einzuladen, damit er die Pläne erläutern konnte. Sänger nahm in seinem Vortrag am 10. Oktober 1959 die Bedenken der Lampoldshausener sehr ernst und wollte sie zerstreuen, indem er seine Sicht auf die friedliche Zukunft der Raumfahrt schilderte. Vor allem aber begeisterte er seine Zuhörer mit seinen Visionen von der Raumfahrt der Zukunft. Sänger beschrieb den Aufbau eines astronomischen Observatoriums auf dem Mond als Basis für die weitere Erforschung ferner Planetensysteme und erklärte die Entwicklung zukunftsweisender Antriebstechnologien, etwa des Ionen- oder Photonenantriebs. In der anschließenden Diskussion konnten die Lampoldshausener Bürger ihre Fragen und Sorgen ansprechen. Der Abend endete mit Applaus und einer spontanen Zustimmung für den Bau des Testgeländes. Erleichtert betonte der Geschäftsführer des FPS, Dr. Heinz Krug, gegenüber der Presse, dass das Testgelände im Falle einer Ablehnung wohl in Bayern gebaut worden wäre.

Baubeginn und erste Triebwerkstests

Nach der Zustimmung der Bevölkerung stand dem Projekt nichts mehr im Wege. Nun ging alles sehr schnell. Das FPS gründete für die Planung und Durchführung der Triebwerkstests in Lampoldshausen die Abteilung „Verbrennungsraketen“. Das Land Baden-Württemberg stellte das Gelände mit einem Erbbaupachtvertrag

zur Verfügung und übernahm die Kosten für Erschließung, Straßenbau, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Der Bau der Testanlagen selbst wurde mit Mitteln des Bundesverkehrs- und des Bundesverteidigungsministeriums finanziert.

Der Bebauungsplan für das Gelände war am 3. November 1959 fertiggestellt, Baubeginn war bereits am 19. April 1960. In der ersten Ausbauphase wurden die Prüfstände P1 und P2 und die grundlegende Infrastruktur errichtet. Zunächst wurde eine Zufahrtsstraße zum Gelände gebaut, und im südlichen Teil des Gebiets „Im Langen Grund“ wur-

Am 19. April 1960 begannen die Bauarbeiten „Im Langen Grund“.





de ein 72 Meter tiefer Brunnen gebohrt, der auch die Gemeinde Lampoldshausen noch mit Wasser versorgen konnte. Außerdem wurden leistungsfähige Stromleitungen verlegt, da der Standort so viel Strom wie ein ganzes Dorf verbrauchte. Für die wissenschaftliche Vorbereitung der Versuche, das Archiv und die Vortragsräume wurde ein eigenes Gebäude errichtet und in sicherer Entfernung zu den Prüfstandskomplexen entstanden Gebäude zur Treibstofflagerung.

Kernstück des Testgeländes waren zwei Triebwerksprüfstände. Am Prüfstand P1 sollten Kleintriebwerke, etwa für Satelliten sowie Modelltriebwerke, zur Untersuchung von Treibstoffkombinationen und am Prüfstand P2 große Raketentriebwerke in senkrechter Position getestet werden. Dieser Prüfstand war vor allem für die Erprobung der Hauptstufe der Pilz-Rakete gedacht. Für die Ventilsteuerung und die Bedrückung der Treibstofftanks, die notwendig war, um die Treibstoffe in die Brennkammer zu fördern, wurde eine eigene Luftkompressoranlage in der Montagehalle M9 errichtet. Die Bauarbeiten verzögerten sich allerdings mehrfach. Ursprünglich wollte Eugen Sänger bereits im August 1961 die ersten Tests durchführen, aber erst 1962 konnte der Testbetrieb beginnen.

Im Sommer 1962 begann am P1 die erste Versuchsreihe an wasser- und filmgekühlten Brennkammern mit vier Kilonewton Schub zur Material- und Treibstoffuntersuchung. Die sogenannte Filmkühlung, bei der die Brennkammer mit einem

Bild oben links:
Als Erstes wurde eine Zufahrtsstraße zum Gelände gebaut.

Bild oben rechts:
Am Prüfstandskomplex P1 wurde im August 1962 mit dem Testbetrieb begonnen.

Standort: Die erste Ausbaustufe – die Prüfstände P1 und P2

Am 19. April 1960 wurde „Im Langen Grund“ in Lampoldshausen mit der ersten Ausbaustufe begonnen. Dabei wurden neben der nötigen Infrastruktur mit Büroräumen, Lager, Straßen und Sicherheitsanlagen vor allem die beiden Prüfstandskomplexe P1 und P2 errichtet. Die Gesamtkosten dieser ersten Ausbaustufe beliefen sich auf etwa 15 Millionen D-Mark, von denen das Land Baden-Württemberg 1,5 Millionen übernahm.

Der Prüfstandskomplex P1 bestand zu Anfang aus fünf Testpositionen für Versuche mit kleineren Triebwerken bis zu vier Tonnen Schub. Der Prüfstand P2, ein 30 Meter hoher Betonturm, war bis zur

Hälfte in den Boden eingebaut. Dabei nutzte man die günstige topographische Lage des Standortes, die den Bau der Prüfstände am Hang begünstigte. So konnte das Triebwerk vom oberen Zugang aus ohne größeren Aufwand in die Testkammer eingesetzt und der Abgasstrahl unten ins Freie geleitet werden. Am P2 sollten Triebwerke bis zu 100 Tonnen Schub in senkrechter Position getestet werden. Die gesamte Planung des Testgeländes, vor allem aber des Prüfstandskomplexes P2, basierte stark auf den Erfahrungen der Techniker in Verdon und Peenemünde.



Auf dem Prüfstand P2 sollten Triebwerke bis zu 100 Tonnen Schub in senkrechter Position getestet werden. Dabei war gerade die Lage am Hang ein großer Vorteil.

1954
–
1963



Treibstofffilm an der Innenwand gekühlt wird, wurde bereits in der Veronique-Rakete erfolgreich genutzt. Der erste Raketentriebwerkstest dieser Versuchsreihe fand am 24. August 1962 am P1 in Lampoldshausen statt. Durchgeführt wurde er von Prüfstandsmeister Adolf Frank und den Ingenieuren Günter Herrmann und Horst

Im Forstgebiet „Im Langen Grund“ bei Lampoldshausen wurde bis 1962 das Testgelände für Flüssigkeitsraketenantriebe des FPS erbaut.

Schönhaar. Später kam auch noch ein Forschungsauftrag der Industrie hinzu, bei dem Versuche mit freitragenden Graphitdüsen durchgeführt wurden. Am P2 sollte das 4-Tonnen-Triebwerk der geplanten Pilz-Rakete weiterentwickelt und getestet werden. Als Vorarbeit wurden die Treibstoffventile für das Triebwerk von den Institutsmitarbeitern in Lampoldshausen entworfen und gebaut.

Mit viel Engagement stürzten sich die Mitarbeiter in die Arbeit an den Prüfständen.

Mit dem heutigen Prüfstandsbetrieb war die Arbeit damals nicht vergleichbar. Nicht alles lief von Anfang an nach Plan. Doch auch die Rückschläge waren für die Mitarbeiter eine Herausforderung. Es herrschte Aufbruchstimmung und Pioniergeist. Die ersten Prüfstände wurden entwickelt und gebaut. Langsam erarbeiteten sich die Mitarbeiter das Wissen über den Bau und Betrieb von Prüfständen, das zum heutigen grundlegenden Know-how am Standort führte.

Damals entsprach sicherlich noch nicht alles den heutigen hohen Sicherheitsstandards. Der Umgang mit den neuen Treibstoffen wie Salpetersäure war schwierig

und niemand war darin geübt. Die Techniker und Handwerker lernten dabei die Triebwerke, Prüfstände und Treibstoffe sehr genau kennen, und sie sammelten Erfahrungen, die für die Bewältigung der Herausforderungen in den späteren europäischen Raumfahrtprogrammen noch sehr wichtig werden sollten.



Hintergrund: Wiederbeginn der deutschen Luft- und Raumfahrtforschung

Mit dem Inkrafttreten der Pariser Verträge am 5. Mai 1955 erhielt die Bundesrepublik Deutschland ihre Souveränität weitgehend zurück. Sie trat der NATO bei und verzichtete auf die Herstellung biologischer, chemischer und atomarer Waffen. Außerdem wurde die Bundesrepublik Mitglied der Westeuropäischen Union.

Die Pariser Verträge legten nicht nur die Westbindung der Bundesrepublik fest. Die staatliche Souveränität ermöglichte auch wieder eine eigene Luft- und Raumfahrtforschung. Deren Start blieb aber schwierig. Bis 1962 gab es kein eigenständiges Bundesforschungsministerium, sodass sich das Bundesverteidigungsministerium, das Bundesverkehrs-

ministerium und das Bundesministerium für Atomenergie um die Zuständigkeit stritten. Vor allem die Raketenforschung war umstritten. Die Bundesrepublik stand dabei bis weit in die 1960er-Jahre zwischen den transatlantischen und den europäischen Interessen, was die Forschungspolitik lähmte.

Ein Start mit Konflikten

Als der Testbetrieb in Lampoldshausen begann, gehörten Eugen Sänger und Wolfgang Pilz allerdings schon nicht mehr dem FPS an. Denn während in Lampoldshausen noch gebaut wurde, stand das „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ vor großen Veränderungen. Eugen Sänger und Wolfgang Pilz hatten unterschiedliche Vorstellungen über die Zukunft der Raumfahrt. Sänger hoffte nach wie vor auf die Realisierung seines wiederverwendbaren Raumgleiters, Pilz dagegen wollte auf der Basis der Veronique-Rakete ein nationales Raketenprogramm in Westdeutschland verwirklichen. Gerade nach dem Sputnik-Schock galten Raketen als das Träger-



system der Zukunft und beim Bau des Testgeländes war das entsprechend berücksichtigt worden. Es orientierte sich ausdrücklich an den Raketenprüfständen von Peenemünde und im französischen Vernon und war vor allem für Tests an Raketen-triebwerken ausgerichtet.

Doch ein nationales Raketenprojekt wurde angesichts der Westbindung der Adenauer-Regierung nicht mehr umgesetzt. 1961 entschied die Bundesregierung vielmehr, sich an einem gemeinsamen europäischen Programm zu beteiligen. Wolfgang Pilz sah sein Projekt scheitern.

Weltpolitische Wirren: Pilz und Sänger in Ägypten

In dieser Situation ließ sich Pilz von der ägyptischen Regierung für ihr Raketenprogramm anwerben. Seit 1954 herrschte dort Präsident Gamal Abdel Nasser und forcierte die Einigung der arabischen Staaten unter ägyptischer Führung und in scharfer Gegnerschaft zu Israel. Als Mitglied der blockfreien Staaten suchte Ägypten

Für die geplante Pilz-Rakete wurden in Lampoldshausen auch die Flugventile erprobt.

1954
–
1963

einen politischen Weg zwischen den beiden Supermächten, lehnte sich aber deutlich stärker an den Ostblock an, der das Land mit Waffen versorgte.

Bereits seit den 1950er-Jahren arbeiteten auch deutsche Techniker und Forscher im Rahmen von Nassers Rüstungspolitik für die ägyptische Regierung. Wolfgang Pilz schloss 1960 einen Vertrag mit der ägyptischen Regierung über die Entwicklung von Raketen ab und warb unter seinen Mitarbeitern für ein Engagement in Ägypten. 1962 ging Pilz schließlich mit einigen Ingenieuren des FPS nach Ägypten. Die Gruppe arbeitete an Raketen mit 4- bzw. 20-Tonnen-Triebwerken und wollte die Seilsteuerung der alten Veronique-Rakete – auf der das ägyptische Modell basierte – durch eine elektronische Steuerungsanlage ersetzen. Auch Eugen Sänger hielt sich zu dieser Zeit in Ägypten auf, wo er eine Gastprofessur an der Universität Kairo angenommen hatte und die ägyptische Regierung bei ihrem Raketenprogramm unterstützte.

Die ägyptischen Aktivitäten der Stuttgarter Raumfahrt-Ingenieure sorgten allerdings für erhebliche politische Unruhe. Der Nahe Osten war spätestens seit der Gründung des Staates Israel im Jahr 1948 ein politisches und militärisches Spannungsbereich. Die Bundesrepublik unterstützte wegen der NS-Verbrechen an den Juden den Staat Israel, weswegen Nasser die Bundesrepublik unter Druck setzte und mit der Anerkennung der DDR drohte. Die israelische Regierung war aufgebracht über die Beteiligung deutscher Techniker am ägyptischen Raketenprogramm, das direkt gegen Israel gerichtet war. Die Arbeit der Raketentechniker in Ägypten belastete

Hintergrund: Welche chemischen Raketentreibstoffe gibt es?

Raketen werden mit unterschiedlichsten Treibstoffen angetrieben. Bei chemischen Raketentriebwerken, wie sie heute zum Beispiel in der Ariane-Familie genutzt werden, unterscheidet man zwischen Fest-, Flüssig- und Hybridtreibstoffen.

Bei Feststoffraketen besitzt sowohl der Brennstoff als auch der Oxidator eine feste Form. Der bekannteste feste Treibstoff ist sicherlich Schwarzpulver. In der Raumfahrt werden häufig Mischungen aus Ammoniumperchlorat oder Natrium/Ammoniumnitrat sowie Aluminium mit einem Kunstharz oder eventuell Eisenoxid als Katalysator genutzt. Im Ariane-Programm wurden erstmals Festtreibstoffe in den Boostern der Ariane 3 und 4 sowie bis heute in den Boostern der Ariane 5 verwendet. Für Lagerung und Handhabung sind feste Treibstoffe die sicherste und einfachste Variante; wegen ihres geringen spezifischen Impulses, aber zugleich großen Schubes werden sie hauptsächlich zur Startunterstützung in Boostern eingesetzt.

Bei Flüssigtreibstoffen unterscheidet man zwischen moner-, di- und triergolen Treibstoffen. Monergole Treibstoffe wie Hydrazin, das mit Hilfe eines Katalysators (z. B. Aluminiumoxid) zersetzt wird, werden in der Raumfahrt vor allem in Lageregelungstriebwerken benutzt.

Bei diergolen Treibstoffkombinationen sind sowohl Brennstoff als auch Oxidator flüssig. Reagieren sie spontan und ohne weiteren Katalysator miteinander, spricht man von hypergolen Treibstoffen. Treibstoffe, die sich erst bei extrem niedrigen Temperaturen verflüssigen, heißen kryogen. Zu ihnen gehören flüssiger Wasserstoff und flüssiger Sauerstoff. Diese Treibstoffe sind hochenergetisch und besitzen einen sehr hohen spezifischen Impuls. In der heutigen Hauptvariante der Ariane 5, der Ariane 5 ECA, werden mit „Vulcain 2“ und „HM-7B“ zwei kryogene Triebwerke verwendet.

Triergole Treibstoffsysteme enthalten zur Erhöhung des spezifischen Impulses zusätzlich zur diergolen Treibstoffkombination noch Wasserstoff oder Metallpulver. Triergole Systeme werden wegen ihres komplexen Aufbaus mit drei Tanks bis heute kaum eingesetzt.

Hybridtreibstoffe bestehen aus einem festen Brennstoff und einem flüssigen Oxidator (häufig Salpetersäure oder Lachgas). Ihr Vorteil: Sie verbinden einen ähnlich hohen spezifischen Impuls wie bei flüssigen Treibstoffen mit der besseren Lagerfähigkeit von Festtreibstoffen.

Man unterscheidet darüber hinaus zwischen nieder-, mittel- und hochenergetischen Treibstoffen. Hochenergetische Treibstoffe können einen spezifischen Impuls von mehr als 3,3 Kilometern pro Sekunde entwickeln, niederenergetische Treibstoffe bewegen sich im Rahmen von unter 2,8 Kilometern pro Sekunde.

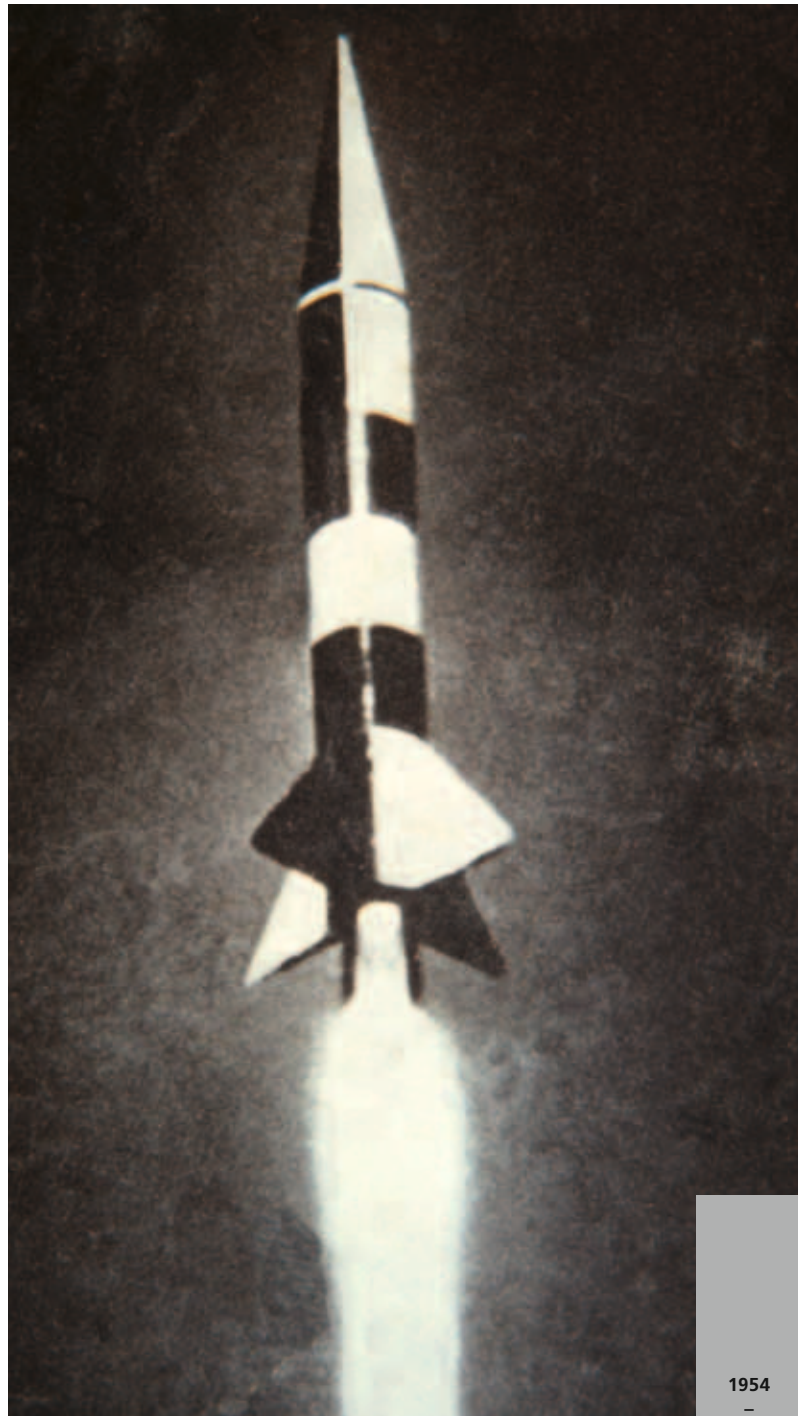
also die bundesdeutsche Außenpolitik, die unbedingt den Eindruck vermeiden wollte, im Nahostkonflikt die arabischen Staaten zu unterstützen.

Als die Arbeit der deutschen Wissenschaftler des FPS bekannt wurde, wurden sie sofort wegen „ihrer eigenmächtigen, politisch unklugen und über das zumutbare Maß hinausgehenden Mitarbeit an einem ägyptischen Regierungsauftrag“ fristlos entlassen. Eugen Sänger kündigte noch 1962 seine Mitarbeit in Ägypten und kehrte nach Deutschland zurück. 1963 übernahm er an der Technischen Hochschule in Berlin den ersten Lehrstuhl für Raumfahrttechnik in Deutschland. Er beriet weiterhin verschiedene Bundesministerien in raumfahrttechnischen Fragen. Am 10. Februar 1964 starb er während einer Vorlesung an der Universität an einem Herzinfarkt. Wolfgang Pilz setzte seine Arbeit in Ägypten noch bis 1965 fort und verbrachte anschließend seinen Ruhestand in Österreich, ohne jemals wieder in der Raumfahrtindustrie zu arbeiten. Das FPS wurde 1962 in die „Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt“ (DVL) eingegliedert, die auch das Gelände in Lampoldshausen übernahm.

Auf dem Weg zu einer europäischen Rakete

Kaum zwei Jahre nach seiner Gründung stand der Standort in Lampoldshausen also bereits vor großen Veränderungen. Mit Wolfgang Pilz und Eugen Sänger waren die zwei treibenden Kräfte ausgeschieden und das nationale Raketenprogramm war endgültig gescheitert.

Doch schon bald erhielt der Standort Lampoldshausen neue Aufgaben, denn die Notwendigkeit einer eigenen europäischen Rakete wurde immer deutlicher. Kein Land konnte das allein schaffen. Auch die Bundesrepublik wollte sich nach einigem Zögern an der Entwicklung einer Trägerrakete beteiligen. Die für diese Entwicklung notwendigen Triebwerksprüfstände befanden sich in Trauen und Lampoldshausen. Die Zukunft des Standortes lag in Europa.



1954
–
1963

Wolfgang Pilz konnte seine Vision eines nationalen Raketenprogrammes nicht verwirklichen. Seine Pilz-Rakete wurde schließlich in abgewandelter Form in Ägypten gebaut.



1963–1973

1962 In Lampoldshausen entsteht das „Forschungsinstitut für Chemische Raketenantriebe“, kommissarischer Leiter ist Diplom-Ingenieur Wilhelm Dollhopf.

Um die Entwicklung eines eigenständigen europäischen Trägersystems zu realisieren, wird am 29. März die „European Launcher Development Organisation“ (ELDO) gegründet.

Am 14. Juni wird die europäische Weltraumforschungsorganisation „European Space Research Organisation“ (ESRO) gegründet.

1963 Beginn der zweiten Ausbaustufe, in der die Prüfstände P3 und P4 errichtet werden.

1964 Diplom-Ingenieur Walter Luksch wird Institutsleiter.

Um die Forschungskompetenz zu stärken, werden in einer dritten Ausbaustufe bis 1966 die Forschungsprüfstände M11 und P6 errichtet.

1969 Zusammenführung von DFL und DVL zur „Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt“ (DFVLR).

Professor Armin Dadieu übernimmt die Leitung des DFVLR-Instituts in Lampoldshausen.

Am 16. Juli startet Apollo 11 mit den drei Astronauten Neil Armstrong, Edwin Aldrin und Michael Collins zur ersten bemannten Mondlandung. Am 20. Juli betritt Neil Armstrong als erster Mensch den Mond.

1970 Am Standort Lampoldshausen beginnen Tests für das OTRAG-Programm.

1973 Am 27. April wird das ELDO-Programm nach zahlreichen Fehlschlägen eingestellt.

1974 Am 19. Dezember fliegt der deutsch-französische Satellit „Symphonie“ mit einer amerikanischen Rakete ins All.

Der Beginn der europäischen Raumfahrt

Das ELDO-Programm

1963 war die erste Ausbaustufe des Testgeländes abgeschlossen.

Im gleichen Jahr wurde der Standort für das erste große europäische Raumfahrtprojekt ausgewählt: Die Bundesrepublik beteiligte sich im Rahmen der ELDO an der Entwicklung einer europäischen Träger rakete. In Lampoldshausen sollte dafür „Astris“, das von Deutschland entwickelte Triebwerk der 3. Stufe der Rakete, getestet werden.

Für diesen Zweck wurde das Gelände erweitert. Die neuen Prüfstände P3 und P4 waren für Tests unter Boden- und Höhenbedingungen geeignet. Zugleich forschten die Wissenschaftler und Ingenieure in Lampoldshausen im Bereich der hochenergetischen Flüssigkeitsantriebe. Organisatorische Schwierigkeiten und Unstimmigkeiten innerhalb der ELDO brachten das Projekt der „Europa“-Rakete 1973 jedoch zum Scheitern. Der Standort Lampoldshausen geriet zunächst in eine Krise, die durch kleinere Projekte überbrückt werden konnte.

Europa auf dem Weg ins All

Bis 1963 waren die Arbeiten an den ersten Prüfstandskomplexen in Lampoldshausen weitgehend abgeschlossen. Der Standort besaß damit am P1 Kleinprüfstände für Tests an Steuertriebwerken und anderen Kleintriebwerken sowie einen Bodenprüfstand P2 für Tests mit Triebwerken bis 100 Tonnen Schub unter Bodenbedingungen, die lagerfähige Treibstoffe nutzen. Nach dem Ausscheiden von Eugen Sänger und Wolfgang Pilz hatte die 1953 neu gegründete „Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt“ (DLV) 1962 die Verwaltung des Instituts übernommen. Neuer kommissarischer Leiter des Standortes wurde Diplom-Ingenieur Wilhelm Dollhopf. Die Europäisierung der Raumfahrt erfasste und veränderte in den kommenden Jahren auch das Testgelände in Lampoldshausen.

Europa zwischen den USA und der Sowjetunion

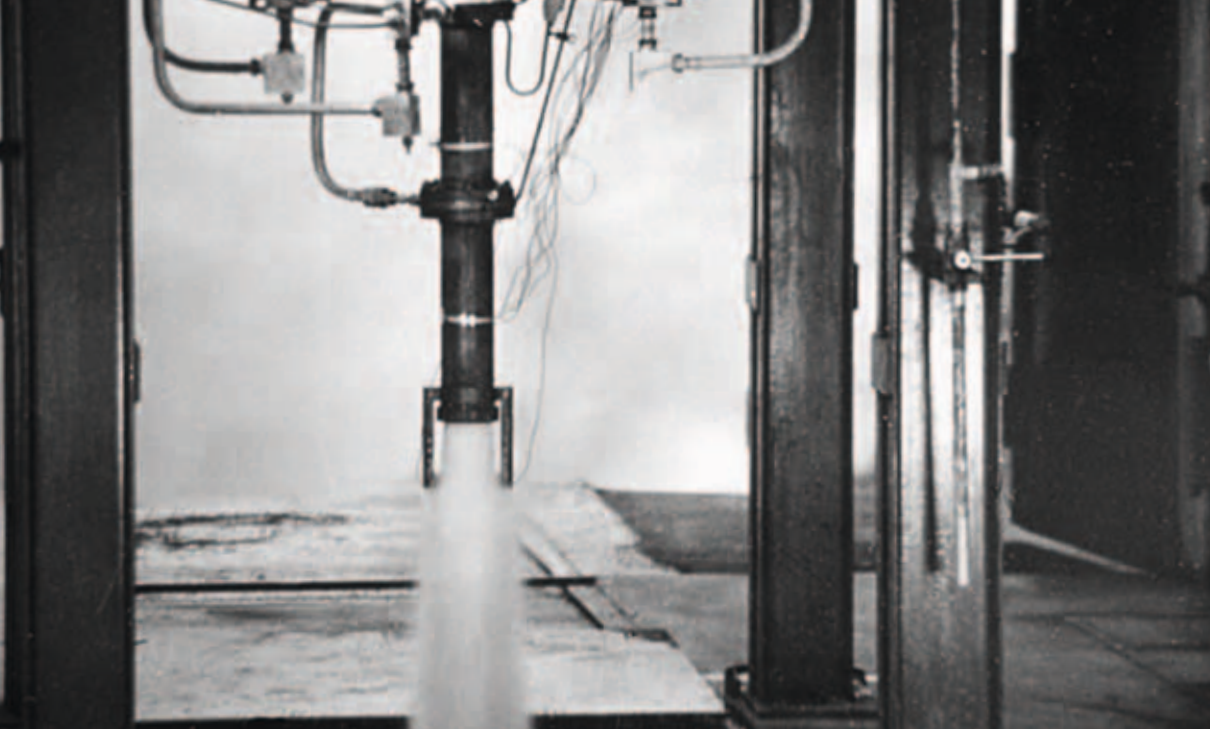
Weltweit stand die Raumfahrt in den frühen 1960er-Jahren vor ihrem Durchbruch. Im August 1960 reisten im sowjetischen Sputnik 5 zwei Hunde sicher in den Orbit und wieder zurück. Am 12. April 1961 umrundete der sowjetische Kosmonaut Juri Gagarin als erster Mensch die Erde. Drei Wochen nach Gagarin startete mit Alan Shepard auch der erste Amerikaner zu einem 15-minütigen Flug ins All. Am 25. Mai 1961 erklärte US-Präsident John F. Kennedy in seiner berühmt gewordenen Rede, dass die USA noch vor dem Ende des Jahrzehnts einen Menschen zum Mond und sicher zurück zur Erde bringen würden. Der „Wettlauf ins Weltall“ nahm immer mehr Fahrt auf.

Sowohl die USA als auch die UdSSR investierten riesige Summen in die Raumfahrt und die Entwicklung neuer Raketen, Technologien und Raumfahrzeuge. Auch in Europa existierten einige nationale Programme wie die französische Veronique-Rakete oder die britische Interkontinentalrakete „Blue Streak“. Die deutsche Pilz-

Rakete wurde zwar zum Teil in Ägypten verwirklicht, in Europa jedoch nie gebaut. Die einzelnen europäischen Staaten konnten allerdings mit der Sowjetunion oder den USA nicht konkurrieren und insgesamt besaß Europa weder das politische Interesse noch die finanziellen oder wissenschaftlichen Ressourcen, um sich an diesem Wettlauf ernsthaft zu beteiligen. Daher begann das gemeinsame europäische Engagement in der Raumfahrt mit vergleichsweise bescheidenen Zielen: Man wollte die Erforschung der oberen Atmosphäre voranbringen und dafür eigene Satelliten und Raketen entwickeln. Dafür brauchten die europäischen Staaten aber gemeinsame Organisationen.

Nach der Fertigstellung der ersten Ausbaustufe besaß der Standort zwei Prüfstandskomplexe. Die Messergebnisse von den Versuchen wurden mit speziellen Messgeräten aufgezeichnet.





Während in Lampoldshausen weiter an der Erforschung verschiedener Brennstoffkombinationen gearbeitet wurde, planten einige Staaten den Bau eines europäischen Trägersystems. Das sollte auch die weitere Zukunft des Standortes bestimmen.

Die ersten europäischen Raumfahrtorganisationen

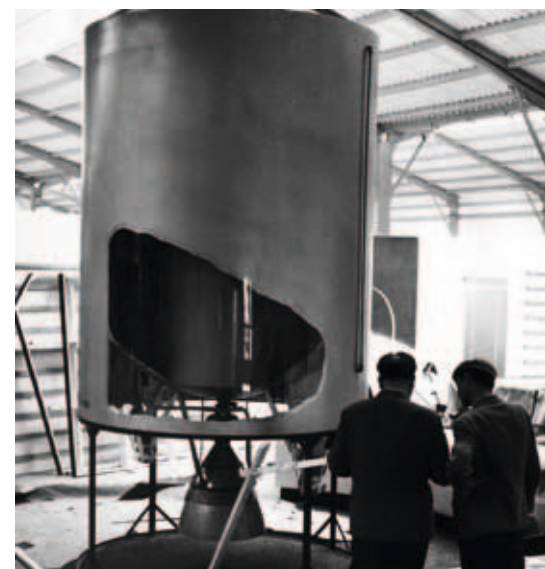
Vom 28. November bis zum 1. Dezember 1960 trafen sich Vertreter einiger europäischer Staaten im schweizerischen Meyrin. Auf dieser Konferenz sollte die Gründung einer gemeinsamen europäischen Forschungsorganisation vorbereitet werden, die bereits seit dem „Geophysikalischen Jahr“ 1957/58 immer wieder gefordert wurde. Zweck der in Meyrin vereinbarten und am 14. Juni 1962 schließlich gegründeten „European Space Research Organisation“ (ESRO) war die europäische Weltraumforschung. Zu den Gründern gehörten neben Großbritannien, Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland auch Italien, Belgien, die Niederlande, Spanien, Schweden, Dänemark und die Schweiz. Die ESRO sollte europäische Forschungssatelliten bauen. Zwischen 1967 und 1972 wurden insgesamt neun von der ESRO entwickelte Satelliten von amerikanischen Raketen ins All gebracht.

In Europa sollten aber nicht nur Satelliten, sondern auch Trägerraketen gebaut werden. Deren Entwicklung war allerdings besonders kostspielig, was den interessierten kleineren europäischen Staaten eine Beteiligung erschwerte. Daher sollte dieses Projekt nicht die ESRO übernehmen, sondern eine weitere europäische Organisation. Bereits im April 1960 hatte die britische Regierung entschieden, ihr militärisches Raketenprogramm Blue Streak einzustellen. Die Technologie sollte als Unterstufe für eine zukünftige europäische Trägerrakete dienen. Ein weiteres britisches Raketenprogramm mit dem Namen „Black Knight“ sollte die 2. Stufe der Rakete bilden.

Nach dem Ende des Blue-Streak-Programmes suchte Großbritannien nach europäischen Partnern. Frankreich, das mit Veronique ebenfalls über eine funktionierende Rakete verfügte, wollte den Briten allerdings nicht die komplette 1. und 2. Stufe überlassen. Beide Staaten einigten sich schließlich darauf, Blue Streak für die erste und Veronique für die 2. Stufe der geplanten Rakete zu nutzen. Weitere europäische Länder wollten sich ebenfalls an dem Projekt beteiligen. Dies lag auch im Interesse Frankreichs und Großbritanniens: So konnten Kosten und Entwicklung auf mehrere Schultern verteilt werden.

1963
–
1973

Modell der 3. Stufe der britischen Blue-Streak-Rakete. Nach dem Ende des Programmes wollte Großbritannien die Technik in einem europäischen Trägersystem verwenden.





Treffen der EWG-Außenminister in Bonn 1961. Ende der 1950er-Jahre begann mit der Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) der europäische Einigungsprozess.

Auf einer Konferenz in Straßburg vom 30. Januar bis zum 2. Februar 1961 vereinbarten Vertreter aus Frankreich, Großbritannien, der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark, Belgien, den Niederlanden und Spanien sowie Beobachter aus Norwegen, Schweden und der Schweiz die Gründung der „European Launcher Development Organisation“ (ELDO). Gründungsmitglieder sollten Großbritannien, Frankreich, Italien, Niederlande, Belgien und die Bundesrepublik Deutschland sowie

Australien als assoziiertes Mitglied werden. Als Startplatz für die zu entwickelnde Rakete war das australische Woomera vorgesehen, wo Großbritannien bereits ein Raketenstartgelände besaß.

Wer die 3. Stufe der geplanten Rakete entwickeln sollte, blieb zunächst ebenso offen wie die Frage, wer den Satelliten bauen sollte. Wegen ihres Know-hows und der nötigen Wirtschaftskraft kamen für diese Aufgaben nur Italien oder die Bundesrepublik infrage. Italien erklärte sich bereit, den Satelliten zu entwickeln; schwieriger war es, die Bundesrepublik Deutschland von einer Beteiligung an der europäischen Trägerrakete zu überzeugen.

Deutsche Anlaufschwierigkeiten

Denn die Bundesregierung tat sich mit der Beteiligung am ELDO-Programm schwer. Es gab noch kein Bundesforschungsministerium, sodass sich verschiedene Ressorts um Kompetenzen und Macht stritten. Bundesverkehrsminister Hans-Christoph Seebohm favorisierte eine Lizenzfertigung amerikanischer Raketen anstelle einer europäischen Eigenentwicklung. Beraten wurde Seebohm dabei auch von Eugen Sänger, dem Gründer des FPS und des Standortes Lampoldshausen, der sich deutlich gegen eine eigene europäische Trägerrakete aussprach. Die Technologie der Rakete sei zu aufwändig und zu teuer. Nach Sängers Ansicht war sie auch nicht mehr zeitgemäß, denn die Zukunft gehöre wiederverwendbaren Raumgleitern. Auch die „Deutsche Forschungsgemeinschaft“ (DFG), das von Bund und Ländern finanzierte Selbstverwaltungsorgan der deutschen Wissenschaft, sprach sich gegen eine deutsche Beteiligung an ELDO aus.

Bundeswirtschaftsminister Ludwig Erhard und Außenminister Heinrich von Brentano hingegen befürworteten aus politischen Gründen die europäische Kooperation. Sie versprachen sich von ihr eine stärkere Anbindung Großbritanniens an die „Europäische Wirtschaftsgemeinschaft“ (EWG) und Fortschritte bei der Westintegration der Bundesrepublik Deutschland. Eine Expertengruppe, die nicht nur aus Wissenschaftlern, sondern auch aus Finanzexperten und Repräsentanten der Industrie bestand, kam zu einem völlig anderen Ergebnis als die DFG: Sie empfahl der Regierung, sich an dem Projekt zu beteiligen und die Verantwortung für die 3. Stufe der Europa-Rakete zu übernehmen. Am 29. Juni 1961 erklärte sich die Bundesrepublik schließlich bereit, der ELDO beizutreten und die 3. Stufe der geplanten Trägerrakete

zu entwickeln und zu bauen. Am 29. März 1962 wurde ELDO gegründet und nach der Ratifizierung in den einzelnen Ländern trat ihre Konvention am 1. Mai 1964 in Kraft.

Allerdings fehlte in der Bundesrepublik immer noch ein Forschungsministerium, das die Weltraumforschung koordinieren und überwachen konnte. 1962 übertrug Bundeskanzler Konrad Adenauer das Ressort Raumfahrt zunächst dem Bundesministerium für Atomfragen – eine Entscheidung, die in der Forschung und in der Politik heftig kritisiert wurde. 1963 wurde schließlich das „Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung“ eingerichtet.

Zu dieser Zeit arbeiteten eine ganze Reihe Forschungsinstitute und -organisationen in der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt. Zu ihnen gehörten neben der DVL die „Deutsche Forschungsanstalt für Luftfahrt“ (DFL) in Braunschweig sowie die „Aerodynamische Versuchsanstalt“ (AVA) in Göttingen. Das DVL-Institut Stuttgart mit seinem Prüfstandsgelände in Lampoldshausen sowie die DFL mit den Prüfständen in Trauen boten zwar moderne Testmöglichkeiten für Raketentriebwerke, die Tests der 3. Stufe der Europa-Rakete erforderten jedoch Höhenprüfstände, um die Triebwerke unter repräsentativen Weltraumbedingungen zu testen. Diese mussten allerdings erst entwickelt und gebaut werden.

Auch über die Kosten für das ELDO-Programm war man sich in Deutschland lange nicht im Klaren. Die Bundesregierung ging zuerst davon aus, dass sie sich in den kommenden fünf Jahren mit 150 Millionen D-Mark an der ELDO-Rakete beteiligen würde – ein Betrag, der sich schnell als zu niedrig herausstellte. Insgesamt sollte das Programm die Bundesrepublik am Ende rund 500 Millionen D-Mark kosten, mehr als das Dreifache der ursprünglich geplanten Summe.

Die Entwicklung der 3. Stufe der Europa-Rakete

Für die Entwicklung und Herstellung der 3. Stufe der Europa-Rakete mit ihrem Triebwerk Astris kamen in Deutschland eigentlich nur zwei Unternehmen infrage: der „Entwicklungsring Nord“ (ERNO) in Bremen, ein Zusammenschluss norddeutscher Raumfahrtunternehmen, sowie die Bölkow-Entwicklungen KG in Ottobrunn bei München. Beide Unternehmen wurden aufgefordert, ein Konzept für die Oberstufe der Europa-Rakete zu entwickeln. Während Bölkow eine Oberstufe mit hochenergetischen Flüssigtreibstoffen favorisierte, die als Oxidator etwa Fluor oder flüssigen Sauerstoff verwenden sollte, legte ERNO einen Entwurf für ein mittelenergetisches Triebwerk vor.

Da man in Deutschland mehr Erfahrungen mit mittelenergetischen Treibstoffen besaß, entschied man sich für das ERNO-Konzept. Daneben sollte allerdings die Erforschung hochenergetischer Treibstoffe fortgeführt werden, um technologisch

Anfang der 1960er-Jahre begann der Durchbruch der friedlichen Raumfahrt mit der ersten Fernsehübertragung per Satellit am 23. Juli 1962. Auch Europa wollte mit einem eigenen Trägersystem für Satelliten an der Entwicklung beteiligt sein.



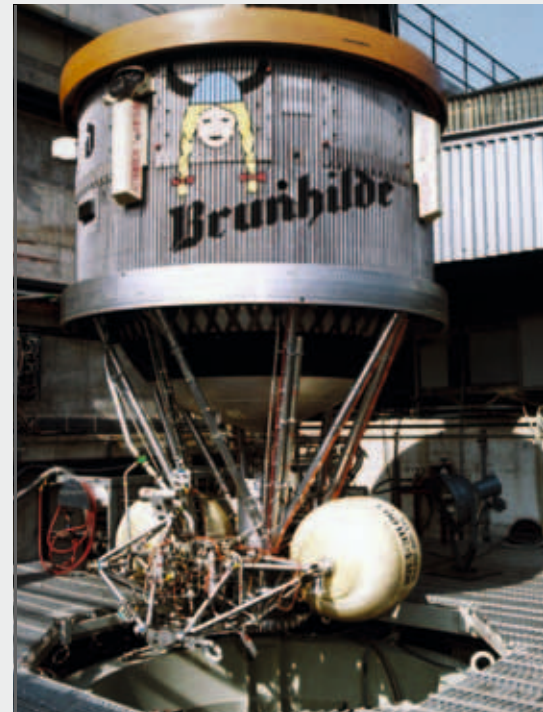
1963
–
1973

Das Oberstufentriebwerk Astris sollte die 3. Stufe der Europa-Rakete antreiben. Entwickelt wurde es von dem Industriekonsortium „Arbeitsgemeinschaft Satellitentechnik“ (ASAT), das aus der Bölkow-Entwicklungen KG (Ottobrunn) und dem Entwicklungsring Nord (ERNO), einem Zusammenschluss mehrerer norddeutscher Raumfahrtunternehmen, bestand.

Astris war ein mittelenergetisches Triebwerk, das als Treibstoffe Aerozin 50 und Distickstofftetroxid verwendete. Es entwickelte einen Schub von 22,5 Kilonewton und wog insgesamt 42,3 Kilogramm. Um die Treibstoffe in die Brennkammer zu fördern, wurde Helium statt des üblichen Stickstoffs genutzt. Das Triebwerk

besaß einen kugelförmigen Treibstoffbehälter mit Zwischenboden. Beim Flug der Rakete sollte das Haupttriebwerk erst nach den Steuertriebwerken gezündet werden, wobei die zwei Steuertriebwerke der Stufe über Funk von der Bodenstation aus gelenkt wurden. Nach etwa 350 Sekunden Brennzeit der 3. Stufe sollte die Rakete eine Kreisbahn in 300 Kilometer Höhe erreichen. Dann sollten sowohl das Haupttriebwerk als auch die Steuertriebwerke abgeschaltet und zwei Sekunden später der Satellit abgesetzt werden.

Die gesamte 3. Stufe (von den Ingenieuren „Brunhilde“ getauft) mit Treibstofftank, Brennkammer und Düse bestand hauptsächlich aus Stahl und Titan, das leicht und belastbar ist.



Die 3. Stufe der Europa-Rakete, von den Ingenieuren Brunhilde getauft, wurde in Lampoldshausen getestet.

konkurrenzfähig zu bleiben. Den Auftrag für die Entwicklung und den Bau der 3. Stufe erhielten schließlich beide Unternehmen. ERNO sollte in Bremen und Trauen das Haupttriebwerk entwickeln und bauen, Bölkow sollte die Steuertriebwerke entwickeln. Für die Tests dieser Steuertriebwerke kam Bölkow mit einer Arbeitsgruppe nach Lampoldshausen. Um die Arbeiten in Bremen und Ottobrunn zu koordinieren, gründeten beide Unternehmen die „Arbeitsgemeinschaft Satellitentechnik“ (ASAT).

Die Vorgaben von ELDO für die 3. Stufe der Europa-Rakete waren eine Herausforderung für die deutschen Techniker: Das Strukturgewicht der Stufe, also das Gewicht ohne Betankung, durfte höchstens 194 Kilogramm, der Durchmesser zwei Meter, die Länge 3,80 Meter betragen. Die Ingenieure von ERNO entwickelten dazu einige innovative Ideen: Als Werkstoff wurde neben Stahl auch das leichtere Titan verwendet, was das Gewicht erheblich reduzierte. Die Wand der Stufe bestand aus einem außen liegenden axialen Wellblech, das auf einem innen liegenden Zylinder aus Glattblech aufgeschweißt war. Für den Antrieb wurde ein mittelenergetisches Oberstufentriebwerk entwickelt, das den Namen Astris erhielt – eine Hommage an den Raumfahrtpionier Johannes Winkler, dessen Flüssigkeitsrakete Astris 1931 von Dessau aus gestartet war.

Europa in Lampoldshausen

Neben der Entwicklung des Oberstufentriebwerkes war vor allem der Bau geeigneter Prüfstände entscheidend für den Erfolg des Projektes. Immerhin gab es in Trauen (DFL) und Lampoldshausen (DVL) moderne Testgelände, die in die Entwicklung einbezogen werden sollten. Beide konnten allerdings nur Tests unter Bodenbedingungen durchführen. Für die Entwicklung der

3. Stufe wurden aber Höhenprüfstände benötigt, die das nötige Vakuum erzeugen konnten, um die Triebwerke unter Weltraumbedingungen testen zu können.

Die Entscheidung, ob die Höhenprüfstände in Trauen oder Lampoldshausen gebaut werden sollten, wurde auf einer Regierungskonferenz der „Deutschen Kommission für Weltraumforschung“ am 26. Januar 1963 besprochen: In Lampoldshausen sollten unterschiedliche Höhenprüfstände für die Tests der Steuertriebwerke, des Astris-Triebwerkes sowie der gesamten 3. Stufe gebaut werden. Neben der Industrie sollten die Prüfstände auch der Forschung zur Verfügung stehen, solange der Fortschritt am ELDO-Programm nicht gefährdet würde.

Aufgrund der neuen Aufgaben wuchs das in Lampoldshausen neu eingerichtete „Forschungsinstitut für Chemische Raketenantriebe“ ab 1963 erheblich, obwohl es nicht leicht war, Personal zu finden – Lampoldshausen war abgelegen und viel Geld konnte man dort nicht verdienen. Dennoch stieg die Zahl der Mitarbeiter von 41 zu Beginn des Jahres 1963 auf 99 gegen Ende 1964. Daneben arbeiteten 1964 bereits rund 60 Mitarbeiter von Bölkow auf dem Prüfstandsgelände, die im Rahmen des ELDO-Programmes am Standort angesiedelt wurden. Die wachsende Zahl an Mitarbeitern führte allerdings zu erheblichen Platzproblemen und stellten Diplomingenieur Walter Luksch, der 1964 die Leitung des Instituts von Wilhelm Dollhopf übernommen hatte, vor große Probleme. Eilig erbaute Notbaracken sollten die dringendste Not lösen.



1964 beginnen die Bauarbeiten für die Höhenprüfstände P3 und P4.

1963
–
1973

Hintergrund: Was passiert in der Brennkammer eines Flüssigkeitsraketen-Triebwerkes?

In der Brennkammer findet eine chemische Reaktion zwischen zwei Treibstoffen, dem Brennstoff und dem Oxidator statt. Diese werden über Einspritzelemente in die Brennkammer geleitet.

Bei der Zündung des Triebwerkes werden beide Stoffe mit Turbopumpen oder über eine Druckgasförderung in die Brennkammer gespritzt, wo sie entweder spontan (hypergol), mit einem Katalysator oder mit Hilfe eines speziellen Zünders reagieren. Dabei entstehen in der Brennkammer hohe Drücke und

Temperaturen, sodass die Brennkammer gekühlt werden muss. Dies erfolgt häufig über den Brennstoff selbst, der entweder durch eine doppelwandige Brennkammerwand geleitet wird, oder als Kühlfilm auf der Innenseite der Brennkammerwand aufgebracht wird. Manchmal erfolgt die Kühlung auch über eine Hitzeschildbeschichtung der Brennkammerinnenwand.

Die durch die chemische Reaktion entstehenden Gase werden mit hoher Geschwindigkeit durch eine Düse ins Freie

geleitet. Dadurch entsteht ein Rückstoß, der in der Raumfahrt auch Schub genannt wird. Dieser Schub bewegt die Rakete. Die Düsenaustrittsgeschwindigkeit der Gase wird spezifischer Impuls genannt.

Betrachtet man nicht nur die eigentliche Brennkammer, sondern auch ihren anschließenden divergenten Teil, spricht man von Schubkammer.

Höhensimulationsanlagen und Dampferzeuger

1963 begann mit dem Bau der Höhenanlagen und der nötigen Infrastruktur die zweite Ausbaustufe des Standortes. Gleichzeitig vereinbarte das Institut eine Kooperation mit der Firma Bölkow, die die Prüfstände für die Tests des Oberstufen-

triebwerkes Astris und die Entwicklung der Steuertriebwerke nutzen wollte. Das Ottobrunner Unternehmen beteiligte sich daher auch an der Planung der Prüfstände.

Die Mitarbeiter standen vor einer großen Herausforderung. Bislang hatte man in Deutschland keine Erfahrung in der Entwicklung und dem Betrieb von Höhenprüfständen. Die Technologie musste also erst entwickelt werden. Von zentraler Bedeutung für den Betrieb der Höhenprüfstände war die Entwicklung von Dampferzeugern. Diese Dampferzeuger treiben Strahlpumpen an, die die Luft und Triebwerksabgase aus der Testkammer absaugen und dadurch das



Für den Bau der neuen Höhenprüfstände wurde erneut die günstige Lage am Hang ausgenutzt.

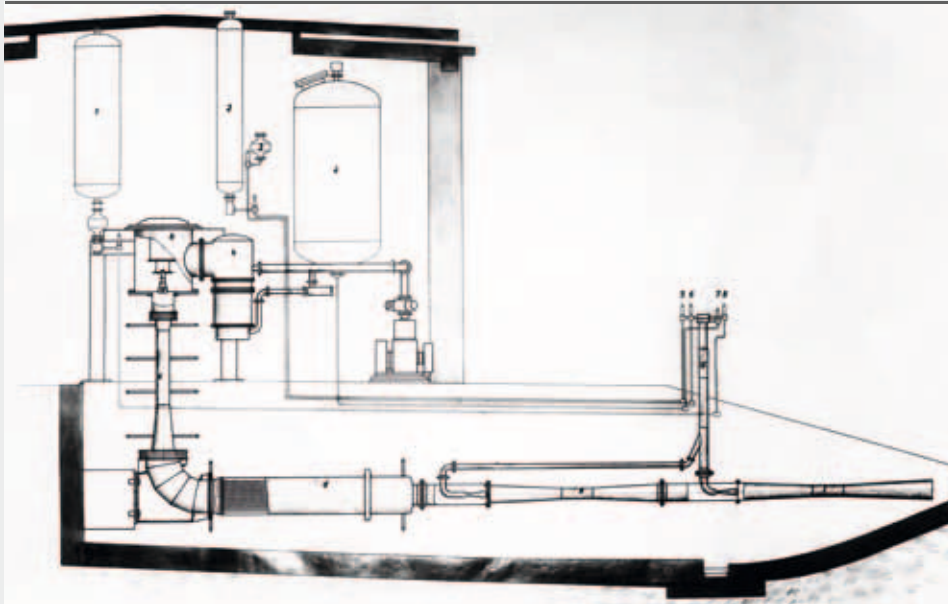
Vakuum erzeugen. Eine Arbeitsgruppe des DVL-Instituts in Lampoldshausen entwickelte die entscheidende Idee: Die Ingenieure wollten für den Dampferzeuger einen Raketenmotor mit zusätzlicher Wassereinspritzung nutzen. Basis für die Dampferzeuger der Großprüfstände wurde das 4-Tonnen-Triebwerk der Pilz-Rakete. Die Modelltriebwerke, die am Prüfstand P1 getestet worden waren, wurden für kleinere Dampferzeuger genutzt. In zahlreichen Tests an Modellen erprobten die Mitarbeiter Strömungsvorgänge in Diffusoren und Ejektoren, um mit diesen Erfahrungen die Höhensimulation richtig auslegen zu können. Unter der Leitung des Diplom-Ingenieurs Johannes Fabian wurde schließlich für die geplanten Großprüfstände ein Dampferzeuger mit einem Durchsatz von über 30 Kilogramm pro Sekunde gebaut. Kleinere Dampferzeuger (5 kg Dampf/Sekunde) wurden für die Höhenanlagen am P1 entwickelt. Durch eine selbst entwickelte Relais-Steuerung konnten die Dampferzeuger vollautomatisch betrieben werden, so dass sich die Mitarbeiter in sicherer Entfernung aufhalten konnten.

Für den Betrieb der Höhenprüfstände muss in der Testkammer ein Vakuum erzeugt werden. Die Ingenieure und Techniker entwickelten dazu eigene Dampferzeuger auf der Basis der Pilz-Rakete.

Zunächst wurde der Prüfstandskomplex P1 für Tests unter Höhenbedingungen umgerüstet. An zwei Höhenanlagen mit den von den Mitarbeitern des DVL-Instituts

selbst entwickelten Dampferzeugern konnten Höhentests mit Triebwerken von rund 30 und später auch 50 Newton Schub stattfinden. Die Dampferzeuger wurden Anfang 1964 montiert und waren Ende April, beziehungsweise Mitte Juni 1964 betriebsbereit, sodass Bölkow hier bis 1966 die gesamte Entwicklung des Steuertriebwerks der Oberstufe durchführen konnte.





Modell einer Höhenanlage aus den 1960er-Jahren. Die Dampferzeuger treiben Strahlpumpen an, die die Luft und Triebwerksabgase aus der Testkammer absaugen und so das nötige Vakuum erzeugen.

Die Dampferzeugerentwicklung bildet bereits seit den 1960er-Jahren eine der wichtigsten Kompetenzen des Standortes Lampoldshausen. Nur mit ihnen kann das notwendige Vakuum in den Höhensimulationsanlagen erzeugt und bei laufendem Triebwerk aufrechterhalten werden. Die Dampferzeuger treiben die Strahlpumpen an, die während eines Versuches die Raketenabgase ins Freie leiten. Als im Rahmen des ELDO-Programmes die Höhensimulation immer wichtiger wurde, wurde das Personal eigens für die Entwicklung geeigneter Technologien aufgestockt.

Basis der von den Mitarbeitern des DVL-Instituts in Lampoldshausen selbst entwickelten Dampferzeuger waren Triebwerke, die eigentlich in der geplanten Pilz-Rakete zum Einsatz kommen sollten. Der Dampferzeuger für die Prüfstände P3 und P4 wurde mit dem 4-Tonnen-Triebwerk der Pilz-Rakete gebaut; aus den Modelltriebwerken entstanden die kleineren Anlagen für die Höhensimulation am P1. Die Dampferzeuger wurden mit Salpetersäure und Diesel-Terpentin betrieben.

Probleme bereitete jedoch zunächst die Wasserzuführung. Die Idee, die den Durchbruch brachte: Das zur Einspritzung in die Brenngase vorgesehene

Wasser wurde erst zur Kühlung der Brennkammerwand verwendet und dann am Ende der Brennkammer zur Verdampfung eingespritzt. Bis heute wird diese Konstruktion genutzt.

Die Messverfahren und die Datenauswertung wurden damals noch nicht von Computern unterstützt und es gab keine Computer-Simulationsverfahren. Diese können aber bis heute die Versuche an den Prüfständen nicht ersetzen, die erst

die notwendigen Erkenntnisse über das Verhalten von Triebwerken liefern.

Von dem Ende des ELDO-Programmes und dem damit einhergehenden Personalabbau war auch die Dampferzeugerentwicklung betroffen. Zwar wurde im Rahmen des OTRAG-Programmes wieder mit Dampferzeugern experimentiert, doch erst mit dem Ariane-Programm rückte auch die Dampferzeugerentwicklung wieder stärker in den Vordergrund.



Außenansicht der Dampferzeugeranlage, die von den Ingenieuren in Lampoldshausen entwickelt wurde.



Bis heute ist die Entwicklung der Dampferzeugersysteme eine wichtige Aufgabe der Lampoldshausener Ingenieure.

Doch es reichte nicht, den P1 mit Dampferzeugern auszustatten. Wichtigster Teil der zweiten Ausbaustufe für den Standort war der Neubau der beiden Großprüfstände P3 und P4. P3 sollte als Prüfstand für das Oberstufentriebwerk Astris, P4 als Prüfstand für die komplette 3. Stufe der Europa-Rakete unter Boden- und Höhenbedingungen dienen.

Vor allem am P3 kam es aber zu erheblichen Verzögerungen. Nachdem erst im Juni 1964 mit dem Bau begonnen werden konnte, traten bald Probleme auf. So musste für das Fundament der Grund teilweise weggesprengt werden. Um dennoch Verzögerungen beim ELDO-Programm zu vermeiden, wurde der Prüfstand P2 für die Bauzeit des P3 umgerüstet, um ihn vorübergehend für Höhenversuche ohne Dampferzeuger zu nutzen, bei denen das Triebwerk nur sehr kurz gezündet wurde. Das notwendige Vakuum wurde mit mechanischen Pumpen erzeugt, eine längere Laufzeit des Triebwerkes unter Vakuumbedingungen war nicht möglich. So konnten am P2 bereits im Oktober 1964 Versuche unter Bodenbedingungen und im Dezember des gleichen Jahres auch Zündversuche unter Höhenbedingungen stattfinden.

Bis Herbst 1965 konnte schließlich die zweite Ausbaustufe weitgehend abgeschlossen werden. Am 11. Oktober 1965 wurde am P3 der erste Zündversuch mit dem Haupttriebwerk der 3. Stufe erfolgreich durchgeführt. Der Versuch zeigte, dass die Versorgungssysteme des Triebwerkes funktionierten. Wenig später wurde die Erprobung des Prüfstandes abgeschlossen und der P3 für die Tests von Astris freigegeben. Noch im gleichen Jahr begannen die ersten Triebwerkstests unter Höhenbedingungen.

Auch der Prüfstandskomplex P4 konnte 1965 zumindest im Rohbau fertiggestellt werden. Ab August 1965 wurden dort zwei Dampferzeuger, Ejektoren sowie die Triebwerksversorgung eingebaut. Nach einer Reihe von Erprobungsversuchen stand der P4 Ende 1966 dann für ELDO vollständig zur Verfügung.

Nach Fertigstellung des P4 begann Bölkow dort 1966 mit den Tests der kompletten Oberstufe, die von ERNO in Norddeutschland gefertigt und per Spezialtransport nach Lampoldshausen geliefert wurde. Es wurden Brennversuche mit dem Haupttriebwerk und zwei Steuertriebwerken der 3. Stufe durchgeführt. Nach 45 Boden- und 76 Höhenversuchen konnte im Sommer 1967 die Flugqualifikation von Astris abgeschlossen werden.

Standort: Die Prüfstände P3 und P4

Die Aufgabe eines Höhensimulationsprüfstandes besteht darin, Bedingungen zu schaffen, wie sie in Höhen von circa 120 km vorliegen. In dieser Höhe wird das Triebwerk der Oberstufe gezündet. In der entsprechenden Entfernung vom Erdboden herrschen Umgebungsdrücke von wenigen Millibar, also in etwa dem tausendsten Teil des Luftdruckes auf Meereshöhe. Ingenieure sprechen bei solchen Druckwerten von einem „Vakuum“. Um feststellen zu können, ob bei diesen Randbedingungen ein Oberstufentriebwerk zuverlässig zündet und das Triebwerk im Vakuum problemlos funktioniert, muss es vor einer Mission unter den im Weltraum vorliegenden Bedingungen getestet werden. Dabei wird insbesondere das Zündverhalten des

Triebwerkes untersucht, die thermische Belastung der Strukturen analysiert und der Vakuumschub gemessen.

Mit den Prüfstandskomplexen P3 und P4 entstanden in Lampoldshausen zwischen 1964 und 1966 modernste Höhenprüfstände. Den Bau des P3 als Höhenprüfstand für das Astris-Triebwerk verzögerten allerdings immer wieder Finanzierungs- und Bauprobleme. Im Testbetrieb konnte bei Brennversuchen eine Flughöhe von 35 Kilometern und bei Zündversuchen, bei denen das Triebwerk sofort wieder abgeschaltet wird, sogar bis zu 200 Kilometern Höhe simuliert werden. Nach dem Ende des ELDO-Programmes und den Arbeiten für das Symphonie-Programm wurde die Höhen-

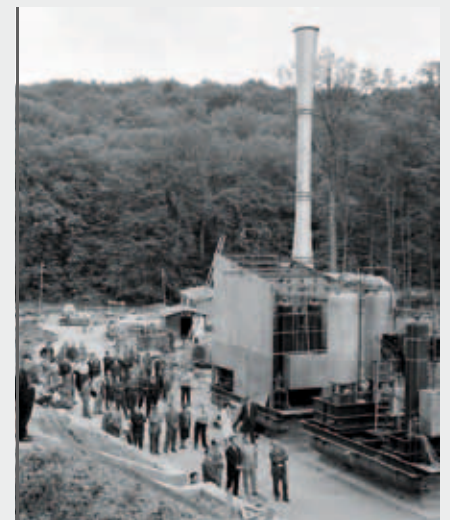
anlage des P3 demontiert und der Prüfstand in den 1990er-Jahren im Rahmen des Ariane-Programmes zu einem Komponentenprüfstand für Brennkammern umgerüstet.

Der Prüfstand P4 wurde in der zweiten Ausbaustufe für das ELDO-Programm gebaut. Seit den 1970er-Jahren wurde er für das Ariane-Programm mehrmals umgerüstet. So fanden hier zahlreiche Tests mit den Viking-Triebwerken, der PAL-Booster sowie der 2. Stufe der Ariane 4 statt. Heute werden am P4 die Oberstufentriebwerke Aestus und Vinci getestet.

1963
–
1973



Am Prüfstandskomplex P4 wurde die gesamte 3. Stufe der Europa-Rakete unter Boden- und Höhenbedingungen getestet.



Richtfest am Prüfstand P3. Auf diesem Höhenprüfstand wurde das Astris-Triebwerk der Europa-Rakete getestet.

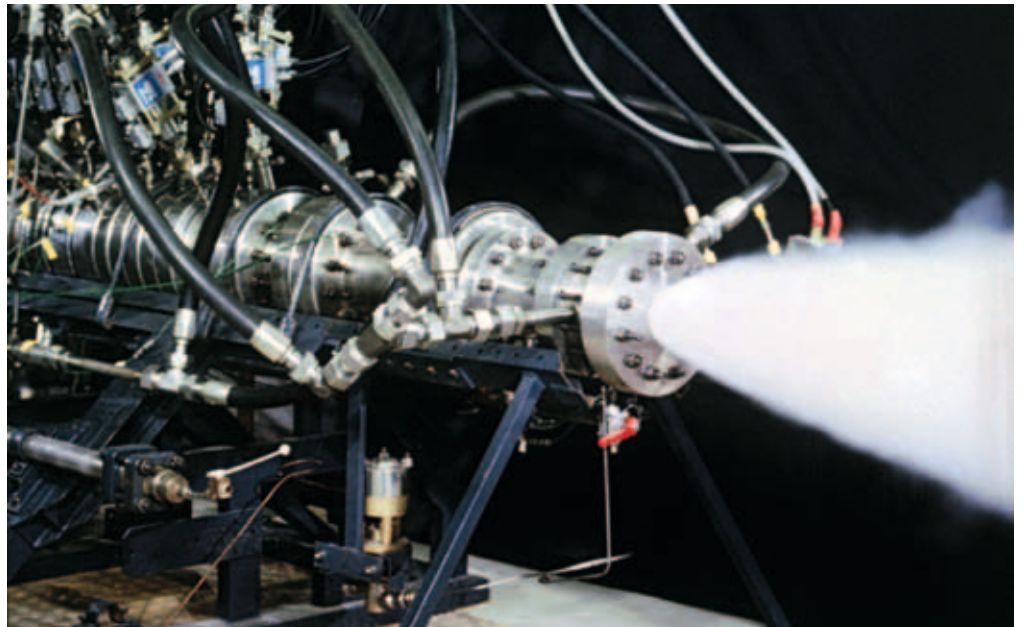
Daneben wurde in Lampoldshausen auch das Personal geschult, das im australischen Woomera den Start der Rakete durchführen sollte. Inzwischen arbeiteten am Standort – neben rund 100 Bölkow-Technikern – 187 Mitarbeiter des Instituts, das 1967 mit der Einrichtung der vier Abteilungen Prüfstände, Forschung, Mess- und Steuertechnik sowie Anlagen neu organisiert wurde.

Forschung und Entwicklung am Standort

Die umfangreichen Arbeiten für das ELDO-Programm lasteten die Ressourcen am Standort so weit aus, dass Forschungsarbeiten nur eingeschränkt möglich waren. Fünf der sechs Testpositionen im Komplex P1 waren für ELDO vorgesehen, hinzu kamen die umfangreichen Tests an den Höhenprüfständen P3 und P4, die die Arbeit am Standort erheblich erschwerten. Denn je größer die Prüfstände waren, desto größer wurden auch die Sicherheitsanforderungen während des Testbetriebes. Innerhalb eines bestimmten Sicherheitsradius konnte während der Versuche an den Großprüfständen nur sehr eingeschränkt gearbeitet werden. Die Standortleitung in Lampoldshausen wollte in Absprache mit der Bundesregierung daher mit einer dritten Ausbaustufe die Forschungskompetenz des Standortes stärken. Vor allem hochenergetische Treibstoffe sollten in neu zu errichtenden Prüfständen untersucht werden, wie es bereits bei der Entscheidung für Astris beschlossen worden war.

1964 begannen die Planungen für die beiden Prüfstände P6 und M11, die ausschließlich zu Forschungszwecken genutzt werden sollten. 1965 wurde eine Gruppe von Wissenschaftlern für die Forschung an hochenergetischen Treibstoffen, die als die Treibstoffe der Zukunft galten, freigestellt. Sie sollten im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes „Hochenergetische Treibstoffe“ (HET) Versuche mit Fluor und flüssigem Wasserstoff durchführen. Diese Arbeiten wurden vom Bundesforschungsministerium finanziert, das 1966 auch die Mittel für den Bau des Prüfstandes P6 und einer Wasserstoffverflüssigungsanlage bewilligte. Die Anlagen wurden rasch fertiggestellt, sodass mit einer Modellbrennkammer am P6 bereits Anfang 1967 mit den ersten Versuchen begonnen werden konnte. Mit den Versuchen wollten die Wissenschaftler vor allem Erfahrung im Umgang mit kryogenen Treibstoffen

Neben der Erforschung hochenergetischer Treibstoffe fanden am P6 auch Untersuchungen mit Wasserstoff/Sauerstoff-Dampf-erzeugern statt.





Für die Erforschung hochenergetischer Treibstoffe wurde in den 1960er-Jahren der Prüfstand P6 errichtet.

sammeln – etwa Kombinationen aus flüssigem Sauerstoff oder Fluor mit flüssigem Wasserstoff in extrem niedrigen Temperaturbereichen.

Auf dem Prüfstand M11 sollten im Rahmen des HET-Programmes Hybridantriebe mit einem festen Raketentreibstoff wie Lithium und einem flüssigen Oxidator wie flüssiger Sauerstoff erforscht werden. Viele dieser Treibstoffkombinationen wurden im Chemisch-Physikalischen Labor des Lampoldshausener Prüfstandes selbst hergestellt. Die Forschungsarbeiten dienten dem theoretischen Verständnis von Hybridantrieben, zielten aber auch auf den praktischen Entwurf eines Hybridtriebwerkes oder die Erprobung von Brennkammern in Hybridtriebwerken.

1963
–
1973

Standort: Die dritte Ausbaustufe – die Forschungsprüfstände P6 und M11

Neben dem Betrieb der Prüfstände befasste sich der Standort Lampoldshausen auch intensiv mit Forschungsfragen – vor allem im Bereich hochenergetischer Treibstoffe. Im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes „Hochenergetische Treibstoffe“ (HET) wurden daher Mitte der 1960er-Jahre zwei weitere Prüfstände erbaut – P6 und M11. Forschungsschwerpunkte sollten Hybrid- und kryogene Antriebe sein.

Der 1966 fertiggestellte Prüfstand P6 bestand aus zwei Testzellen. Am P6.1 wurden Versuche mit Kombinationen von

flüssigem Wasserstoff und Fluor durchgeführt, im P6.2 wurden verbrennungsgetriebene chemische HF- und DF-Laser untersucht. Später wurden dort Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger entwickelt. Der P6 verfügte über Treibstofftanks für Flüssigwasserstoff und Flüssigsauerstoff, eigene Energieversorgungseinrichtungen, eine Kühlwasseranlage sowie einen Beobachtungs- und einen Messraum. In einem Nebengebäude waren unter anderem Büros, Vorbereitungsräume oder Vorrichtungen für die Datenerfassung untergebracht. Zum Prüfstandskomplex gehörte außerdem

eine Wasserstoffverflüssigungsanlage, die 1967 in Betrieb genommen wurde.

Am M11 wurden Experimente zu Hybridantrieben durchgeführt. In dem dort angeschlossenen Physikalisch-Chemischen Labor wurden unter der Führung von Professor Armin Dadiou, zu dieser Zeit noch Leiter des „Institut für Raketentreibstoffe“ in Stuttgart, sogenannte „Hybridtreibstoffkombinationen“ hergestellt. Diese nutzten beispielsweise flüssiges Fluor als Oxidator und wurden mit einem festen Treibstoff kombiniert.

Das Scheitern des ELDO-Programmes

Während einige Mitarbeiter an hochenergetischen Treibstoffen forschten, ging die Entwicklung der europäischen Trägerrakete weiter. Die erste flugfähige und erfolgreich in Lampoldshausen getestete 3. Stufe der ELDO-Rakete wurde im Herbst 1968 ins australische Woomera transportiert. Nachdem die Oberstufe bei früheren Starts nur als Attrappe dabei war, sollte sie bei einem Testflug am 30. November 1968 erstmals ins All gelangen. Die gesamte Startvorbereitung, Betankung und Integration der Stufe vor Ort lagen in der Verantwortung der ASAT.

Europa in der Krise

Doch der Start scheiterte. Kurz nach der Trennung der 2. Stufe explodierte die Rakete. Am 2. Juli 1969 unternahm man einen neuen Startversuch, nachdem an den Stufen minimale Änderungen durchgeführt worden waren. Aber auch dieser Versuch schlug fehl: Ein Fehler im elektrischen Zündsystem der Stufentrennung zwischen 2. und 3. Stufe löste den Selbstzerstörungsmechanismus aus – genau wie beim vorherigen Fehlstart.

Bei einem dritten Start am 12. Juni 1970 konnte immer noch keine Nutzlast in die Umlaufbahn gebracht werden, auch wenn dieser Start immerhin wichtige Versuchsziele – unter anderem die einwandfreie Zündung aller drei Stufen – erreichte. Vor allem Probleme mit der 3. Stufe ließen ihn dennoch zum Fehlschlag werden: Die Nutzlastverkleidung konnte nicht abgeworfen werden, weshalb die 3. Stufe zeitweilig mit höherem als dem geplanten Gewicht fliegen musste. Am Ende der Flugzeit fiel darüber hinaus der Schub der Stufe unter den nötigen Wert. So konnte die vorgesehene Umlaufbahn nicht erreicht werden. Kritik aus Politik, Industrie und Forschung wurde laut.

Am P4 wurde das Oberstufentriebwerk Astris unter Höhenbedingungen getestet. Für den Betrieb der Höhenanlage entwickelten die Ingenieure des Standortes spezielle Dampferzeuger.



Die Fehlstarts offenbarten erhebliche Probleme innerhalb der ELDO. Vor allem fehlte es an der technischen Abstimmung zwischen den einzelnen Mitgliedsstaaten. Daher funktionierte das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten der Europa-Rakete nicht einwandfrei. Es gab keinerlei technische Gesamtleitung, die dieses Problem hätte beheben können. Auch politisch gab es Differenzen. Immer wieder kollidierten die Interessen der einzelnen Mitgliedsstaaten. Während zum Beispiel Frankreich die europäische Rakete mit immer neuen Vorschlägen voranbringen wollte, stellte man in Großbritannien infrage, ob die europäischen Anstrengungen für den Transport schwerer Satelliten sinnvoll wären. 1966 verweigerte Großbritannien sogar den Haushalt für ELDO. Gleichzeitig stiegen die Kosten. In der Bundesrepublik selbst war die Abstimmung innerhalb der ASAT und zwischen den verschiedenen Raumfahrtorganisationen ebenfalls nicht optimal. Nicht zuletzt diese Erfahrung, dass eine erfolgreiche Raumfahrtforschung stärkere Organisationsstrukturen brauchte, führte schließlich in Deutschland 1969 zur Gründung der „Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt“

(DFVLR). Sie fasste die zahlreichen Institute und Einrichtungen der Luft- und Raumfahrt in Deutschland zusammen. Teil dieser neuen DFVLR war auch das DVL-Institut in Lampoldshausen. Gleichzeitig wurde das DFL-Institut in Trauen aufgelöst und mit Lampoldshausen zusammengeführt. Die Institutsleitung übernahm Professor Dr. Armin Dadiou, Leiter des Stuttgarter „Instituts für Raketentreibstoffe“, der bereits seit Jahren enge Beziehungen nach Lampoldshausen unterhalten hatte.

Aber nicht nur die schwache europäische Organisation erwies sich als Problem: Nach der langen Entwicklungszeit war die Europa-Rakete eigentlich bereits veraltet. Die Satelliten waren inzwischen so schwer geworden, dass die Rakete kaum in der Lage gewesen wäre, sie erfolgreich ins All zu befördern. Frankreich hatte deshalb bereits 1965 die Einstellung aller Arbeiten an der Europa-1-Rakete, die eine Nutzlast von nur 200 Kilogramm in den geostationären Transferorbit bringen konnte, und die Entwicklung eines schubkräftigeren Trägersystems gefordert. Das ELDO-Programm wurde daraufhin zur Europa-2-Rakete erweitert, die 1970 auf dem neu errichteten Startplatz Kourou in Französisch-Guyana starten sollte. Europa-2 sollte in der Lage sein, einen 400 Kilogramm schweren Satelliten in den geostationären Transferorbit zu transportieren.

Diese Erhöhung der Nutzlast stellte insbesondere die Ingenieure von Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB), wie Bölkow ab 1969 hieß vor große Herausforderungen, denn bei der 3. Stufe mussten für die geforderte Nutzlaststeigerung die meisten Änderungen vorgenommen werden. Die notwendigen Entwicklungs- und Abnahmetests der erweiterten Astris-Stufe fanden erneut auf dem Testgelände des DFVLR-Instituts in Lampoldshausen statt.

Allerdings rangierte die geplante leistungsstärkere Rakete immer noch am unteren Ende der damaligen Trägersysteme. Und auch die Europa-2-Rakete geriet zu



Die 3. Stufe der Europa-Rakete mit dem Astris-Triebwerk und den beiden seitlich angebrachten Steuertriebwerken wurde in Lampoldshausen getestet.

1963
–
1973

einem Desaster. Ein gescheiterter Startversuch im November 1971 offenbarte erneut deutlich die Mängel des ELDO-Programmes, insbesondere die mangelnde Kommunikation und Koordination zwischen den einzelnen Mitgliedsstaaten. So waren in die 3. Stufe nachträglich elektronische Anlagen eingebaut worden, ohne die übrigen Stufen entsprechend anzugleichen. Die Integrationsfehler verursachten schließlich die Explosion der Rakete 150 Sekunden nach dem Start.

Dieser erneute Rückschlag verschärfte die Krise des ELDO-Programmes. Auf einer Konferenz der Mitgliedsstaaten wurde im Dezember 1972 erstmals offen über ein Ende von ELDO diskutiert. Auf Drängen Frankreichs wurde aber zunächst die Weiterentwicklung der Europa-Rakete beschlossen. Unter dem Namen „Lanceur 3^{ième} Génération Substitution“ (L3S) sollte die Europa-3-Rakete entwickelt werden. Sie sollte mit einer mittlereenergetischen Unterstufe und einer hochenergetischen, mit flüssigem Wasserstoff und flüssigem Sauerstoff angetriebenen Oberstufe ausgerüstet sein. Die ASAT begann umgehend mit der Entwicklung, doch zum Bau der Rakete kam es nicht mehr. Bereits am 20./21. Januar 1973 vereinbarten Deutschland und Frankreich das Ende der Europa-2-Rakete und der ELDO-Rat beschloss am 27. April 1973 die komplette Einstellung des Programmes – auch der Europa 3.

Technologisch war das ELDO-Programm für die Bundesrepublik Deutschland trotz seines Scheiterns ein Gewinn: Auf der Basis der geleisteten Arbeit gewann die deutsche Raumfahrtforschung erheblich an Know-how; die Grundlagen für eine weiterführende europäische Kooperation waren gelegt. Insbesondere der Standort Lampoldshausen hatte wichtige Erfahrungen in der Entwicklung und dem Betrieb von Prüfständen und der Technologie von Höhenanlagen gewonnen.

Als sich das Ende des ELDO-Programmes abzeichnete, erhielt der Standort neue Aufgaben. Für den Ingenieur Lutz Thilo Kayser wurden seit 1972 die Triebwerke der OTRAG-Rakete getestet.

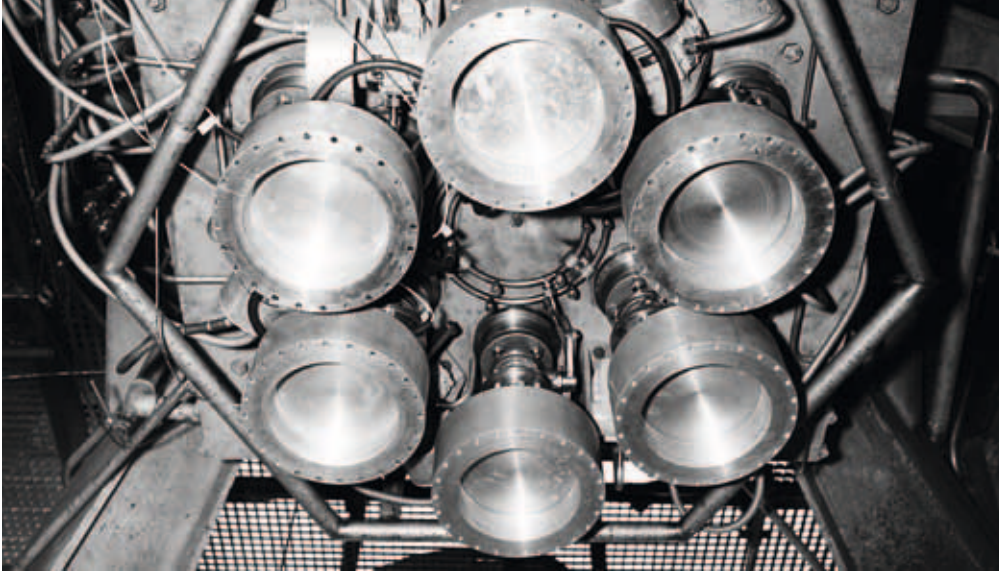
Wege aus der Krise: Tests für OTRAG

Der Standort Lampoldshausen stürzte, als die Tests für die europäische Träger- rakete am 30. April 1973 endgültig endeten, zunächst in eine Krise. 65 Mitarbeiter, die zum Großteil für das ELDO-Programm eingestellt worden waren, mussten entlassen werden, ebenso 31 Mitarbeiter von MBB. Die Zukunft des Standortes war ungewiss.

Aber dieser Rückschlag war nicht von Dauer – im Gegenteil: Der Standort Lampoldshausen war für neue Raumfahrtprojekte bestens vorbereitet. Nach dem Ende des Testbetriebes in Trauen waren einige Mitarbeiter nach Lampoldshausen gekommen, die hier ihre begonnenen Forschungsprojekte fortsetzten. Und mit den Höhenprüfständen P1, P3 und P4 konnten fast alle Raketen- antriebe bis hin zu kompletten Raketenstufen getestet werden. Der Standort gehörte zu den modernsten in Europa und hatte Mitarbeiter, die sich ein einzigartiges Know-how beim Betrieb von Höhenprüfständen und der Erprobung hochkomplexer Technologien angeeignet hatten.

Mit MBB hatte der Standort darüber hinaus einen Indus- triepartner, der auch weiterhin an verschiedenen kleinen Raum- fahrtprojekten beteiligt war und dafür geeignete Teststände brauchte. Neben den fortlaufenden Aktivitäten mit hochener- getischen Treibstoffen an den Forschungsprüfständen P6 und





Versuchsaufbau mit den Einspritzelementen des Sechserbündels der OTRAG-Rakete. Das Lampoldshausener Institut wies nach, dass die einzelnen Triebwerke auch mit halber Kraft gefahren werden konnten. Durch die Drosselung einzelner Brennkammern sollte die Rakete gesteuert werden.

M11 befassten sich die Mitarbeiter der DFVLR Lampoldshausen mit weiteren Forschungsthemen, deren Ergebnisse auch auf anderen Gebieten angewendet werden konnten. So wurde unter anderem eine Ringbrennkammer entwickelt und auf der Basis von Forschungsarbeiten in Trauen mit der Entwicklung eines blau brennenden Heizölbrenners begonnen. Die wichtigste Forschungsleistung Anfang der 1970er-Jahre war jedoch ein Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger, der in Kraftwerken dazu genutzt werden sollte, den markanten Stromverbrauch bei kurzzeitig auftretenden Spitzenlasten auszugleichen.

Außerdem war der Standort bereits seit Beginn der 1970er-Jahre noch an einem weiteren Raumfahrtprojekt beteiligt: Lutz Thilo Kayser, Diplom-Ingenieur für Luft- und Raumfahrt, plante ein kommerzielles Antriebssystem für Raketen und wollte es in einem nationalen Trägersystem einsetzen. Seine Idee: Durch die Bündelung in Serie gefertigter Triebwerke mit vier Tonnen Schub und geringem Entwicklungsaufwand sollten die Herstellungskosten der Rakete und damit die Kosten für den Weltraumtransport insgesamt erheblich sinken. Seit 1970 fanden am P1 erste Versuche für ein neuartiges Bedrückungssystem statt, bei dem der Brennstoff durch Direkteinspritzung im Tank verbrannte. Doch der Verbrennungsablauf konnte nicht exakt kontrolliert werden. Daher kam es bei den Versuchen zu einem unkontrollierten Druckanstieg im Tank, was zur Verformung der Tankstruktur führte.

Darüber hinaus realisierte das Team um Lutz Thilo Kayser die Bündelung mehrerer Triebwerke in der Rakete. Von zentraler Bedeutung für den Erfolg dieses Konzeptes waren die Entwicklung und der Bau der Brennkammerventile durch die Mitarbeiter in Lampoldshausen. Mit deren Hilfe konnten die Triebwerke jeweils auch mit halbem Schub gefahren werden, sodass die Rakete mit der Drosselung einzelner Brennkammern gesteuert werden konnte. 1972 fanden erste Tests mit den gebündelten Triebwerken statt, die bis zur Sechserbündelung fortgesetzt wurden.

Kayser sorgte mit seinem Konzept allerdings für einigen Wirbel. 1974 gründete er die „Orbital Transport- und Raketen-Aktiengesellschaft“ (OTRAG). Einige Mitarbeiter des DFVLR-

Kayser und sein Unternehmen OTRAG führten am P2.2 auch Zündversuche zur Flugqualifikation der Rakete durch.

1963
–
1973



Standortes Lampoldshausen, die vom Scheitern des ELDO-Programmes betroffen waren, wechselten in Kaysers Unternehmen. 1976 führte Kayser erste Tests seiner Rakete am P2.2 in Lampoldshausen durch. Den Startplatz selbst ließ er in Zaire (heute Demokratische Republik Kongo) errichten und später in Libyen. Vor allem der Startplatz in Zaire sorgte für politische Turbulenzen: Angola warf der Bundesregierung, die das Programm unterstützte, Neo-Kolonialismus vor. Um die Beziehungen zu Angola nicht zu gefährden, aber auch auf Druck der Sowjetunion und Deutschlands kündigte Zaire schließlich den Vertrag mit Kayser. Über die Tests in Libyen ist dann nur noch wenig bekannt. Als sich das Bundesforschungsministerium 1983 endgültig aus dem Projekt zurückzog, war die Kayser-Rakete gescheitert, die OTRAG wurde Ende 1986 von ihren Gesellschaftern liquidiert. Aber in Lampoldshausen hatte die Arbeit am OTRAG-Projekt mit dazu beigetragen, die Krise zu überbrücken und weiteres Know-how auf dem Gebiet der Raketenantriebe aufzubauen.

Deutsch-französische Satellitentechnik: Symphonie

Zusätzlich beteiligte sich Lampoldshausen bereits seit einigen Jahren auch an Projekten im Bereich der Satellitentechnik. Seit Mitte der 1960er-Jahre, als sich bei der Europa-Rakete bereits erste Schwierigkeiten abzeichneten, hatten Deutschland und Frankreich jeweils auch an eigenen Raumfahrtprogrammen gearbeitet, aus finanziellen Gründen aber Anfang 1967 eine Zusammenarbeit beschlossen. Ziel war die Entwicklung des deutsch-französischen Satelliten Symphonie, der erstmals auch kommerziell genutzt werden sollte, und zwar sowohl für die Telekommunikation als auch für Fernsehübertragungen. Der Satellit sollte 244 Kilogramm wiegen. Das sogenannte Apogäumstriebwerk, das den Satelliten in seine Erdumlaufbahn bringen sollte, sowie ein Lageregelungssystem wurden von MBB entwickelt und gebaut. Die Entwicklungsarbeiten dafür wurden in Lampoldshausen durchgeführt, wo bereits zahlreiche Mitarbeiter von MBB für ELDO arbeiteten. Außerdem hatten die Inge-

Hintergrund: Die OTRAG-Rakete

Die OTRAG-Rakete unterschied sich in ihrem Aufbau grundlegend von den üblichen dreistufigen Raketensystemen. Sie ging dabei auf ein Konzept des Raumfahrtpioniers Johannes Winkler zurück. Die Rakete sollte aus mehreren Tankrohren – in den Versuchen waren es zwei, vier oder schließlich sogar sechs Rohre – bestehen. Für diese Tankrohre wurden jeweils acht 3,30 Meter lange Einzelrohre mit Bajonettverschlüssen aneinandergereiht. Jedes Rohr war mit einem Triebwerk ausgestattet, das Salpetersäure und Dieselöl oder auch Kerosin als Treibstoffe nutzte. Die Treibstoffe wurden mit Hilfe von Druckluft in die

Brennkammer geführt. Dabei fiel der Druck von 40 bar am Anfang auf 15 bar bei Brennschluss ab. Durch die Modulstruktur konnte die Rakete je nach Nutzlast mit mehr oder weniger Antriebsrohren ausgestattet werden. Die Antriebs-einheiten aus Tankrohren und Brennkammer konnten zwar bei suborbitalen Flügen qualifiziert werden, doch durch die niederenergetischen Treibstoffe und die kurze Düsenstruktur besaß die Rakete nur einen sehr niedrigen spezifischen Impuls. Eine von der DFVLR durchgeführte Studie kritisierte daher das OTRAG-System bereits 1975 als nicht wirtschaftlich.



Start einer OTRAG-Rakete in Afrika. Die Aktivitäten der OTRAG sorgten für politische Turbulenzen, sodass sich die Bundesrepublik aus dem Projekt zurückzog.

niere und Techniker am P1 bereits Erfahrungen mit der Erprobung von Klein- und Steuertriebwerken.

Für die Tests der Symphonie-Triebwerke wurden die Prüfstände P1.5 und P3 von den Mitarbeitern des DFVLR-Standortes aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft umgebaut. Am P3 wurden insgesamt drei Dampferzeuger für die Höhensimulation installiert, die Höhenkammer musste für den Einbau des Satelliten angepasst werden. Neben den Tests der Triebwerke führte MBB zusätzlich zahlreiche Betankungs- und Bedrückungsversuche durch.

Die eigentliche Herausforderung für die europäische Raumfahrt blieb aber bestehen. Nach dem Scheitern des ELDO-Programmes besaß Europa kein eigenes Trägersystem, das Symphonie in den Weltraum bringen konnte. Man war daher auf US-amerikanische Raketen angewiesen. Die Amerikaner waren zwar bereit, den Satelliten in den Orbit zu bringen, eine wirtschaftliche Nutzung der Symphonie-Satelliten untersagten sie aber strikt – sie wollten sich das Monopol der kommerziellen Raumfahrt unbedingt erhalten und fürchteten um ihre Vormachtstellung im Bereich der TV- und Telekommunikationstechnik. Einzig Test- und Forschungsarbeiten waren erlaubt.

Deutschland und Frankreich hatten keine Wahl, sie mussten sich den Bedingungen der Amerikaner beugen. Am 19. Dezember 1974 wurde Symphonie mit einer amerikanischen Delta-Rakete ins Weltall transportiert. Symphonie 2 folgte am 27. August 1975. Beide Missionen waren ein voller Erfolg: 1978 gelang in einem Experiment sogar eine Satellitenfernsehübertragung. Die Satelliten „lebten“ fast doppelt so lang wie geplant: Erst nach zehn Jahren wurde Symphonie 2 abgeschaltet.

Trotz des Erfolges zeigte das Symphonie-Programm jedoch ganz deutlich: Ohne einen eigenständigen Zugang zum Weltraum würde Europa auf dem stark wachsenden Markt der kommerziellen Satellitentechnik ins Hintertreffen geraten. Europa brauchte eine eigene Trägerrakete, um europäische Satelliten etwa für TV-Übertragungen, Telekommunikation und Meteorologie ins All zu transportieren.

Die Erfahrungen aus dem Symphonie-Programm stärkten daher die Befürworter einer europäischen Trägerrakete. Vorreiter waren einmal mehr die Franzosen. Trotz des Scheiterns von ELDO hatten die europäischen Staaten wichtige Vorarbeiten geleistet, die Frankreich nun für ein neues europäisches Raumfahrtprogramm nutzen wollte. Die Technologie der nie gebauten Europa-3-Rakete sollte dafür die Basis bilden. Unter dem Namen Lanceur 3^{ième} Génération Substitution (L3S) stellte Frankreich den früheren Partnern aus der ELDO-Gemeinschaft das neue Projekt vor. Das Programm sollte tatsächlich zur kommerziell erfolgreichsten Trägerrakete weltweit werden – allerdings unter einem anderen Namen: Ariane.



In den 1970er-Jahren wurden in Lampoldshausen auch die Triebwerke des deutsch-französischen Satelliten Symphonie getestet.

1963
–
1973



1973–1988

1974 Beschluss des CNES, die Boden- und Höhentests für das Ariane-Programm in Lampoldshausen durchzuführen. Institutsleiter ist zu dieser Zeit Professor Roger Lo.

1975 Am 30. Mai wird die europäische Weltraumagentur „European Space Agency“ (ESA) gegründet.

Am 1. Juni startet das Ariane-Programm.

Das DFVLR-Institut wird in „Institut für Chemische Antriebe und Verfahrenstechnik“ umbenannt.

1976 Am P4.2 beginnen die Tests des Ariane-Triebwerkes „Viking“ unter Boden- und Höhenbedingungen.

1977 Am Institut wird ein sogenannter Blaubrenner für die rußfreie Verbrennung in Ölöfen entwickelt.

1979 Am 24. Dezember startet die erste Ariane-Rakete in den Weltraum.

1980 Zur Vermarktung der Ariane-Starts wird das Unternehmen Arianespace gegründet.

1984 In Vorbereitung des Ariane-4-Programmes werden am P4.1 die PAL-Booster und die 2. Stufe getestet.

1986 Am 28. Januar explodiert die US-Raumfähre „Challenger“. Damit endet die kommerzielle Nutzung des Shuttle-Programms.

1988 Am 15. Juni startet die erste Ariane 4 vom Startplatz Kourou aus. Das Programm wird zum kommerziell erfolgreichsten Trägersystem weltweit.

Der eigenständige Zugang Europas zum Weltraum

Die Erfolgsgeschichte der Ariane

Schon bald nach dem Ende des ELDO-Programmes setzte sich in Europa die Überzeugung durch, dass ein eigenständiger Zugang zum Weltraum unverzichtbar war, um europäische Satellitenprogramme selbstständig durchzuführen. 1975 wurden unter der Führung der neu gegründeten europäischen Weltraumagentur „European Space Agency“ (ESA) die Arbeiten an der neuen Trägerrakete Ariane aufgenommen. In Lampoldshausen wurden wichtige Tests des Viking-Triebwerkes durchgeführt. Der erste erfolgreiche Start der Ariane-Rakete gelang am 24. Dezember 1979: eine Erfolgsgeschichte begann. Die europäische Rakete wurde bis zur Ariane 4 weiterentwickelt, um immer schwerere Satelliten transportieren zu können. Vermarktet von dem 1980 gegründeten Unternehmen Arianespace stieg Ariane zum Weltmarktführer kommerzieller Trägersysteme auf. Neben dem Testbetrieb für Ariane wurde in Lampoldshausen auch an anderen Forschungsprogrammen wie der Entwicklung eines wiederverwendbaren Raumglitters sowie energiesparender Heizkessel-Brennverfahren gearbeitet.

Eine neue Organisation für eine neue europäische Raumfahrt

Nach dem Ende des ELDO-Programmes beschäftigte sich der Standort Lampoldshausen hauptsächlich mit Arbeiten für kleinere Projekte wie OTRAG und Symphonie. Doch diese Übergangsphase währte nur kurz: Bereits 1973 begannen die ersten Planungen für eine neue europäische Trägerrakete. Vor allem Frankreich drängte auf die Entwicklung eines europäischen Trägersystems. Gerade die Erfahrungen mit Symphonie hatten gezeigt, dass Europa ohne einen eigenständigen Zugang zum Weltraum auf dem wachsenden Markt für kommerzielle Satelliten abgehängt werden würde. Europa brauchte eine eigene Rakete.

Von Europa zu Ariane

Die Voraussetzungen dafür waren besser, als das Scheitern des ELDO-Programmes vermuten ließ: Während der knapp zehnjährigen Arbeit an der Europa-Rakete hatten die beteiligten Staaten und Unternehmen wichtiges Know-how im Bereich der Raketentechnik und Treibstoffforschung gewonnen. Im französischen Vernon und in Lampoldshausen existierten hochmoderne technische Einrichtungen zur Ent-

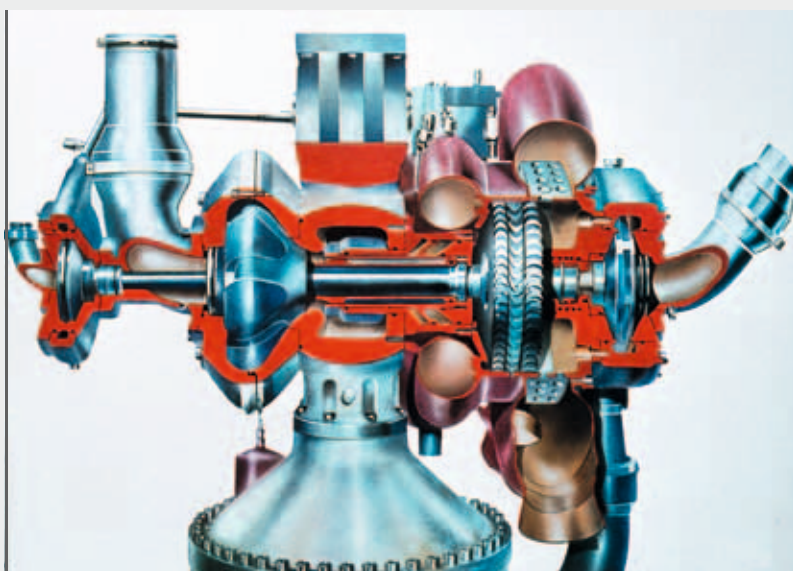
Hintergrund: Das Viking-Triebwerk – Antrieb für die Ariane-Familie

1965 begann im Rahmen des ELDO-Programmes die Entwicklung eines völlig neuen Triebwerkes mit Turbopumpen. Vier Jahre später wurde es erfolgreich auf dem Prüfstand im französischen Vernon getestet. Es hatte zunächst einen Bodenschub von 190 Kilonewton, die Leistung wurde aber bis 1971 auf 540 Kilonewton gesteigert. Diese Versi-

on erhielt schließlich den Namen, unter dem das Triebwerk weltweit bekannt werden sollte: Viking. Entwickelt wurde es von dem ehemaligen „Peenemünder“ Karl-Heinz Bringer, der damit den Grundstein für den Erfolg der Ariane-Rakete legte. Bis zur Einstellung des Ariane-4-Programmes wurden über 1.000 Viking-Triebwerke gebaut.

Ursprünglich sollte schon die 1. Stufe der Europa-3-Rakete von vier Viking-Triebwerken angetrieben werden. Im Rahmen des Ariane-Programmes wurde das Viking-Triebwerk bis 1979 zum Viking-2-Triebwerk mit einem Schub von 611 Kilonewton weiterentwickelt, das in der Ariane-1-Rakete erstmals eingesetzt wurde. Ariane 2 und 3 flogen mit einem weiter verbesserten Viking-2B-Triebwerk mit einem Bodenschub von 643 Kilonewton. Die 2. Stufe der Ariane 2, 3 und 4 wurde von den Triebwerken Viking 4 und Viking 4B angetrieben. Für die 1. Stufe der Ariane 4 wurde das Triebwerk dann nochmals weiterentwickelt. Viking 5 besaß in seiner C-Version schließlich einen Schub von 675 Kilonewton am Boden und 758 Kilonewton im Vakuum.

Die Flüssigtreibstoffbooster der Ariane-4-Rakete wurden mit einem Viking-6-Triebwerk mit einem Vakuumschub von 750 Kilonewton angetrieben. Mit dem Ariane-4-Programm endete 2003 auch die Erfolgsgeschichte des Viking-Triebwerkes. Es wurde vom „Vulcain“-Triebwerk der Ariane 5 abgelöst. In Indien werden Viking-Triebwerke allerdings in Lizenz unter dem Namen Vikas weiter hergestellt.



Noch für das ELDO-Programm wurde Viking, hier die Turbopumpe, als neues Triebwerk entwickelt. Es sollte in der Europa-3-Rakete zum Einsatz kommen.

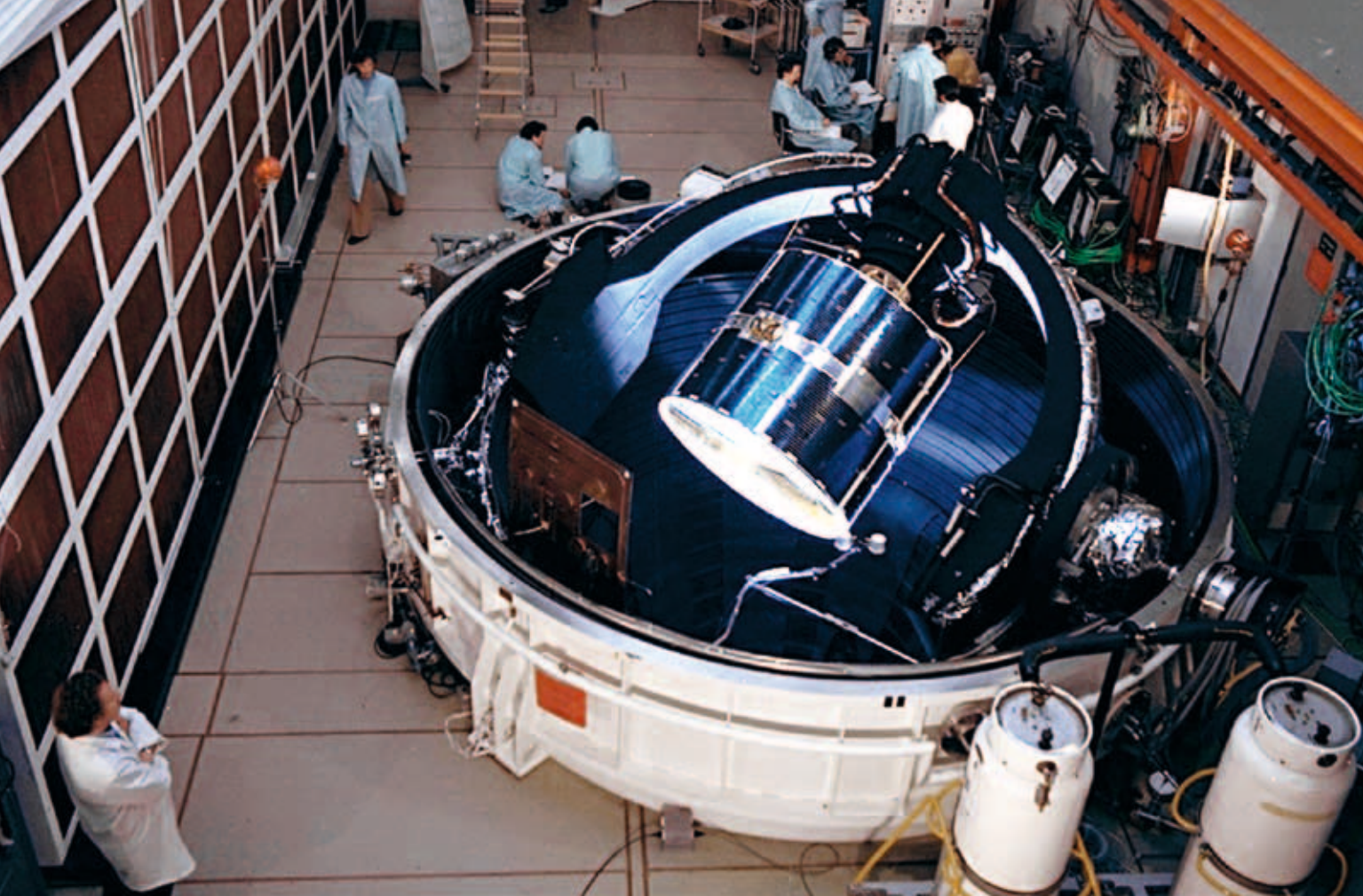


1973
–
1988

wicklung und Erprobung von Triebwerken und kompletten Raketenstufen. Im süd-amerikanischen Französisch-Guyana war bereits für die Europa-Rakete ein Startplatz errichtet worden, der die Vorteile der Äquatornähe für Raketenstarts in den geostationären Transferorbit bestens ausnutzen konnte. Dort ist die Erdrotationsgeschwindigkeit am größten, sodass die Rakete bereits mit einem Geschwindigkeitsvorteil von fast einem halben Kilometer pro Sekunde starten kann.

Frankreich hatte die Idee einer europäischen Trägerrakete nie aufgegeben und drängte auf eine Fortführung der europäischen Raketenpläne. Nur wenige Monate, nachdem die Arbeiten an der Europa-Rakete eingestellt worden waren, stellte Frankreich am 31. Juli 1973 auf einer Ministerratskonferenz der ELDO-Staaten Pläne für einen Lanceur 3^{ième} Génération Substitution, kurz L3S, vor. Mit einer Nutzlast von 1,3 Tonnen für den geostationären Transferorbit lag der französische Vorschlag zwar unterhalb der Leistung der zuvor geplanten Europa-3-Rakete, dennoch wurde der

Viking, das Triebwerk der Ariane, wurde in Lampoldshausen getestet.



Der Satellit COS-B war das erste große Projekt der 1975 gegründeten europäischen Welt-
raumagentur ESA.

Bau der neuen Trägerrakete beschlossen. Die Programmkosten wurden auf etwa 1,3 Milliarden D-Mark geschätzt.

Die 1. und 2. Stufe der neuen Rakete sollte durch das Viking-Triebwerk angetrieben werden, das ursprünglich für die Europa-3-Rakete entwickelt worden war. Viking nutzte hypergole – also bei Kontakt miteinander spontan reagierende – Treibstoffe und war bereits 1969 erstmals auf einem Prüfstand im französischen Vernon getestet worden. Die 1. Stufe, die mit der Basis der Europa-3-Rakete identisch war, sollte von vier Viking-Triebwerken mit einem Schub von jeweils rund 600 Kilonewton angetrieben werden. Die 2. Stufe sollte ebenfalls ein Viking-Triebwerk erhalten. Für die 3. Stufe war ein hochenergetisches Triebwerk geplant, das flüssigen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff als Treibstoff nutzen sollte. Dieser sogenannte „HM-7“-Motor war der erste dieser Art außerhalb der USA.

Die Bundesrepublik Deutschland tat sich diesmal mit der Entscheidung leichter als zehn Jahre zuvor bei der Beteiligung am ELDO-Programm. Sie sagte eine finanzielle Beteiligung von jährlich 40 Millionen D-Mark zu, die später auf 20 Prozent der Gesamtkosten fixiert wurde. Den größten Anteil übernahm Frankreich mit 64 Prozent, den Rest steuerten Dänemark, Schweden, Belgien, die Niederlande, Großbritannien, Italien, Spanien und die Schweiz bei.

Die technische Verantwortung für Ariane übernahm die französische Raumfahrtagentur „Centre National d'Études Spatiales“ (CNES), die – anders als beim ELDO-Programm – sämtliche Arbeiten koordinieren und überwachen sollte. Die Ministerratskonferenz verfolgte große Ziele mit dem neuen Projekt: Innerhalb von nur vier Jahren sollte die Rakete fliegen und man rechnete mit vier bis fünf Starts pro Jahr. Die Finanzierung war gesichert und bald erhielt das Programm seinen end-

gültigen Namen: Ariane. Ihr Name war eine Anlehnung an Ariadne, einer Figur aus der griechischen Mythologie. Zudem konnte der Name in allen Sprachen der beteiligten Länder gleich ausgesprochen werden. Was nun noch fehlte, war eine europäische Weltraumorganisation, die das Programm steuern konnte.

Die Gründung der ESA

Bereits seit 1968 wurde auf Ministertagungen immer wieder die Zusammenführung der beiden europäischen Weltraumorganisationen ELDO und ESRO gefordert. Doch die Entscheidung verzögerte sich, und als es 1974 endlich soweit war, existierte die ELDO nach der Einstellung des Europa-Raketen-Programmes 1973 faktisch nicht mehr. ESRO arbeitete zwar weiterhin erfolgreich auf dem Gebiet der Satellitentechnik, konnte jedoch nicht zusätzlich den Bau der europäischen Träger-rakete koordinieren. Für diesen Zweck musste eine neue Weltraumorganisation geschaffen werden, in der dann auch die ESRO aufgehen sollte.

Ein Name für die neue Weltraumagentur war schnell gefunden: „European Space Agency“ (ESA). Wegen Regierungswechseln in einigen europäischen Staaten und Auseinandersetzungen über die Besetzung wichtiger Posten zogen sich die Verhandlungen über die Gründung jedoch hin. Am 15. April 1975 wurde schließlich die Konvention der ESA beschlossen und bis zum 30. Mai von den Mitgliedsstaaten unterzeichnet. Gründungsmitglieder waren die Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Belgien, Dänemark, Großbritannien, Italien, die Niederlande, Schweden, die Schweiz und Spanien. Ende 1975 trat auch Irland der neuen Raumfahrtagentur bei. Erster Generaldirektor der ESA wurde der Brite Roy Gibson.

Finanziert werden die ESA-Projekte bis heute durch die Mitgliedsstaaten, wobei sich der Mitgliedsbeitrag jeweils nach dem Bruttoinlandsprodukt richtet. Am Mitgliedsbeitrag orientiert sich wiederum die Vergabe der Industriaufträge durch die ESA. Detaillierte, über fünf Jahre laufende Pläne sollten eine Kostenexplosion wie beim ELDO-Programm verhindern. Die einzelnen Raumfahrtprojekte der ESA werden in obligatorische und fakultative Projekte unterschieden, die getrennt finanziert werden. Das Auftragsvergabeverfahren garantiert, dass jeder Mitglieds-

1973
–
1988

Hintergrund: Die ESA – eine Erfolgsgeschichte der europäischen Raumfahrt

Mit der Gründung der „European Space Agency“ (ESA) leiteten die europäischen Staaten ein neues Kapitel ihrer Raumfahrtgeschichte ein. Die ESA-Konvention wurde nach knapp zweijährigen Verhandlungen am 30. Mai 1975 von den Mitgliedsstaaten unterzeichnet.

Die leitenden Organe der ESA sind der Rat und der Generaldirektor. Im ESA-Rat hat jedes Mitglied eine Stimme. Er bestimmt Politik, Organisation und Programme der europäischen Raumfahrt. Auch das Budget liegt in seiner Verantwortung. Dem Rat steht ein für jeweils

zwei Jahre gewählter Vorsitzender vor. Mit Zweidrittelmehrheit ernennt der Rat außerdem alle vier Jahre einen Generaldirektor, dem das ESA-Personal untersteht. Er muss für die gesamte Organisation und Durchführung der Programme Sorge tragen.

Ihren Sitz hat die ESA in Paris, darüber hinaus unterhält sie in mehreren europäischen Ländern Zentren für unterschiedliche Aufgaben sowie Verbindungsbüros in den USA, Russland und Belgien. Aktuell gehören ihr 18 europäische Staaten an: Belgien, Dänemark, Deutschland,



Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, die Schweiz, Spanien und Tschechien. Kooperationen bestehen mit Kanada, Ungarn, Polen, Rumänien, Estland und Slowenien. 2009 beträgt das Budget der ESA 3,6 Milliarden Euro.

staat aus seinen Investitionen einen angemessenen finanziellen und technologischen Rückfluss erhält. An Programmen wie Ariane sind alle Mitgliedsstaaten beteiligt, während bei anderen Projekten die Beteiligung freigestellt ist.

Der Zeitpunkt der ESA-Gründung war günstig: Nachdem die USA und die UdSSR in den 1960er-Jahren erheblich in die Raumfahrt investiert hatten, verringerten beide Staaten Anfang der 1970er-Jahre ihre entsprechenden Etats. Die ESA konnte sich dadurch leichter auf dem Gebiet der friedlichen Erforschung des Weltalls durchsetzen. Sie startete sofort nach der Gründung erste größere Projekte. Bereits 1975 wurde „COS-B“ gestartet, ein wissenschaftlicher Satellit, der kosmische Gammastrahlen untersuchen sollte. Er wurde von einer amerikanischen Delta-Rakete in die Erdumlaufbahn gebracht.

Ein Konzept setzt sich durch – Ariane

Hauptaufgabe der neu gegründeten europäischen Weltraumagentur war die Entwicklung der europäischen Trägerrakete Ariane. Den Auftrag für die Koordination des Programmes erhielt die französische Raumfahrtbehörde CNES, die Arbeiten wurden am 1. Juni 1975 offiziell aufgenommen. Vor allem in Frankreich und Deutschland wurde intensiv am Ariane-Programm gearbeitet.

Der Standort bereitet sich vor

Da Frankreich die finanzielle Hauptlast trug, bekam die französische Industrie auch den Großteil der Entwicklungsaufträge: Das französische Unternehmen „Société Européenne de Propulsion“ (SEP) setzte die Arbeiten an dem bereits für die Europa-3-Rakete entwickelten Viking-Triebwerk nun für Ariane fort. Die Firma Aérospatiale war verantwortlich für Design und Integration der 1. und 3. Stufe und stellte zusätzlich wichtige Komponenten her. Durch den hohen französischen Anteil am Ariane-Programm begann auch in Lampoldshausen eine intensive Zusammen-

arbeit zwischen den französischen und deutschen „Kollegen“.

In der Bundesrepublik sollte die 2. Stufe der Ariane von ERNO, der 1981 mit dem Unternehmen MBB zu MBB-ERNO fusionierte, in Bremen gebaut werden; die Treibstofftanks dafür lieferte Dornier in Friedrichshafen. Die Turbopumpen für die Viking-Triebwerke baute die Firma MAN aus Augsburg. MBB sollte darüber hinaus die Schubkammern und Treibstoffventile für die HM-7-Oberstufentriebwerke entwickeln und bauen. Die Bundesrepublik Deutschland war also wieder mit größeren Aufgaben an der Entwicklung eines neuen Trägersystems beteiligt.

Triebwerkstests waren ein wichtiger Teil der bundesdeutschen Beteiligung am Ariane-Programm. Hier kam der DFVLR-Standort Lampolds-

Für die Tests der Triebwerke war der Einsatz großer Mengen hypergolere Treibstoffe nötig. Sie erforderten eine sorgfältige und verantwortungsvolle Handhabung.



Mit Beginn des Ariane-Programmes ging auch die Entwicklung der Dampferzeuger für die Höhensimulation in eine neue Phase. Zunächst wurden zwei auf einen Durchsatz von 40 Kilogramm pro Sekunde ausgelegte Dampferzeuger am P4.2 montiert. Bis auf eine verbesserte Steuerung basierten die Dampferzeuger auf den bewährten Modellen der ELDO-Zeit.

Doch Ende der 1980er-Jahre wurden erstmals Versuche mit anderen Treibstoffkombinationen durchgeführt. Die wartungsintensive Salpetersäure mit ihrer korrosiven Wirkung war letztlich nicht wirtschaftlich. Daher wurde nun mit Flüssigsauerstoff als Oxidator und Ethanol als Brennstoff experimentiert. Dazu mussten die Dampferzeuger aber völlig neu konstruiert werden. Zunächst wurde eine Alkohol/Sauerstoff-Dampferzeugereinheit am P2 aufgebaut, später am P1.1.

Wie bei den Triebwerken der Raketen war die Verbrennungsinstabilität auch ein großes Problem bei der Dampferzeugerentwicklung. Um diese in den Griff zu bekommen, wurde 1994 eine Abteilung zur Entwicklung neuer Dampferzeuger-



technologien eingerichtet. Der P1.1 wurde so umgerüstet, dass dort sowohl Tests der Brennkammer mit freiem Abgasstrahl als auch Tests mit Dampferzeugern mit installierter Wassereinspritzung, Dampfleitung und Ejektordüse durchgeführt werden konnten. In einer Erprobungsphase wurden Versuche mit einem 4,5-kg/s-Dampferzeuger wieder

aufgenommen. Die Ingenieure entwickelten neue Versuchssteuerungs- und Messverfahren. Wegen der Umstellung der verwendeten Treibstoffe wurde der Dampferzeuger mit einem Kupfereinspritzkopf ausgerüstet. Wenig später wurde auch ein Dampferzeuger mit einem Durchsatz von 10 Kilogramm pro Sekunde konstruiert.

Für die Tests des Viking-Triebwerkes unter Höhenbedingungen mussten auch die Dampferzeuger weiterentwickelt werden.

1973
–
1988

hausen mit seinen modernen Anlagen und dem Know-how seiner Mitarbeiter ins Spiel. Bereits seit 1973 wurde geplant, die 2. Stufe der Ariane am P4 in Lampoldshausen zu testen und im Juli 1974 teilte Institutsleiter Professor Roger Lo seinen Mitarbeitern endgültig mit, dass sowohl die Entwicklungstests des Viking-Triebwerkes unter Boden- und Höhenbedingungen als auch die Flugabnahme der kompletten 2. Stufe in Lampoldshausen erfolgen sollten.

Doch bevor mit den Versuchen am P4 begonnen werden konnte, mussten der Prüfstand und seine Infrastruktur umgerüstet werden. Für die schubstärkeren Triebwerke musste beispielsweise entsprechend mehr Treibstoff eingesetzt werden. Deren Lagerung erhöhte aber zugleich die Sicherheitsanforderung am Standort. Auch durch das gesamte Stufenhandling am Prüfstand wuchsen die Anforderungen an die Mitarbeiter und damit wuchs zugleich auch die Verantwortung, die der DFVLR-Standort übernahm.

P4.1 wurde mit einem neuen Schubbock und Treibstofftanks ausgestattet, die von ihrem Fassungsvermögen den späteren Flugtanks entsprachen. P4.2 erhielt eine neue Höhensimulationsanlage, bestehend aus Höhenkammer, Überschalldiffusor und Ejektoren. Der Raketendampferzeuger hatte einen Durchsatz von

Ehemalige Peene-münder Ingenieure besuchten den Standort Lampoldshausen. Auf ihrer Arbeit basierte ein Großteil der europäischen Raketen-technik.





Bild oben links:
Für die Lagerung der hypergolen Treibstoffe wurden spezielle Tanklager errichtet. Nur in Schutzanzügen durften die Mitarbeiter mit den Treibstoffen arbeiten.



Bild oben rechts:
Zu den erhöhten Sicherheitsstandards gehörten auch die Einrichtung einer Werksfeuerwehr sowie regelmäßige Katastrophenschutzübungen.

38 Kilogramm pro Sekunde und wurde wegen seiner Größe außerhalb des Prüfstandsgebäudes aufgebaut. Das Tanklager wurde auf ein Fassungsvermögen von 100 Tonnen erweitert und an die Treibstoffkombination des Viking-Triebwerkes, Distickstofftetroxid (N_2O_4) und Unsymmetrisches Dimethylhydrazin (UDMH), angepasst. Darüber hinaus wurde eine neue Werk- und Lagerhalle (M50) errichtet. Der Umbau begann noch 1974 und konnte durch den hohen Einsatz aller Mitarbeiter in weniger als zwei Jahren von der Planung bis zur fertigen Ausführung realisiert werden. Die Existenz des Standortes war endgültig gesichert.

Die ersten Triebwerkstests am P4.2 unter Boden- und Höhenbedingungen fanden wie vorgesehen ab 1976 statt. Rund 60 Mitarbeiter des DFVLR-Instituts waren mit diesem Testbetrieb beschäftigt. Die Arbeit war nicht ungefährlich: Der Umgang mit hypergolen Treibstoffen, die sofort reagieren, wenn sie aufeinandertreffen, erforderte umfassende Sicherheitsmaßnahmen – die Mitarbeiter der DFVLR durften nur in Vollschutzanzügen mit den Treibstoffen arbeiten, die Sicherheitsradien beim Testbetrieb wurden erhöht, der Betriebsfunk erweitert und die Betriebsfeuerwehr zu einer anerkannten Werksfeuerwehr umgestaltet, die an die Funknetze von Polizei und Berufsfeuerwehr angeschlossen war. Die ersten Tests fanden zunächst noch mit einem Viking-3-Triebwerk statt, bevor noch im selben Jahr auch das Originaltriebwerk der geplanten 2. Stufe, Viking 4, getestet wurde. Am benachbarten P4.1 wurde anschließend die gesamte 2. Stufe getestet. Die Versuche liefen dabei genau so ab wie beim späteren Start: Insgesamt rund sechs Stunden dauerten die konkreten Vorbereitungen, die mit dem Abarbeiten von detaillierten Checklisten begannen. Vier Stunden vor dem Test wurden die Tanks befüllt und zehn Minuten vor der Zündung startete der Countdown. Nach der Zündung erreichte das Triebwerk innerhalb von drei Sekunden seine volle Leistung.

1978 wurden die Entwicklungsversuche beendet. Ein Jahr später konnten auch die Qualifikationsversuche des Triebwerkes Viking 4 unter Höhenbedingungen sowie der kompletten 2. Stufe unter Bodenbedingungen abgeschlossen werden.

Forschungsstandort Lampoldshausen

Die umfangreichen Arbeiten für das Ariane-Programm drängten die Forschung am Standort etwas in den Hintergrund. Nach dem Ende des ELDO-Programmes war die Erforschung flüssiger Treibstoffe für die 3. Stufe der Ariane nach Frankreich vergeben worden. Mit dem Ende des seit 1967 laufenden HET-Programmes zur Erforschung hochenergetischer Treibstoffe 1975 wurde die Forschungsarbeit in Lampoldshausen auf diesem Gebiet fast vollständig eingestellt. Die Wissenschaftler des DFVLR-Instituts beschäftigten sich in Lampoldshausen stattdessen nun vor allem mit Fragen der Energietechnik. Schließlich wurde das Institut 1975 in „Institut für Chemische Antriebe und Verfahrenstechnik“ umbenannt.

Der Institutsleiter Professor Roger Lo förderte in diesem Bereich zahlreiche Forschungsprojekte. Basis für diese Projekte waren Forschungsarbeiten, die bis Anfang der 1970er-Jahre in Trauen geleistet worden waren, ehe sie dort eingestellt wurden. Die aus Norddeutschland nach Lampoldshausen gewechselten Mitarbeiter setzten diese Arbeiten nun in Lampoldshausen fort. So wurden beispielsweise Verfahren zur effizienteren Verbrennung fossiler Energieträger, vor allem Erdöl, erforscht.

1977 entwickelten die Lampoldshausener Ingenieure einen Raketenbrenner mit deutlich verringerten Ruß- und Schadstoffemissionen. Schnell wurde deutlich, dass dieser neue Brenner nicht nur in der Raumfahrt, sondern beispielsweise auch in Heizungen privater Haushalte eingesetzt werden konnte. In den bis dahin üblichen Heizkesseln wurde das Heizöl vor der Verbrennung lediglich zerstäubt und mit Luft vermischt. Rußbildung war die Folge. Die Ingenieure in Lampoldshausen entwickelten einen neuartigen Ölbrenner, der mit den heißen Gasen den Ölnebel an der Zerstäuberdüse verdampfte. Das erhöhte den Wirkungsgrad des Brenners und verringerte die Rußbildung sowie den Schadstoffausstoß erheblich.

Ab 1979 wurden diese Arbeiten am sogenannten Blaubrenner unter der Führung von Professor Winfried Buschulte kontinuierlich weitergeführt. Die Ingenieure bauten einen Prototyp und ließen ihre Entwicklung als Patent eintragen. Der Blaubrenner war ein voller Erfolg: Die bis dahin üblichen Gelbbrenner wurden durch das effektivere und umweltfreundlichere System ersetzt und heute ist diese Entwicklung aus Lampoldshausen Standard in der ganzen Welt. Die Lizenz wurde zunächst an die MAN AG in Nürnberg und später an Buderus sowie weitere europäische und nordamerikanische Unternehmen abgetreten. In Lampoldshausen wurden noch bis 1995 Ölbrennersysteme für Haushalts- oder Industriefuerungen entwickelt.

Die Wissenschaftler der DFVLR entwickelten ein Verfahren, das es erlaubt, Heizöl mit höchstmöglicher Energienutzung bei gleichzeitig sehr geringen Schadstoffemissionen rußfrei zu verbrennen.



1973
–
1988



Der erfolgreiche Erststart der Ariane-Rakete am 24. Dezember 1979 war ein Meilenstein in der europäischen Raumfahrt.

Erfolgreicher Start in eine kommerzielle Zukunft

Der Erststart der Ariane in Kourou war für den 15. Dezember 1979 geplant. Die Verantwortlichen hängten die Erwartungen zunächst tief: Schon eine einwandfreie Zündung der ersten beiden Stufen wäre ein Erfolg gewesen. Doch zunächst schien sogar das unmöglich. Da eines der vier Viking-Triebwerke der 1. Stufe nicht einwandfrei zündete, öffneten sich die Klammern, die die Rakete am Starttisch festhielten, nicht. Ein zweiter Versuch am 23. Dezember konnte wegen ungünstiger Wetterbedingungen nicht stattfinden, aber am 24. Dezember 1979 war es endlich soweit: Ariane startete zum ersten Mal in den Weltraum. Und diesmal gelang, was bis dahin keiner europäischen Rakete geglückt war: Alle drei Stufen zündeten einwandfrei, die Rakete erreichte in 218 Kilometern Höhe den Orbit und setzte eine 1,6 Tonnen schwere Instrumentenkapsel aus.

Dieser erste erfolgreiche Start der Ariane-Rakete gab Europa das Selbstvertrauen in die eigenen technologischen Fähigkeiten zurück. Europa hatte den eigenständigen Zugang zum Weltraum endlich geschafft. Nach dem Jubel über

den geglückten Erststart kehrte allerdings bald Ernüchterung ein, denn der zweite Start einer Ariane am 23. Mai 1980 misslang und die Rakete zerstörte sich selbst. Grund waren hochfrequente akustische Schwingungen in der Brennkammer des Viking-Triebwerkes und Probleme mit dem Einspritzsystem. In den folgenden Monaten wurde intensiv nach dem Fehler gesucht. Das war nicht ungefährlich: Im November

Hintergrund: Erdumlaufbahnen (Orbits)

Satelliten können in unterschiedliche Erdumlaufbahnen, sogenannte Orbits, gebracht werden. Je niedriger der angestrebte Orbit, desto höhere Nutzlasten kann eine Rakete dorthin transportieren. Um also die Nutzlastkapazitäten von verschiedenen Raketen vergleichen zu können, müssen diese immer auf den Orbit bezogen werden.

• *Low Earth Orbit – LEO*

Der LEO umfasst Umlaufbahnen in Höhen von 200 bis 2.000 km. Hier findet gegenwärtig vor allem die bemannte Raumfahrt statt. So umkreist die ISS die Erde in einer Höhe von 350 bis 400 km. Aber auch das Hubble Space Telescope befindet sich in einer Höhe von 550 km.

• *Sonnensynchroner Orbit – SSO*

Der SSO ist ein Spezialfall des LEO, in dem die Flughöhe (rund 700 bis

1.000 km) und die Bahnneigung so genutzt werden, dass ein Satellit einen Ort auf der Erdoberfläche in Abständen von ein paar Tagen immer zur selben Ortszeit überfliegt. Dies ist vor allem für Erdkundungssatelliten oder Sonnenbeobachtungssatelliten wichtig, da die Umlaufbahn so angepasst werden kann, dass der Satellit nie durch den Erdschatten fliegt.

• *Medium Earth Orbit – MEO*

Der MEO liegt zwischen LEO und GEO in Höhen zwischen 2.000 und 36.000 km. Dieser Orbit wird für globale Kommunikations- und Navigationssysteme genutzt. Auch das europäische Navigationssystem Galileo wird hier kreisen.

• *Geostationärer Orbit – GEO*

Der GEO in einer Höhe von 36.000 km ist der ideale Orbit für Klima- und Wetter-

sowie Kommunikations-, Fernseh- und Internetsatelliten. Der Satellit braucht für einen Umlauf um die Erde 24 Stunden. Damit scheint der Satellit über einem Ort der Erde (direkt über dem Äquator) festzustehen, sodass die Empfangsantenne nur einmal ausgerichtet werden muss.

• *Geostationärer Transferorbit – GTO*

Die meisten Raketen bringen ihre GEO-Nutzlasten lediglich in eine Übergangsbahn zu diesem Orbit. Der GTO bezeichnet eine elliptische Umlaufbahn mit einem erdnächsten Punkt (Perigäum) in ein paar Hundert Kilometern Höhe und einem erdfernen Punkt (Apogäum) auf der Höhe des GEO in 36.000 km. Den endgültigen Einschuss in den GEO übernimmt dann der Satellit selbst mit seinem eigenen Antrieb, dem sogenannten Apogäumstriebwerk.

1980 testeten die Mitarbeiter der DFVLR ein Viking-Triebwerk am P4.2. Wie beim Fehlstart traten auch dabei Schwingungen auf, die den Verbrennungsablauf in der Brennkammer störten. Der entstehende Querschub ließ das Triebwerk ausschwenken und auf dem Prüfstand brach ein Feuer aus, das nur schwer unter Kontrolle zu bringen war. 1981 wurden in Lampoldshausen viele Versuche zur Lösung des Problems durchgeführt. Dabei ging es vor allem um Änderungen beim Treibstoffgemisch und um Anpassungen am Einspritzsystem. Die Gefahren der Verbrennungsinstabilität konnten allerdings nicht komplett behoben werden. Daher wurde in der Folge jedes Einspritzsystem, das in einer Ariane-Rakete zum Einsatz kommen sollte, vorher in Lampoldshausen und später auch in Vernon getestet.

Die Ingenieure waren dennoch überzeugt, ein Erfolgsmodell geschaffen zu haben und sie sollten schließlich Recht behalten: Ariane wurde nicht nur ein technologischer, sondern auch ein wirtschaftlicher Erfolg. Im Juni und Dezember 1981 gelangen schließlich der dritte und vierte Ariane-Start, bei denen schon wichtige kommerzielle Nutzlasten, wie zum Beispiel der europäische Wettersatellit „Meteosat 2“ in den geostationären Transferorbit transportiert wurden. Auch ein erneuter Fehlstart, ausgelöst durch Probleme mit der Turbopumpe des HM-7-Triebwerkes, belastete das Programm nicht grundlegend. Die Erfolgsgeschichte der Ariane begann, während die Ingenieure unter der Federführung der ESA bereits daran arbeiteten, die Rakete weiterzuentwickeln, um sie für die Bedürfnisse der Kunden aus aller Welt zu optimieren.

Der Markt kommerzieller Satelliten wuchs stetig: Erdbeobachtung, Telekommunikation, TV-Übertragungen, Navigation, Wettervorhersagen – die Möglichkeiten schienen unbegrenzt. Um für diesen kommerziellen und wissenschaftlichen Markt gerüstet zu sein, wurde im März 1980 „Arianespace“ gegründet; Hauptanteileigentümer war die französische CNES. Arianespace sollte Raketenstarts bei der ESA ordern und sie ihren Kunden anbieten. Das war weltweit einzigartig, denn noch niemals zuvor waren Raketenstarts kommerziell vermarktet worden. Den ersten Auftrag erhielt Arianespace im November 1981 von der US-amerikanischen GTE Spacenet, 1984 wurde der Kommunikationssatellit „Spacenet 1“ schließlich ins All gebracht.

Nach dem Fehlstart der Ariane 1980 wurde in Lampoldshausen eine intensive Fehlersuche betrieben. Dabei geriet der Prüfstand P4.2 im November in Brand.



Die Verbrennungsinstabilität im Triebwerk konnte zu schwerwiegenden Schäden führen.

Ariane 4 – der Welterfolg

Um immer schwerere Satelliten ins Weltall bringen zu können, musste die Nutzlastkapazität der Rakete gesteigert werden. Bereits seit 1979 plante die ESA daher die Weiterentwicklung der Ariane. Konnte die Ariane-1-Rakete eine Nutzlast von bis zu 1,6 Tonnen in den geostationären Transferorbit transportieren, wurde die Ariane in der Folge dahingehend weiterentwickelt, immer schwerere und schließlich sogar zwei Satelliten in den Orbit zu bringen, um den steigenden Marktanforderungen gerecht zu werden.

Weiterentwicklung der Ariane-Rakete

Am „Institut für Chemische Antriebe und Verfahrenstechnik“ in Lampoldshausen wurde bereits seit 1979 in theoretischen Studien mit am Nutzlastausbau der Ariane-

Hintergrund: Ariane 1 bis 4 – Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Ariane 1



1979–1986; elf Starts, davon neun erfolgreich

Die erste Ariane-Rakete wurde in der 1. Stufe mit vier Viking-2-Triebwerken angetrieben, die die lagerfähigen und hypergolischen Treibstoffe Distickstofftetroxid und Unsymmetrisches Dimethylhydrazin (UDMH) nutzten. Auch die 2. Stufe war mit einem Viking-Triebwerk ausgestattet. Die 3. Stufe wurde von einem HM-7-Motor angetrieben, der flüssigen Wasserstoff und Sauerstoff als Treibstoff nutzte. Die Rakete hatte eine Höhe von gut 47 Metern, die Nutzlast für den geostationären Transferorbit (GTO) betrug am Ende 1,85 Tonnen. Der erste Start einer Ariane-1-Rakete fand am 24. Dezember 1979 in Kourou statt.

Ariane 2



1986–1989; sechs Starts, davon fünf erfolgreich

Die 49 Meter hohe Ariane-2-Rakete erreichte ihre höhere Nutzlastkapazität von 2,27 Tonnen vor allem dadurch, dass ein speziell für die Ariane neu entwickelter Brennstoff (UH25) eingesetzt wurde. Dieser bestand zu 75 Prozent aus UDMH und 25 Prozent Hydrazin.

Rakete geforscht. Dafür musste unter anderem das Viking-Triebwerk kontinuierlich weiter verbessert werden. Im Juli 1980 wurde aus den theoretischen Vorüberlegungen schließlich ein konkretes Arbeitsprogramm der ESA: Als leistungsstärkere Versionen ihrer Vorgängerin wurden die beiden Raketen Ariane 2 für den Transport schwererer Satelliten und Ariane 3 mit Doppelstartfähigkeit für zwei mittelschwere Satelliten gleichzeitig entwickelt.

Für die notwendige Leistungssteigerung wurde das Viking-Triebwerk unter der Verantwortung von SEP zur Version Viking 2B weiterentwickelt und der Brennstoff umgestellt. Da es beim zweiten Flug der Ariane 1 zu einer Verbrennungsinstabilität gekommen war, wurde die Treibstoffkombination Distickstofftetroxid/UH25 (75 Prozent UDMH/25 Prozent Hydrazin) eingesetzt. Dieser war 1980 für die Ariane-1-Rakete entwickelt worden, kam dort jedoch nie zum Einsatz. Viking 2B entwickelte damit einen Bodenschub von 643 Kilonewton, über 30 Kilonewton mehr als das Viking-2-

1973
–
1988

Ariane 3



1984–1989; elf Starts, davon zehn erfolgreich

Ariane 3 war im Kern baugleich mit Ariane 2, wurde allerdings um zwei Feststoffbooster ergänzt, die der Rakete zusätzlichen Schub verliehen. Das erhöhte zwar das Startgewicht erheblich, trotzdem konnte die Rakete mit 2,65 Tonnen eine noch größere Nutzlast in den GTO transportieren.

Ariane 4



1988–2003; 116 Starts, davon 113 erfolgreich

Ariane 4 brachte den endgültigen kommerziellen Durchbruch für Arianespace. Sie wurde auf der Basis der Ariane 3 entwickelt. Die mit 58 Metern Höhe deutlich größere Rakete konnte mit bis zu vier Boostern ausgestattet werden, wobei je nach Bedarf unterschiedlich leistungsfähige Feststoff- und Flüssigkeitsbooster kombiniert werden konnten. Basis für die Entwicklung der Flüssigkeitsbooster war die 2. Stufe der Ariane-3-Rakete. Damit konnte Ariane 4 Nutzlasten zwischen 2 und 4,9 Tonnen in den GTO transportieren. Ariane 4 war überaus erfolgreich: Bis 2003 startete sie 116 Mal ins All, ehe sie endgültig von der Ariane 5 abgelöst wurde.



Bild oben links:
Einbau eines Viking-Triebwerkes auf dem Prüfstand. Im Laufe des Ariane-Programmes übernahmen die Mitarbeiter des Standortes Lampoldshausen immer mehr Verantwortung bei der Durchführung der Versuche.

Bild oben rechts:
Am P4 wurden auch die PAL-Booster und die 2. Stufe der Ariane getestet.



Triebwerk der Ariane 1. Darüber hinaus wurde die 3. Stufe der Ariane-1-Rakete verlängert. Die Nutzlastkapazität erhöhte sich um über 400 Kilogramm, beziehungsweise über 20 Prozent. Der erste Start einer Ariane 2 am 30. Mai 1986 schlug zwar fehl, doch fünf weitere Starts bis 1989 waren erfolgreich.

Bereits zwei Jahre vor dem ersten Ariane-2-Start war eine Ariane 3 ins All geflogen. Nicht nur optisch besaß sie große Unterschiede zu Ariane 1 und 2: An der 1. Stufe waren zwei Feststoffbooster montiert und diese zusätzlichen Raketen verliehen der Ariane 3 einen stärkeren Schub beim Start. Damit konnte sie eine nochmals um rund 400 Kilogramm größere Nutzlast in den Orbit bringen als Ariane 2. Außerdem konnte die Rakete erstmals zwei Satelliten mit einem Gewicht von jeweils etwa 1.200 Kilogramm gleichzeitig transportieren. Diese Doppelstartfunktion wurde zum entscheidenden Erfolgskriterium für das Ariane-Programm, denn die Kunden konnten sich von nun an die Startkosten teilen.

Wie bei Ariane 1 wurden die Viking-Triebwerke der 1. und 2. Stufe von Ariane 2 und 3 in Lampoldshausen getestet. Allein für Ariane 3 fanden zwischen 1980 und 1984 35 Abnahmeversuche der Einspritzköpfe statt sowie zwei Entwicklungsversuche unter Vakuumbedingungen mit erhöhtem Brennkammerdruck. Ihren ersten erfolgreichen Start hatte die Ariane 3 am 4. August 1984, bis 1989 startete sie insgesamt elfmal ins All.

Tests der PAL-Booster für Ariane 4

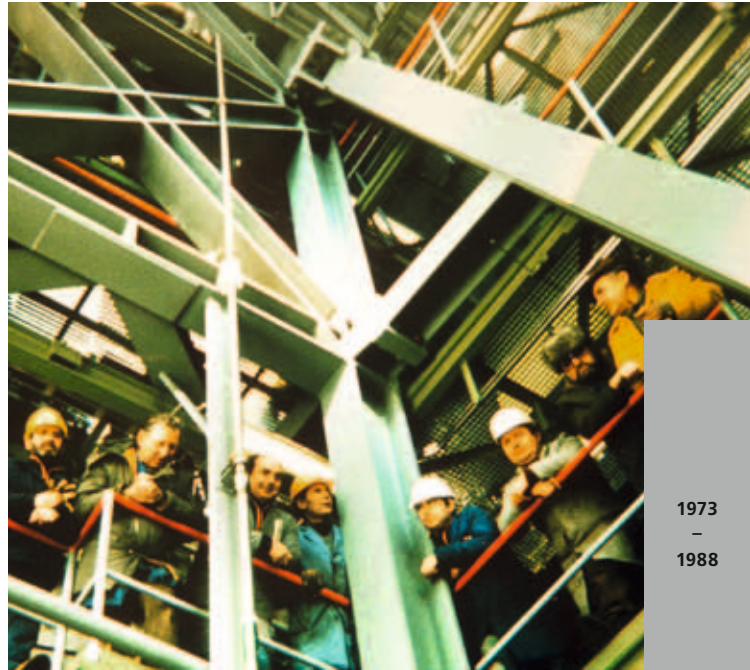
Das „Meisterstück“ wurde jedoch die Ariane 4. Sie war die erste Trägerrakete, bei der die Leistung flexibel an die Nutzlast angepasst werden konnte. Bereits seit 1980 liefen in Lampoldshausen erste Versuchsreihen für ein verbessertes Viking-5C-Triebwerk, das in der Erststufe der Ariane 4 eingesetzt werden sollte. 1982 wurde von den Mitgliedsstaaten der ESA mit den konkreten Entwicklungsarbeiten für diese bis dahin leistungsstärkste Rakete der Ariane-Reihe begonnen. Die größte Neuerung gegenüber den Vorgängermodellen war der erstmalige Einsatz von Flüssigkeitsboostern, die jeweils von einem Viking-6-Triebwerk angetrieben wurden. Mit ihnen konnte die Nutzlastkapazität der Rakete auf bis zu 4,9 Tonnen erhöht werden.

Erprobt wurde diese Neuentwicklung am Prüfstand P4 in Lampoldshausen. Diese Tests stellten allerdings besondere Herausforderungen an die Ingenieure und Techniker, die ein spezielles Schubgerüst entwickeln mussten, um die Booster am Prüfstand P4.1 an ihren Originalaufhängungen montieren und testen zu können. Zwischen Mai und Juli 1984 fanden am P4.2 Entwicklungsversuche statt mit dem Heißgasbedrückungssystem der Ariane 4, das die Treibstoffe in die Brennkammer drückt. Bis Ende 1984 wurden am P4.1 insgesamt sechs Entwicklungs- und Qualifikationsversuche mit zwei Boostern in Flugversion durchgeführt. Nach den Versuchen waren die Booster durch Resttreibstoffe kontaminiert, sodass für die weiteren Arbeiten zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden mussten.

Im Rahmen des Ariane-4-Programmes arbeitete die Mannschaft der DFVLR in Lampoldshausen intensiv mit den französischen Partnern der SEP zusammen. Dabei entstand ein fast freundschaftlicher, vertrauensvoller Umgang miteinander, der das gesamte Programm positiv beeinflusst hat und der auch die weitere Zusammenarbeit am späteren Ariane-5-Programm bestimmte. Lampoldshausen hatte sich endgültig als verlässlicher Partner für die SEP bewährt.

Nach der Qualifikation wurde am 15. Juni 1988 die erste Ariane 4 erfolgreich in Kourou gestartet. Die Rakete besaß auf diesem Jungfernflug eine Kombination von zwei Feststoff- und zwei Flüssigkeitsboostern und transportierte drei Satelliten ins All – das Erstflugrisiko war den Auftraggebern durch einen Preisnachlass erleichtert worden. Zu den Satelliten gehörte auch der ESA-Satellit „Meteosat-P2“, ein geostationärer Wetterbeobachtungssatellit.

In den 1970er-Jahren war man noch von fünf bis sechs Starts pro Jahr ausgegangen; das war inzwischen längst überholt. Mit Ariane 4 explodierte das



1973
–
1988

Für die Tests der PAL-Booster der Ariane-4-Rakete wurde ein spezielles Schubgerüst am P4 montiert.

Hintergrund: Was ist ein Booster?

Booster sind zusätzliche, an der 1. Stufe des Trägersystems angebrachte Raketen, die ihm einen zusätzlichen Schub während des Starts verleihen. Bei der Ariane-Familie wurden sowohl Feststoffbooster („Propulseur d'Appoint à Poudre“, PAP) als auch Flüssigkeitsbooster („Propulseur d'Appoint à Liquide“, PAL) eingesetzt. Ariane 3 besaß Feststoffbooster mit jeweils 7,35 Tonnen Treibstoff. Ähnliche Feststoffbooster nutzte zum Beispiel auch die US-amerikanische Delta-2-Rakete. Bei der Ariane 4 wurden erstmals in der europäischen

Raumfahrt Flüssigkeitsbooster eingesetzt, wie sie seit Langem in russischen Sojus-Raketen verwendet wurden. Sie konnten bei Ariane 4 auch mit Feststoffboostern kombiniert werden, um die Leistung so genau wie möglich an das Gewicht der Nutzlast anzupassen.

Ein Flüssigkeitsbooster der Ariane 4 war 19 Meter hoch und besaß betankt eine Gesamtmasse von 43,7 Tonnen, darunter gut 39 Tonnen Treibstoff. Der Booster erzeugte einen Schub von 669 Kilonewton am Boden (bei einem Viking-6-Trieb-

werk) und hatte eine Brenndauer von 135 Sekunden. Für die Ariane 5 wurden komplett neue Feststoffbooster („Étage d'Accélération à Poudre“, EAP) entwickelt, die mit einer Länge von 31 Metern und einer Treibstoffmasse von 238 Tonnen schon fast in den Bereich der Space-Shuttle-Feststoffbooster SRB kamen. Sie besitzen einen maximalen Vakuumschub von 6.300 Kilonewton. Sind die Booster nach dem Start der Rakete ausgebrannt, werden sie in einer Flughöhe von 40 bis 60 Kilometern abgetrennt und fallen in den Atlantik.



Der Einbau eines PAL-Boosters in den Prüfstand war eine logistische Herausforderung. Im Prüfstand wurden die Booster an ihren Originalaufhängungen montiert.

Auftragsvolumen der Arianespace förmlich, fast monatlich fanden Starts statt. Schon bald erreichte sie einen Marktanteil von über 50 Prozent bei kommerziellen Satellitenstarts – damit war Ariane unangefochtener Weltmarktführer. Hinzu kam ein tragisches Ereignis: Am 28. Januar 1986 war die US-amerikanische Raumfähre Challenger nur 73 Sekunden nach dem Start explodiert; sieben Astronauten starben. Das Unglück beendete die kommerzielle Nutzung des US-amerikanischen Shuttle-Programmes. Gleichzeitig stieg der Bedarf an Satellitentransporten weiter rasant an – für Arianespace begann nun die bis dahin erfolgreichste Zeit.

Der Raumgleiter „Sänger“

Neben dem Ariane-Programm beschäftigten sich deutsche Forscher auch mit alternativen Antriebssystemen. Im „Nationalen Hyperschallprogramm“ sollte unter anderem ein zweistufiger wiederverwendbarer Raumgleiter namens Sänger entwickelt werden. MBB griff damit eine Vision des Standortgründers Eugen Sänger

auf, der bereits in den 1930er-Jahren einen wiederverwendbaren Raumgleiter geplant hatte. Um die Treibstoffmengen reduzieren zu können, sollte für den Antrieb der 1. Stufe der in der Atmosphäre vorhandene Luftsauerstoff als Oxidator verwendet werden. Aus diesem Grund sollten die Gleiter mit einem kombinier-

ten Turbojet-/Staustrahltriebwerk ausgestattet werden. Solche kombinierten Triebwerke ermöglichen ein Starten und Landen wie bei einem Flugzeug, wodurch die Gleiter wiederverwendbar werden.

Zwischen 1987 und 1995 führten die Wissenschaftler in Lampoldshausen Untersuchungen zur Unter- und Überschallverbrennung durch. Der Prüfstand M11 wurde zu diesem Zweck mit am Institut entwickelten Lufterhitzern ausgestattet, die die in die Brennkammer einströmende heiße Luft simulierten. Nach dem Ende der Arbeiten im Rahmen des Nationalen Hyperschallprogramms wurde gemeinsam mit der französischen Raumfahrtorganisation „Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales“ (ONERA) die Entwicklung weiter vorangeführt. Dabei lagen die Schwerpunkte auf dem Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff sowie auf der Nutzung von Festbrennstoffen in Staustrahltriebwerken.



Mit der Arbeit am Raumgleiter Sänger wurde ein Konzept des Standortgründers Eugen Sänger wieder aufgegriffen. Die Arbeiten wurden jedoch 2002 endgültig eingestellt, der Raumgleiter wurde nie gebaut.



Ariane 4 wurde mit einer Erfolgsquote von 97 Prozent zum zuverlässigsten Trägersystem weltweit. Mit ihr übernahm Arianespace die Weltmarktführerschaft bei der Vermarktung kommerzieller Satellitenstarts.

1973
–
1988

Euphorie in Europa

Im Frühjahr 1989 erteilte Arianespace den Auftrag für den Bau von 50 Raketen – es war der bis dahin größte Auftrag in der Geschichte der europäischen Raumfahrt. Nach den Fehlschlägen von ELDO war mit Ariane tatsächlich der große Wurf gelungen. Ariane 4 war bis 2003 im Einsatz, bei nur drei Fehlstarts sollte sie eine Zuverlässigkeit von mehr als 97 Prozent erreichen. Mit dieser Erfolgsquote wurde Ariane 4 zum Weltmarktführer für den Transport für kommerzielle Satelliten mit einem Marktanteil von mehr als 50 Prozent.

Mitte der 1990er-Jahre war die Euphorie in der Satellitentechnik groß – Telekommunikations- und Navigationssysteme begannen, die Welt zu erobern, der Markt schien unbegrenzt. Für die Übertragung der Daten wurden immer mehr Satelliten gebraucht. Diese wurden immer größer und schwerer. Es war also absehbar, dass auch Ariane 4 bald an ihre Kapazitätsgrenzen kommen würde. Die ESA reagierte rechtzeitig und entwickelte bereits seit Ende der 1980er-Jahre eine völlig neue, noch stärkere Trägerrakete – Ariane 5.



1988–2009

1988 Am 1. Januar beginnen die Arbeiten am Ariane-5-Programm.

1989 Am 24. April wird die „Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten“ (DARA) gegründet.

Die DFVLR wird in „Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt“ (DLR) umbenannt.

Im September wird in Lampoldshausen der Brennkammerprüfstand P3.2 eingeweiht.

1990 Nach zweijähriger Bauzeit wird der Prüfstand P5 für die Tests des Vulcain-Triebwerkes der Ariane-5-Rakete fertiggestellt.

1995 Einweihung des Forschungs- und Technologieprüfstandes P8, der von der europäischen Partnergemeinschaft mit genutzt wird.

1997 Im Oktober werden DARA und DLR im „Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt“ (DLR) vereinigt.

1998 Am 21. Oktober fliegt Ariane 5 erstmals erfolgreich in den Weltraum.

2002 Der Standort Lampoldshausen erhält mit dem „Institut für Raumfahrtantriebe“ wieder ein eigenständiges Institut. Die Leitung übernimmt Prof. Dr. Wolfgang Koschel.

2005 Am 12. Februar gelingt erstmals ein Start der Ariane-5-Rakete mit einem Vulcain-2-Triebwerk.

Am 20. Mai wird am P4.1 erstmals das neue Oberstufentriebwerk „Vinci“ gezündet.

2008 Am 9. März wird das „Automated Transfer Vehicle“ (ATV) der ESA von einer Ariane-5ES-Rakete in den Weltraum transportiert.

Im Herbst beschließt die ESA-Ministerratskonferenz die Fortsetzung des Vinci-Programmes. Vinci soll 2016 flugfähig sein.

2009 Am 1. April übernimmt Prof. Dr. Stefan Schleichriem die Leitung des Instituts für Raumfahrtantriebe.

Vulcain, Aestus und Vinci

DLR Lampoldshausen auf dem Weg ins neue Jahrtausend

1996 erfolgte der Erststart einer Ariane-5-Rakete. Das Programm wurde bereits 1987 beschlossen. Ariane 5 sollte mit hoher Zuverlässigkeit und möglichst geringen Kosten unterschiedlichste Lasten ins All befördern und damit die Marktposition der europäischen Raumfahrt stärken. Der DLR-Standort Lampoldshausen war an der Entwicklung der Ariane-5-Rakete maßgeblich beteiligt. Das Gelände wurde angesichts der Anforderungen der neuen Triebwerkstests erweitert und umgebaut. So errichteten die Lampoldshausener Ingenieure und Techniker den Großprüfstand P5 und rüsteten die Prüfstände P4.1 und P4.2 um. Die modernen Triebwerksprüfstände liefern zuverlässig Testdaten zu den Oberstufentriebwerken der Ariane 5. Mit dem Programm Lampoldshausen 2000+ richtete der Standort zudem seit Ende der 1980er-Jahre Forschung und Anwendung eng auf die Anforderungen zukünftiger europäischer Raumfahrtprogramme aus. So werden am neu errichteten Forschungsprüfstand P8 unter anderem Untersuchungen zur Hochdruckverbrennung durchgeführt. Der Standort Lampoldshausen bleibt auch in Zukunft unverzichtbar für die europäische Raumfahrt.

Ariane 5 – Entwicklung einer Großrakete

Mit Ariane 5 wollte die ESA auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig bleiben. Die Planungen für die Rakete begannen bereits in den 1980er-Jahren.

Während das Ariane-4-Programm sehr erfolgreich lief, startete am 4. Juni 1996 von Kourou aus bereits die neue europäische Trägerrakete Ariane 5. Doch diese erste Mission stand unter keinem guten Stern: Obwohl es als Testflug gedacht war, transportierte die Rakete bereits reguläre Nutzlasten – und der Start schlug fehl.

Vorgeschichte: Europäische Großprojekte

Die Entscheidung für das Ariane-5-Programm war in Europa nicht unumstritten. Mitte der 1980er-Jahre plante die ESA neben der Entwicklung einer neuen Trägerrakete noch zwei weitere Großprojekte: die Entwicklung und den Bau des Raumgleiters „Hermes“ sowie der eigenständigen ESA-Raumstation „Columbus“. Am 28. Juni 1984 beschloss die ESA die Vorbereitungsprogramme von Columbus und Ariane 5.

Für das Ariane-5-Programm gab es „gewichtige“ Gründe. Die Nutzlasten der Raketen – also die Satelliten, die im All ausgesetzt werden sollten – wurden immer schwerer. Gleichzeitig drängte Konkurrenz aus China, Russland und Indien auf den Weltmarkt. Die USA planten zudem, bei ihren Space Shuttles die mit flüssigem Sauerstoff und Wasserstoff betriebene Centaur-Raketenstufe einzusetzen und wollten damit einen Start mit bis zu drei Satelliten ermöglichen. Arianespace drohte, ihren Kostenvorsprung und damit ihre Marktführerschaft zu verlieren. Eine Kostensenkung bei gleichzeitiger Leistungssteigerung war also unumgänglich.

Der drohenden Konkurrenz wollte die ESA so früh wie möglich begegnen. Schon vor dem Erstflug der Ariane 4 hatte die Marktforschung ergeben, dass die Satelliten immer schwerer werden würden. Die ESA gab daher die Entwicklung eines völlig neuen Trägersystems in Auftrag, das in der Lage sein sollte, weiterhin zwei Satelliten ins All zu bringen, aber auch Transportaufgaben für die damals geplante US-Raumstation „Freedom“ zu übernehmen – und das rund 10 Prozent preiswerter als Ariane 4.

Die Bundesrepublik Deutschland plante eine Beteiligung an den neuen ESA-Projekten, befand sich dabei jedoch in einer Zwickmühle: Auf der einen Seite wollte sie weiter an europäischen Großprojekten mitarbeiten, andererseits plante sie auch eine Beteiligung an der geplanten bemannten US-Raumstation Freedom. Auch der Raumgleiter Hermes war weiter im Gespräch. Eine langwierige öffentliche Debatte begann. Frankreich favorisierte Hermes und erwartete von Deutschland die Unterstützung des Programmes. Durch die steigenden Sicherheitsanforderungen wurde der Raumgleiter jedoch schwerer als ursprünglich geplant und die ESA stoppte seine Entwicklung schließlich. Die ursprünglich geplante eigenständige ESA-Raumstation Columbus wurde im Rahmen des Freedom-Projektes zu einem Weltraumlabor als Anbauelement umgewidmet. Als sich schließlich 1993 auch Russland an dem Projekt beteiligte, wurde Freedom zur heutigen ISS weiterentwickelt.

Ariane 5 war von diesen Diskussionen nicht betroffen. Mitte Januar 1985 beschloss das Bundeskabinett die Beteiligung an diesem europäischen Raumfahrtprogramm sowie dem Anbauelement Columbus. 1987 gab die ESA-Ministerratskonferenz in Den Haag schließlich endgültig den Auftrag für die



Mit Ariane 5 betrat die ESA technologisches Neuland. Die Hauptstufe der Firma EADS Astrium Space Transportation wird vom kryogenen Vulcain-Triebwerk der französischen Firma „Société Nationale d'Études et de Constructions de Moteurs d'Aviation“ (Snecma) angetrieben, das flüssigen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff als Treibstoffe nutzt. Insgesamt besitzt die Hauptstufe bei einer Höhe von über 30 Metern eine Startmasse von 170 Tonnen. Beim Start entwickelt Vulcain einen Schub von 815 Kilonewton. Da das allein nicht reicht, wird die Hauptstufe von zwei Feststoffboostern unterstützt, die ebenfalls über 30 Meter hoch sind und einen Durchmesser von knapp drei Metern besitzen. Sie entwickeln einen durchschnittlichen Schub von je 5.250 Kilonewton.



Ariane-5-Rakete am Startplatz in Kourou. Die neue Trägerrakete löste die Ariane-Raketen 1 bis 4 ab.

Im Verlauf ihrer bisherigen 13 Einsatzjahre wurde die Ariane 5 ständig verbessert. So erhielten die Feststoffbooster mehr Treibstoff und das Vulcain wurde zum Vulcain-2-Triebwerk weiterentwickelt. Auch die Oberstufe mit dem hypergolen Aestus-Triebwerk wurde entsprechend verbessert und erhielt ebenfalls mehr Treibstoff. Darüber hinaus wurde Aestus für Wiederzündungen qualifiziert. In der Version ECA kommt heute das kryogene Triebwerk HM-7B aus der Ariane 4 in einer neuen Ober-

stufe zum Einsatz. Während Aestus bei einer Brenndauer von 1.100 Sekunden einen Vakuumschub von 27,7 Kilonewton entwickelt, liegen diese Werte für HM-7B bei 970 Sekunden und 65 Kilonewton.

Ariane 5 wurde in ihren bislang fünf Versionen für die unterschiedlichsten Missionen eingesetzt. Neben Einzelstarts, etwa zum Transport schwerer Wissenschaftsatelliten in die erdnahe

Umlaufbahn oder von Raumsonden, werden hauptsächlich Doppelstarts mit zwei kommerziellen Satelliten in den geostationären Transferorbit durchgeführt. Darüber hinaus bringt Ariane 5 heute auch den Versorgungstransporter ATV zur Internationalen Raumstation ISS.

Insgesamt ist die Ariane 5 bis zu 56 Meter hoch und wiegt bei einem Doppelstart rund 730 Tonnen.

Entwicklung der Ariane 5. Die Bundesrepublik beteiligte sich mit rund 22 Prozent an den Kosten. Am 1. Januar 1988 wurde offiziell mit den Arbeiten begonnen.

In der Debatte um das Langzeitprogramm der ESA war allerdings deutlich geworden, dass die deutsche Raumfahrt neu organisiert werden musste, wollte sie auch in Zukunft eine wichtige Rolle in der europäischen Weltraumforschung und -entwicklung spielen. Das Raumfahrtbudget der Bundesrepublik hatte sich in den 1980er-Jahren zwar verdoppelt, doch der dezentral organisierten DFVLR fehlten die notwendigen Strukturen wie etwa ein strategischer Planungsstab für die Steuerung der Raumfahrtprogramme. Sie konnte die Rolle einer nationalen Raumfahrtagentur eigentlich kaum ausfüllen und verlor dadurch in der europäischen Raumfahrt an Einfluss. Anders Frankreich: Die zentralistisch organisierte französische Raumfahrtbehörde CNES vertrat die französischen Interessen effektiver und steigerte auf diese Weise ihren Einfluss bei der ESA. Die deutsche Lösung sollte nach Ansicht der Politik eine öffentlich-rechtliche Agentur nach dem Vorbild der NASA sein. Am 24. April 1989 wurde daher die Gründung der „Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten“ (DARA) beschlossen, die am 17. Juli ihre Arbeit aufnahm. Sie übernahm die



Einbau eines Vulcain-Triebwerkes am Prüfstand. Der Testbetrieb war auch für die Analyse nach Fehlstarts wichtig.

Ariane 5 benötigt zwei Feststoffbooster. Diese zusätzlichen Raketen liefern beim Abheben der Rakete 90 Prozent des Schubes.

Management- und Projektträgeraufgaben der DFVLR, die gleichzeitig in „Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt“ (DLR) umbenannt wurde. Aus dem DFVLR-Standort Lampoldshausen wurde somit der DLR-Standort Lampoldshausen.

Triebwerke für Ariane 5

Währenddessen wurde die Entwicklung der Ariane 5 mit Hochdruck vorangetrieben. Vor allem bei dem Hauptstufentriebwerk betraten die Ingenieure Neuland: Ariane 1 bis 4 war mit verschiedenen Viking-Varianten geflogen, Ariane 5 benötigte aber ein neuartiges Triebwerk, da der nötige Schub beziehungsweise spezifische Impuls mit den verwendeten Treibstoffen nicht erreicht werden konnte. Die Ingenieure setzten deshalb in der Hauptstufe auf ein kryogen betriebenes Triebwerk, das flüssigen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff als Treibstoffe nutzen sollte.

Bereits seit den 1960er-Jahren wurde in Frankreich an der Entwicklung kryogener Triebwerke gearbeitet und unterschiedliche Prototypen waren entwickelt und getestet worden. Der Vorläufer des neuen Ariane-5-Triebwerkes lief unter dem Namen HM 60. Für die Hauptstufe der Ariane 5 („Étage Principal Cryotechnique“, EPC) wurde diese Entwicklung ab

1988 fortgeführt. Hauptverantwortlich für die Triebwerksentwicklung war die französische Firma „Société Européenne de Propulsion“ (SEP). Das Ergebnis der langjährigen Arbeit war das Vulcain-Triebwerk.

Vulcain allein konnte Ariane 5 jedoch nicht ins Weltall tragen. Zwei neu entwickelte Feststoffbooster, die nach einer Brennzeit von knapp zweieinhalb Minuten abgetrennt werden, wurden seitlich an der Rakete angebracht. Insgesamt waren die Booster über 31 Meter hoch und besaßen eine Startmasse von je 268 Tonnen.

Eine 2. und 3. Stufe wie die bisherige Ariane-Familie besaß die neue Träger-



rakete nicht. Stattdessen folgte der Hauptstufe eine Oberstufe („Étage à Propergols Stockables“, EPS), die vom Oberstufentriebwerk Aestus („Ariane Engine for Storage Upper Stages“) angetrieben wurde. Das besondere an diesem Triebwerk war seine Wiederezündbarkeit und es nutzte die lagerfähigen und selbstzündenden Treibstoffe Monomethylhydrazin und Distickstofftetroxid.

Vulcain ist das Triebwerk der Hauptstufe der Ariane-5-Rakete. Seine Entwicklung geht auf Versuche französischer Ingenieure in den 1950er- und 1960er-Jahren zurück. Die konkrete Triebwerksentwicklung begann 1988. 1996 startete erstmals eine Ariane-5-Rakete mit einem Vulcain-Triebwerk.

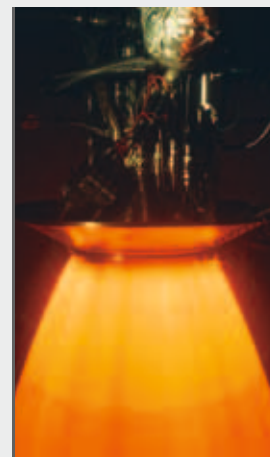
Das Vulcain-Triebwerk ist 3 Meter hoch und hat am Düsenaustritt einen Durchmesser von 1,76 Metern. An den Seiten befinden sich zwei Turbopumpen, die pro Sekunde 258 Kilogramm Treibstoff in die Brennkammer drücken. Das Triebwerk entwickelt einen Schub von 815 Kilonewton am Boden. Vulcain nutzt ein Gemisch von flüssigem Sauerstoff (minus 183 Grad Celsius) und flüssigem Wasserstoff (minus 253 Grad Celsius), das in einem Massenverhältnis von 5,9 zu 1 in die Brennkammer gespritzt wird. Das Triebwerk ist so aufgebaut, dass der Wasserstoff zuerst als Kühlmittel durch die doppelwandige Brennkammerwand fließt, bevor er teilweise in die Brennkammer eingeleitet wird, während der Sauerstoff direkt eingespritzt wird.

Das verbesserte Vulcain-2-Triebwerk ist 3,45 Meter hoch und besitzt einen Durchmesser von 2,10 Metern. Vulcain 2 wurde mit dem Ziel entwickelt, die Nutzlastkapazität der Ariane 5 zu erhöhen und entwickelt bei einem Treibstoffdurchsatz von 316 Kilogramm pro Sekunde einen Bodenschub von 960 Kilonewton. Das Triebwerk nutzt die gleiche Treibstoffkombination wie sein Vorgänger, allerdings in einem Massenverhältnis von 6,1 zu 1.



Am P5 begannen 1990 die Tests des Vulcain-Triebwerkes, die später mit dem Vulcain-2-Triebwerk fortgeführt wurden

Das neue Triebwerk für die Oberstufe der Ariane 5, Aestus (Ariane Engine for Storage Upper Stages), wurde zwischen 1988 und 1995 von MBB bzw. DASA entwickelt und kam am 30. Oktober 1997 erstmals zum Einsatz. Aestus ist 2,20 Meter lang, 1,23 Meter im Durchmesser und wiegt 111 Kilogramm. Im Vakuum entwickelt es einen Schub von 27,7 Kilonewton. Es ist wiederzündbar und nutzt als Treibstoffe Monomethylhydrazin (MMH) und Distickstofftetroxid (N_2O_4).



Das Aestus-Triebwerk wurde ab 1992 unter Höhenbedingungen am P4.2 getestet.

Lampoldshausen im kryogenen Zeitalter

Das Vulcain-Triebwerk der Ariane 5 musste intensiv getestet werden. Wie schon bei Ariane 1 bis 4 sollte die DLR in Lampoldshausen für den französischen Triebwerkshersteller SEP diese Tests vorbereiten und durchführen. Auf die Mitarbeiter am Standort – Ingenieure, Techniker und Handwerker – kam viel Arbeit zu, denn die kryogene Technologie der Ariane 5 unterschied sich grundlegend von den Motoren der Vorgängerfamilie. Die vorhandenen Prüfstände mussten daher in kurzer Zeit umgerüstet und eine neue Testanlage gebaut werden. Auch die Infrastruktur zur Lagerung und zum Transport der Treibstoffe musste völlig neu organisiert werden.

Für das EPS-Oberstufentriebwerk Aestus führte die „Deutsche Aerospace Aktiengesellschaft“ (DASA), die MBB-ERNO 1989 übernommen hatte, Entwicklungsversuche unter Bodenbedingungen am P2 durch. Für die späteren Tests unter Höhenbedingungen rüstete das DLR-Institut für Chemische Antriebe und Verfahrenstechnik zunächst den P4.2 um und konnte somit 1992 den ersten Triebwerksversuch im Vakuum durchführen.

Etwa zur gleichen Zeit wurden auch Überlegungen zur Zukunft des Prüfstandes P3 angestellt. Ursprünglich in den 1960er-Jahren für Triebwerkstests im Rahmen des ELDO-Programmes erbaut, lag der Prüfstand seit dem Scheitern der Europa-Rakete

Für die Tests des Vulcain-Triebwerkes wurde zwischen 1988 und 1990 der Prüfstand P5 errichtet.



1973 still. Nun rückte er wieder ins Blickfeld: Für rund 70 Millionen D-Mark wurde durch DASA eine zweite Testposition P3.2 angebaut, an der die Brennkammer des Vulcain-Triebwerkes getestet werden sollte. Am 15. Dezember 1988 wurde dort der erste Versuch mit einer Brennkammer des Vulcain-Triebwerkes durchgeführt und im September 1989 wurde der Prüfstand P3.2 offiziell eingeweiht.

Für die Tests des kompletten Vulcain-Triebwerkes wurde eine neue Testposition errichtet. Da die Technologie recht neu war, musste das Triebwerk sehr intensiv getestet werden und ein Standort allein konnte dies nicht leisten. Um das Entwicklungsprogramm im vorgesehenen engen Zeitraum durchführen zu können, wurden im französischen Vernon und in Lampoldshausen im Rahmen eines gemeinsamen Auftrags von CNES an SEP und DLR zwei baugleiche Großprüfstände errichtet.

1990 wurde der Prüfstand P5, damals der einzige Großprüfstand für kryogen betriebene Triebwerke in Lampoldshausen, nach zweijähriger Bauzeit fertiggestellt. Der 65 Meter hohe Betonbau ermöglicht bis heute das senkrechte Testen des Triebwerkes, wie beim realen Raketenstart mit dem Abgasstrahl nach unten. Mit seinen großen Treibstofftanks können die Triebwerke bei vollem Schub rund 15 Minuten getestet werden – und damit 50 Prozent länger, als beim Flug nötig. Zur Auswertung werden die Daten per Datenleitung an den Triebwerkshersteller SEP transferiert. Knapp 170 Millionen D-Mark kostete der Bau des Lampoldshausener Prüfstandes samt der notwendigen Infrastruktur.

Für den Betrieb des Prüfstandes mussten auch die Infrastruktur und die Sicherheitseinrichtungen angepasst werden. Zur Lagerung und Versorgung mit kryogenen

Treibstoffen wurde eine Abtankstelle für die Tankfahrzeuge mit dem flüssigen Wasserstoff errichtet, die von einem Steuergelände aus überwacht wird. Vor den Tests wird der Wasserstoff durch eine 350 Meter lange vakuumisolierte Transferleitung zum Prüfstand P5 befördert. Ähnlich aufgebaut ist ein Flüssigsauerstoff-tanklager. Der zum Transfer notwendige Druck wird durch eine geregelte Verdampfung von flüssigem Sauerstoff in einem angeschlossenen Wärmetauscher erzeugt. Im Zuge dieser umfangreichen Umbaumaßnahmen wurden auf dem

Mit großem logistischen Aufwand wurde der riesige Tank für den flüssigen Wasserstoff durch Lampoldshausen zum Standort transportiert.





Gelände Gaswarnsysteme und eine umfassende Brand- und Gefahrenmeldeanlage eingerichtet sowie Überwachungskameras und Funkanlagen installiert. Mit einer neuen zentralen Leittechnik ausgerüstet, überwacht die Sicherheitszentrale alle Anlagen. Ein Störfallbeauftragter ist zuständig für die Einhaltung der Notfall- und Katastrophenschutzpläne. Die Maßnahmen waren nicht zuletzt notwendig, um die Betriebsgenehmigung im Rahmen der Störfallverordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu erhalten.

Schon vor der Einweihung des P5 am 27. November 1990 wurde im Oktober des gleichen Jahres erstmals ein Vulcain-Triebwerk auf dem Prüfstand P5 getestet. In den nächsten Jahren folgten zahlreiche Testreihen zur Entwicklung und Qualifizierung des Triebwerkes. 1992 etwa fanden in Lampoldshausen insgesamt 22 Entwicklungsversuche mit Vulcain mit einer Gesamtversuchszeit von mehr als 4.500 Sekunden statt. 1996 wurden die Entwicklungstests beendet und es folgten die Flugqualifikationstests der Vulcain-Triebwerke. Allein bis August 1998 wurden am P5 147 Tests absolviert.

Bild links:
Unter großen Sicherheitsmaßnahmen wird der flüssige Sauerstoff an den Standort geliefert.

Bild rechts:
Für die Tests des kryogenen Vulcain-Triebwerkes wurde ein aufwändiges Lager für flüssigen Wasserstoff gebaut.

Standort: Der Großprüfstand P5



Der Prüfstand P5 ist 65 Meter hoch und damit das höchste Gebäude am Standort Lampoldshausen. Ein baugleicher „Zwilling“ befindet sich im französischen Vernon.

Der zwischen 1988 und 1990 erbaute Prüfstand P5 für die Tests des Ariane-5-Triebwerkes Vulcain ist mit einer Höhe von 65 Metern das höchste Gebäude am Standort. Die Bauweise ermöglicht ein Testen des Triebwerkes unter realen Bedingungen: Im oberen Teil des Prüfstandes befindet sich – auf der gleichen Höhe über dem Triebwerk wie in der Trägerrakete – ein Tank mit 200 Kubikmeter flüssigem Sauerstoff. Der 600 Kubikmeter fassende Wasserstofftank steht direkt neben dem Prüfstandsgelände. Wasserstoff und Sauerstoff werden bei minus 253 bzw. minus 183 Grad Celsius flüssig gelagert. Beide Treibstofftanks sind aus Sicherheitsgründen durch zwei Meter dicke Trennmauern von der Testzelle abgetrennt. Für den Test werden die flüssigen Treibstoffe über vakuumisolierte Treibstoffleitungen zu den Turbopumpen des Triebwerkes gefördert.

Das Mess- und Steuersystem des Prüfstandes befindet sich im benachbarten Gebäude M8. Das Rechnersystem in der Leitzentrale ermöglicht die Erfassung von 700 Messwerten und steuert bis zu 500 Befehle mit 3.000 Rückmeldungen. Im französischen Vernon existiert mit PF50 ein baugleicher Prüfstand, der ebenfalls für die Tests des Vulcain-Triebwerkes errichtet wurde.



Test eines Vulcain-Triebwerkes am P5. Bis August 1998 wurden 147 Tests durchgeführt.

Der Standort vor dem Aus?

Trotz aller Fortschritte geriet die europäische Raumfahrt und mit ihr der Standort Mitte der 1990er-Jahre aufgrund der weltweiten Wirtschaftskrise in Schwierigkeiten. Bei den Langzeitprojekten der ESA – Hermes, Ariane 5 und Columbus – explodierten die Kosten, sodass die ESA 1992 das vorläufige Ende der europäischen bemannten Raumfahrt beschloss. Damit war das Ende von Columbus als eigenständige europäische Raumstation sowie Hermes erst einmal besiegelt. Allein Ariane 5 wurde weitergeführt – für Lampoldshausen zunächst eine gute Nachricht. Doch 1993 beschloss die Bundesregierung, die für 1994 vorgesehenen Mittel für die Raumfahrt einzufrieren. Grund war die weltweite Rezession, die auch vor dem wiedervereinigten Deutschland nicht Halt machte. Der Etat der DLR wurde um 15 Prozent gekürzt, ein massiver Personalabbau drohte.

In diesem Zusammenhang sollte das Forschungszentrum Lampoldshausen mit Fokus auf Forschung und Testbetrieb von Raumfahrtantrieben umstrukturiert werden. Alle nicht auf Raketenantriebe zielenden Forschungen sollten dagegen von Einrichtungen anderer DLR-Standorte übernommen werden. Für Lampoldshausen, das eigentlich den Ausbau der Forschung betreiben wollte, bedeutete dies eine mögliche Reduzierung der Mitarbeiterzahl um 50 Prozent. Wie nach dem Scheitern des ELDO-Programmes stand der Standort vor einer ungewissen Zukunft. Seitdem

Kontrollraum M8 für den Testbetrieb am Prüfstand P5.



Institutsleiter Professor Roger Lo, der die Forschung sehr gefördert hatte, Lampoldshausen 1988 verlassen hatte, war die Leitung des Instituts ohnehin nur noch kommissarisch besetzt worden. Das „Institut für Chemische Antriebe und Verfahrenstechnik“ konnte nicht mehr als eigenständige Organisationseinheit im DLR fortgeführt werden und wurde zum 1. Januar 1995 aufgelöst. Fortgeführt wurde die Arbeit von den beiden Hauptabteilungen „Versuchsanlagen“ unter der Leitung von Diplom-Ingenieur Günther Tofahn und „Raumfahrtantriebe“ unter der Leitung von Professor Dr. Wolfgang Koschel. Erst 2002 wurde mit dem „Institut für Raumfahrtantriebe“ wieder ein Institut am Standort eingerichtet. Die Leitung übernahm Professor Koschel.

Auch das Ende der erst wenige Jahre zuvor gegründeten Raumfahrtagentur DARA nahte. Das Konzept hatte sich nicht bewährt und 1997 fusionierten schließlich DLR und DARA auf Wunsch des damaligen Bundesforschungsministers Jürgen Rüttgers. Die DARA ging komplett in der DLR auf. Aus der „Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt“ (DLR) wurde im Oktober 1997 das „Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt“ (DLR).

Anlaufschwierigkeiten

Obwohl die Zukunft des Forschungsstandortes Lampoldshausen ungewiss war, ging der Prüfstandsbetrieb und damit die Entwicklung der Ariane-5-Rakete unvermindert weiter. 1996 war das Vulcain-Triebwerk der Ariane-5-Rakete nach zahlreichen Testreihen in Vernon und Lampoldshausen fertig qualifiziert und abgenom-

men. Mit großen Erwartungen sahen die Verantwortlichen dem ersten Start entgegen. Sie glaubten fest an einen Erfolg – obwohl der Flug nur ein Testflug war, war er bereits mit funktionstüchtigen Nutzlasten ausgestattet.

Doch der Erstflug der Ariane-5-Rakete mit einem Vulcain-Triebwerk scheiterte am 4. Juni 1996. Nach 37 Sekunden zerstörte sich die Rakete selbst und damit auch die vier transportierten Satelliten. Nach dem Unfall untersuchte eine Expertengruppe, an der auch Professor Koschel beteiligt war, die Ursachen. Das Ergebnis der Untersuchungskommission: Die von den früheren Ariane-Raketen übernommene Software konnte die schnellere Beschleunigung der neuen Rakete in ihren Berechnungen nicht berücksichtigen und lieferte daher falsche Daten. Der Fehlstart kostete etwa 500 Millionen US-Dollar und markierte damit einen der teuersten Softwarefehler der Geschichte. Auch der nächste Flug der Ariane 5 am 30. Oktober 1997 war nur ein Teilerfolg – die Nutzlasten wurden in einen zu niedrigen Orbit ausgesetzt. Erst am 21. Oktober 1998 gelang ein erfolgreicher Flug der neuen Ariane-5-Rakete. Ihm folgte eine Reihe weiterer erfolgreicher Starts. Da die Ariane 5 ihrer Vorgängerin Ariane 4 mittlerweile in Sachen Zuverlässigkeit inzwischen in nichts mehr nachzustehen schien, entschied die ESA 1999 endgültig, das Ariane-4-Programm einzustellen. Nach dem missglückten Erststart der Ariane 5 waren noch 20 Ariane-4-Raketen in Auftrag gegeben worden, sodass das Programm schließlich im Jahr 2003 endgültig auslief.

Das Ariane-5-Programm lief allerdings nach wie vor nicht ohne Probleme. Bei ihrem zehnten Start, dem Flug 510, am 12. Juli 2001, konnte die Rakete ihre Nutzlast aufgrund von Problemen mit dem Aestus-Triebwerk nicht im geplanten Orbit aussetzen. Zur Untersuchung dieser Triebwerksanomalie fand eine Testreihe am Höhensimulationsprüfstand P4.2 mit Aestus statt. Um originale Zündbedingungen zu simulieren, wurde ein Oberstufen-Simulationsaufbau, der das Versorgungssystem bis zum Triebwerk nachbildete, in der Höhenkammer am P4.2 integriert. Allerdings kam es beim ersten Test mit diesem Simulationsaufbau aufgrund einer Anomalie am Dampferzeugersystem zur Unterbrechung der geplanten Testreihe. Eine Ursachenkette hatte zur Zerstörung der Dampferzeuger geführt. Durch die aufgetretenen Schäden an der Prüfstandsanlage geriet der ehrgeizige Zeitplan ins Wanken. Mit Hochdruck musste an einer neuen Lösung gearbeitet werden: Die Ingenieure des DLR Lampoldshausen entwickelten einen Test-Modus, bei dem mit mechanischen Pumpen ein statisches Vakuum erzeugt wurde, sodass die Zündbedingungen des Triebwerkes dennoch simuliert werden konnten. So war es möglich, die wichtigen Tests zur Untersuchung der Anomalien im Aestus-Triebwerk nach einer kurzen Unterbrechung fortzusetzen. In vielen solcher Zündtests wurde die Nachqualifikation des Aestus-Triebwerkes durchgeführt.

Nach dem Ende der Untersuchungsreihe am P4.2 nahm Ariane 5 mit dem Start des europäischen Umweltsatelliten „Envisat“ am 1. März 2002 wieder ihren Dienst auf. Seit dieser Zeit werden sämtliche Aestus-Triebwerke, die später in einer Ariane 5 zum Einsatz kommen sollen, zur Flugabnahme am Höhensimulationsprüfstand P4.2 in Lampoldshausen getestet.



Am 21. Oktober 1998 fand der erste erfolgreiche Start einer Ariane 5 statt.



Auf dem Höhensimulationsprüfstand P4 werden heute die beiden Oberstufentriebwerke Aestus und Vinci getestet.

Ungeachtet dieser Anlaufschwierigkeiten im Ariane-5-Programm wurde bereits an weiteren Nutzlaststeigerungen gearbeitet. So hatte die ESA 1995 entschieden, das Vulcain-Triebwerk unter dem Namen Vulcain 2 weiterzuentwickeln. Es sollte in einer verstärkten Ariane-5-ECA-Rakete („Evolution Cryotechnique Type A“) zum Einsatz kommen. Doch statt ein weiterer erfolgreicher Schritt der europäischen Raumfahrt zu werden, stürzte Vulcain 2 die ESA in große Schwierigkeiten. Bei ihrem Erstflug am 11. Dezember 2002 geriet die Ariane 5 ECA nach dem Start außer Kontrolle und musste gesprengt werden. Ariane 5 drohte, den guten Ruf ihrer Vorgängerin zu verspielen.

Zur Klärung der Ursachen rief die ESA eilig eine internationale 10-köpfige Untersuchungskommission unter der Führung des DLR-Institutsleiters Professor Wolfgang Koschel ins Leben, die nach der Unglücksursache forschte. Nach wenigen Wochen stand das Ergebnis fest: In der Schubdüse hatten sich durch die zu hohe thermische Belastung der Kühlröhrchen Risse gebildet. Es kam zu einem Verlust von Kühlflüssigkeit, sodass die Kühlröhrchen schließlich vollständig durchbrannten. Zudem hatten sich axiale Beulen im oberen Düsenteil des Vulcain-2-Triebwerkes gebildet, dessen mechanische Steifigkeit für Vakuumbedingungen unzureichend ausgelegt war. Die Unter-

suchungskommission sprach Empfehlungen aus, wie diese Fehler in Zukunft vermieden werden könnten. Auf dieser Basis entwickelten Snecma und DLR ein sogenanntes „Load Simulation Device“ (LSD), mit dem unter Höhenbedingungen Lasten auf die Düse aufgebracht werden konnten. Die Tests mit einer verstärkten Düse als Prototyp wurden durch die Mitarbeiter des DLR in Lampoldshausen am Prüfstand P5 durchgeführt.

Der Absturz der Ariane 5 ECA markierte einen Tiefpunkt in der Geschichte der europäischen Trägersysteme. Die Betreibergesellschaft Arianespace musste 2003 von ihren Aktionären einen Zuschuss von fast einer Milliarde Euro fordern, um das Programm fortführen zu können. Ariane 5 befand sich in einer existenziellen Krise. Und die Hiobsbotschaften rissen nicht ab: 2003 kürzte die Bundesregierung die Mittel für die Raumfahrt um 42 Millionen Euro, gleichzeitig schien der bislang so wachstumssichere Markt für Satelliten gesättigt: 2003 sank die Zahl der neuen Satelliten auf unter zehn, einige Jahre zuvor waren es noch durchschnittlich 35 Satelliten jährlich. Ursache war ein wirtschaftlicher Einbruch in der Telekommunikationsbranche. Überkapazitäten bei allen Anbietern von Trägersystemen drückten auf die Preise und nun stärkten auch noch die technischen Schwierigkeiten der Ariane 5 die Konkurrenz.

Genau wie ihre Vorgängerin wurde auch die Ariane 5 stetig weiter verbessert. Sie kam bis heute in fünf verschiedenen Konfigurationen zum Einsatz, eine sechste Version ist in Planung.

Ariane 5 G

*Erstflug 4. Juni 1996,
letzter Flug 27. September 2003,
16 Flüge, 13 erfolgreich*

Diese Grundausführung der Ariane-5-Rakete nutzte das kryogene Vulcain-Triebwerk und in der Oberstufe das Aestus-Triebwerk. Ariane 5 G war die Basis für alle Folgeversionen der Ariane 5. Sie konnte 6,9 Tonnen Nutzlast in den GTO transportieren.

Ariane 5 G+

*Erstflug 2. März 2004,
letzter Flug 18. Dezember 2004,
3 Flüge, 3 erfolgreich*

Bei dieser Rakete war die Oberstufe (EPS L10) erstmals wiederzündbar, die Treibstoffmenge um 250 Kilogramm erhöht. In den Freiflugphasen zwischen den Zündungen rotierte sie um ihre Längsachse, um die Sonnenstrahlung gleichmäßig auf der ganzen Oberfläche zu verteilen. Dadurch wurden die Überhitzung der Stufe und der Nutzlast auf der Sonnenseite und die Unterkühlung auf der Schattenseite verhindert. Sie konnte eine Nutzlast von 7,1 Tonnen in den GTO transportieren.

Ariane 5 GS

*Erstflug 11. August 2005,
bis heute im Einsatz,
5 Flüge, 5 erfolgreich*

Durch den Fehlstart der ersten Ariane 5 ECA (siehe unten) musste das Vulcain-Triebwerk länger in der Ariane 5 verwendet werden als ursprünglich geplant. Da aber die Produktion der Vulcain-Hauptstufe bereits eingestellt war, kam das Vulcain-Triebwerk mit einem höheren Brennkammerdruck als bei Ariane 5G und 5G+ bereits mit der für Vulcain 2 vorgesehenen Hauptstufe zum Einsatz. Diese Rakete, die zusätzlich noch neue Feststoffbooster mit mehr Treibstoff erhielt, wurde Ariane 5 GS („S“ für Stern) genannt. Sie konnte eine Nutzlast von 6,6 Tonnen in den GTO bringen.

Ariane 5 ECA

*Erstflug 11. Dezember 2002,
bis heute im Einsatz, 20 Flüge,
19 erfolgreich*

Bei Ariane 5 ECA wurde erstmals das Vulcain-2-Triebwerk eingesetzt. Die Abkürzung ECA steht für „Evolution Cryotechnique Type A“. Die Ariane 5 ECA kann eine Nutzlast von fast zehn Tonnen in den GTO transportieren, weit mehr als ihre Vorgängerversionen. Sie erhielt eine komplett neue Oberstufe mit dem HM-7B-Triebwerk der Ariane 4. Es liefert einen höheren Schub als Aestus, ist aber nicht wiederzündbar. Nach dem Fehlstart 2002 wurde das Vulcain-2-Triebwerk mit einer verstärkten Düse ausgestattet.

Ariane 5 ES

Erstflug 9. März 2008, bis heute im Einsatz, 1 Flug, 1 erfolgreich

Diese Version dient zum Transport des Automated Transfer Vehicle (ATV) zur Internationalen Raumstation ISS. Sie

kann bis zu 21 Tonnen Nutzlast in den erdnahen Orbit transportieren. Die Hauptstufe nutzt ein Vulcain-2-Triebwerk, die Oberstufe wird angetrieben durch das Aestus-Triebwerk, das beim Flug dreimal gezündet werden kann.

Ariane 5 ECB

Die geplante Ariane 5 „Evolution Cryotechnique Type B“ (ECB) soll erneut mit einer neuen Oberstufe ausgestattet werden. Das geplante kryogene Triebwerk Vinci ist im Gegensatz zu HM-7B wiederzündbar und mit einem Schub von 180 Kilonewton wesentlich leistungsstärker. Dadurch soll die Nutzlast in den geostationären Transferorbit auf 12 Tonnen gesteigert werden. Auf der Ministerratskonferenz der ESA im November 2008 wurde beschlossen, die Ariane 5 ECB bis 2011 zu einer technischen Reife zu bringen, die es dann erlaubt, die endgültige Entscheidung zur vollständigen Entwicklung bis zum Erstflug 2016 zu treffen.



Ariane 5 ES mit ATV auf dem mobilen Starttisch in Kourou.

Zurück auf Erfolgskurs

Um das Ariane-5-Programm zu retten, bot Arianespace Flüge zu extrem günstigen Konditionen an. Statt mit dem Vulcain-2-Triebwerk wurde es zunächst mit dem zuverlässigen und bewährten Vulcain-Triebwerk weitergeführt. Aufträge mussten erfüllt und Vertrauen zurückgewonnen werden. Als im Herbst 2003 mit dem dritten erfolgreichen Start der Ariane-5-Rakete in Folge der Mini-Satellit „Smart 1“ der ESA auf seine Mondmission geschickt wurde, war die Wende endgültig eingeläutet. Auch finanziell entspannte sich die Situation zusehends. Die zuständigen euro-

päischen Minister sagten im gleichen Jahr mehr Geld für die europäische Raumfahrtforschung zu. Ariane 5 war gerettet.

Die umfangreichen Tests in Lampoldshausen führten schließlich auch bei Vulcain 2 zu guten Ergebnissen, sodass ein weiterer Start einer Ariane 5 ECA vorbereitet werden konnte. Am 12. Februar 2005 war es soweit, und diesmal war die Mission ein voller Erfolg. Die mitgeführten Satelliten, der spanische Kommunikationssatellit „XTAR-EUR“ und der Dummysatellit „Maqsat-B2“ konnten problemlos im Zielorbit ausgesetzt werden. Es war der erste gelungene Flug mit einem Vulcain-2-Triebwerk. Mit dem zweiten erfolgreichen Start – zugleich der erste rein kommerzielle Start der Ariane 5 in ihrer bis heute leistungsfähigsten Version – in der Nacht vom 17. November 2005 war das dreijährige Programm zur Neu-Qualifizierung abgeschlossen. 17 weitere erfolgreiche Flüge folgten.



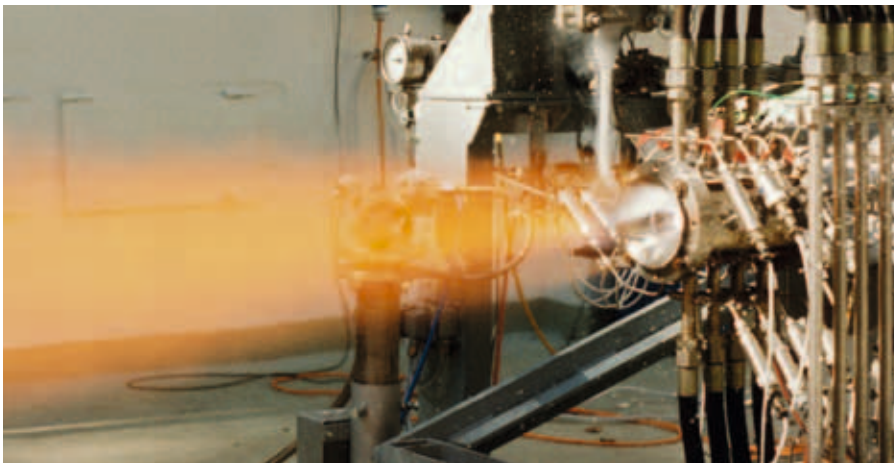
Test am P5. Nach umfangreichen Testreihen in Lampoldshausen startet im Februar 2005 eine Ariane-5-Rakete erfolgreich mit einem Vulcain-2-Triebwerk.

Heute ist Ariane 5 ein ebenso zuverlässiges Trägersystem wie ihre Vorgängerin. Seit dem Fehlstart im Dezember 2002 waren alle Flüge von Kourou aus erfolgreich. 2008 wurde die Trägerrakete erstmals auch für andere Aufgaben als den reinen Transport von Satelliten genutzt: Am 9. März 2008 startete eine mit Vulcain 2 und Aestus-Triebwerk angetriebene Ariane 5 ES mit dem Automated Transfer Vehicle (ATV) Jules Verne, einem unbemannten Weltraumfrachter, der die ISS mit Treibstoff, Sauerstoff, Kleidung für Astronauten und Experimenten versorgt. Die Flugqualifikation des Oberstufen-Triebwerkes Aestus war am Prüfstand P4.2 in Lampoldshausen durchgeführt worden. Mit einem Gewicht von rund 21 Tonnen, das in den erdnahen Orbit (LEO) in 350 bis 400 Kilometern Höhe transportiert wurde, war ATV die größte Nutzlast, die eine Ariane-5-Rakete bis dahin transportiert hatte. Am 3. April 2008 dockte der Raumtransporter erfolgreich an der ISS an und wurde Ende April 2008 erstmals dafür genutzt, die Umlaufbahn der Raumstation anzuheben. Bei einem Ausweichmanöver der ISS wurde das ATV zum Abbremsen der Station genutzt. Der Erfolg der ATV-Mission unterstrich einmal mehr die Bedeutung eines eigenständigen zuverlässigen Trägersystems für Europa. Für Ende 2010 ist ein weiterer Start eines ATV mit dem Namen „Johannes Kepler“ geplant.

Strategien für das 21. Jahrhundert – Lampoldshausen 2000+ und die europäische Raumfahrt

Seit den 1960er-Jahren ist der Standort Lampoldshausen fest in die europäische Raumfahrt integriert. Bereits in den Programmen ELDO, Ariane 1 bis 4 sowie einer Vielzahl kleinerer Projekte haben die Mitarbeiter umfangreiches Know-how gewonnen und die Forschung am Standort hat wichtige Ergebnisse etwa im Bereich der Energietechnik oder bei der Erforschung hochenergetischer Treibstoffe erzielt. Dabei gingen viele Forschungsarbeiten über den eigentlichen Testbetrieb oder die Triebwerksentwicklung hinaus. Daher entwickelte man in Lampoldshausen ein Zukunftskonzept, das Forschung und Testbetrieb enger miteinander verzahnte und auf ein gemeinsames Ziel lenkte.

Als die ESA mit Ariane 5, Hermes und Columbus drei große Projekte plante, wurde das Fehlen einer Langzeitstrategie für Lampoldshausen besonders deutlich. Seit Mitte der 1980er-Jahre wurde daher über ein Zukunftsprogramm diskutiert, um den Standort auf die anstehenden Großprojekte vorzubereiten und die Schwerpunkte in den nächsten Jahren festzulegen. Das Ergebnis der Diskussionen war das Programm Lampoldshausen 2000+. Neben dem Um- und Ausbau des Standortes für das Ariane-5-Programm sollte jetzt auch die Forschung stärker auf die Bedürfnisse der europäischen Raumfahrtprogramme ausgerichtet werden. Schwerpunkt sollte dabei die Arbeit mit kryogenen Treibstoffen und anderen innovativen Treibstoffkombinationen sein. Für diesen Zweck wurden ebenfalls neue Test- und Forschungsanlagen errichtet. Der Bau des Forschungs- und Technologieprüfstandes P8, der Umbau von P6 und die Verzahnung der Arbeit an diesen Prüfständen mit den Laborarbeiten am Technikum M3 waren wichtige Meilensteine dieses Konzeptes.



Im Modellmaßstab werden am P8 zum Beispiel wassergekühlte Brennkammern getestet.

Prüfstand P8: Forschungskompetenz am Standort

Im Rahmen von Lampoldshausen 2000+ war vor allem die Bedeutung von Untersuchungen zu kryogenen Treibstoffen sowie zur Hochdruckverbrennung in kryogenen Triebwerken festgelegt worden, denn diese Forschungsthemen bildeten im Rahmen des Ariane-5-Programmes einen Schwerpunkt der europäischen Raumfahrt. Mit dem Forschungs- und Technologieprüfstand P8 baute der Standort ab 1986 für die Tests dieser Zukunftstriebwerke die nötige Infrastruktur auf.



P8, der jüngste Prüfstand am Standort, ist ein von den europäischen Partnern gemeinsam genutzter Forschungs- und Technologieprüfstand.

Der Forschungs- und Technologieprüfstand wurde 1995 im Beisein des Ministerialrats im Bundesforschungsministerium Dr. Walter Döllinger eingeweiht. Er besteht aus zwei identischen Testzellen, um eine Verfügbarkeit von 100 Testtagen im Jahr zu garantieren. Am P8 werden Experimente zur Erforschung der chemischen und physikalischen Prozesse bei der Hochdruckverbrennung und beim Wärmeübergang in Raumfahrtantrieben durchgeführt. In den Diagnostikräumen neben den Testzellen befinden sich Geräte für lasergestützte optische Messverfahren sowie alle notwendigen Vorrichtungen zur Fernsteuerung der Instrumente und zur Datenerfassung.

Im benachbarten Gebäude D68 befindet sich der zentrale Computer für die Testvorbereitung, Versuchsdurchführung und Datenauswertung. An zwei weiteren Rechnern direkt am Prüfstand werden die Messdaten erfasst.

Neben dem DLR und den Industriepartnern sind auch deutsche Universitäten sowie das französische DLR-Pendant „Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales“ (ONERA) und mehrere Institute des „Centre National de la Recherche Scientifique“ (CNRS) beteiligt. Die Forschungsgemeinschaft betreibt experimentelle und theoretische Forschungen zur Hochdruckverbrennung, Strömung in Raketendüsen, Verbrennungsinstabilität in Brennkammern und zu neuartigen Berechnungsverfahren für Simulationen.

Errichtet wurde dieser europäische Forschungs- und Technologieprüfstand gemeinsam mit den europäischen Partnern CNES, DASA und SEP. Die beteiligten Organisationen vereinbarten 1992 eine weitergehende Kooperation, und als der auch mit französischen Fördergeldern erbaute Prüfstand 1995 eingeweiht wurde, initiierte man zugleich ein deutsch-französisches Forschungsprojekt im Bereich der Hochdruckverbrennung in Raketenantrieben. Der P8 entwickelte sich auf diese Weise schnell zu einem Zentrum europäischer Raumfahrtforschung.

Am P8 untersuchen die Wissenschaftler des DLR Lampoldshausen das Verhalten hochenergetischer Treibstoffe in sogenannten Subscale-Brennkammern, in denen für Raketentriebwerke repräsentative Bedingungen herrschen. Erforscht werden chemische, thermodynamische und Wärmetransportprozesse in Raumfahrtantrieben – mit einem Schwerpunkt bei der Untersuchung der Treibstoffeinspritzung und -zerstäubung, der Verbrennungsinstabilität sowie des Wärmeübergangs und der Vorhersage der Triebwerks-Lebensdauer. Die Ergebnisse sollen die Triebwerksentwickler dabei unterstützen, zuverlässigere, leistungsfähigere und kostengünstigere Systeme zu konstruieren. Dabei sollen insbesondere die hochkomplexen Verbrennungs- und Treibstofftransportvorgänge in der Brennkammer verbessert und die entsprechenden Technologien weiterentwickelt werden.

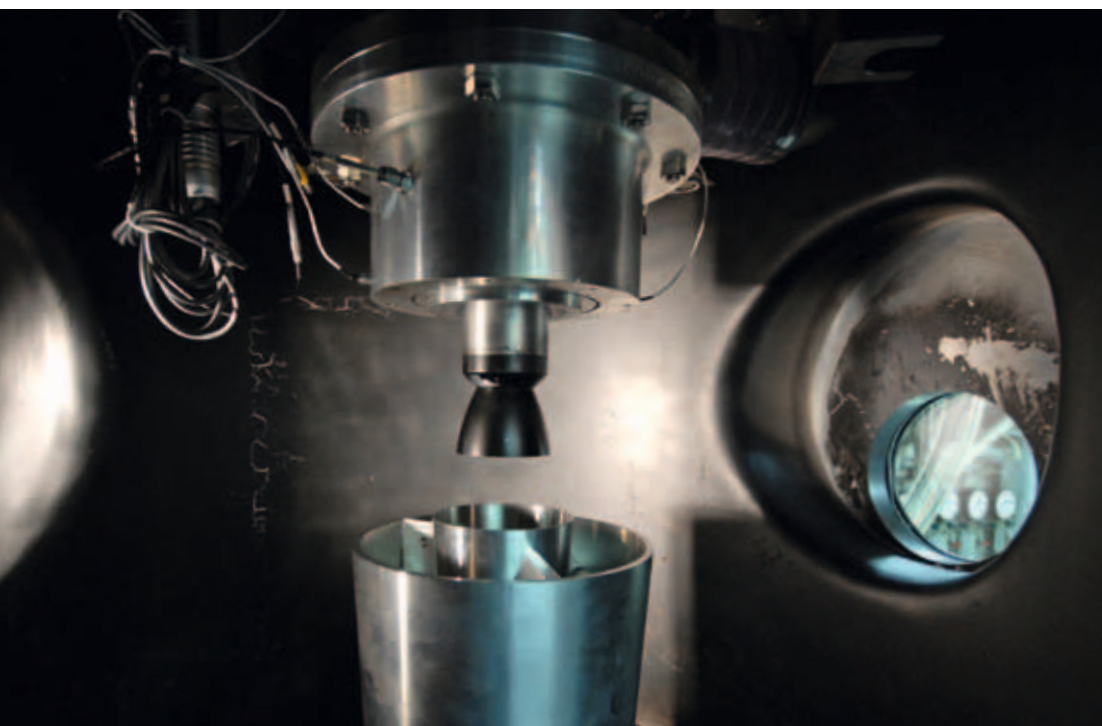
An den zwei Testzellen des P8 wird an unterschiedlichen Projekten gearbeitet: EADS Astrium erforscht hier zum Beispiel den besonders für Expanderzyklustriebwerke – wie das neue kryogene Oberstufentriebwerk Vinci – wichtigen Übergang der bei der Verbrennung entstehenden Wärme durch die Brennkammerwand in den durch die Kühlkanäle fließenden flüssigen Wasserstoff hinein. Ziel ist es, damit wichtige Details des Brennkammer- und Kühlkanaldesigns zu verbessern. Der französische Triebwerkshersteller Snecma entwickelt am P8 unter anderem neue Einspritzelemente (sogenannte Tricoax-Injektoren) für Gasgeneratoren und die Wissen-

schaftler des DLR untersuchen in eigens entwickelten Brennkammern mit optischen Messverfahren die Treibstoffzufuhr und ihre Aufbereitung. Die Ergebnisse sollen helfen, das Design zukünftiger Antriebssysteme zu verbessern. Schließlich hofft man, durch Untersuchungen zur Strömung und Verbrennung von Treibstoffen in der Brennkammer und zu den Schädigungen der Brennkammerwand durch die thermischen Belastungen, die Lebensdauer von Triebwerken besser vorhersagen zu können.

Auch die allerneueste Triebwerksgeneration wird am P8 erprobt: Im Rahmen des 2004 gestarteten „Future Launcher Preparatory Programme“ (FLPP) der ESA laufen dort seit 2008 Testkampagnen für ein neuartiges Triebwerk, das seine Leistung durch eine gestufte Verbrennung weiter steigern und ab 2025 das Vulcain-2-Triebwerk der Ariane 5 ersetzen soll. An dieser Entwicklung arbeiten DLR, EADS Astrium und Snecma in verschiedenen Projekten. Das Ziel: Mit einer gestuften Verbrennung soll der gesamte Treibstoff in der Brennkammer umgesetzt werden. Das Triebwerk wird dadurch im Vergleich zu Vulcain 2 deutlich effizienter. Die neue Triebwerkstechnologie kann derzeit europaweit nur am Prüfstand P8 in Lampoldshausen getestet werden.

Bis Ende 2010 soll am P8 darüber hinaus eine Höhensimulationsanlage fertiggestellt werden. Die Ingenieure und Wissenschaftler des DLR werden dort die Strömungen und thermischen Lasten, wie sie beim Aufstieg der Rakete herrschen, simulieren. Bislang gibt es noch keine Möglichkeit, die Veränderung der Druckverhältnisse beim Aufstieg einer Rakete zu simulieren. Triebwerke werden entweder unter Boden- oder im Vakuum unter Höhenbedingungen getestet – was während des Aufstieges passiert, wurde bislang noch nicht detailliert untersucht. Mit der neuen Höhensimulationsanlage am P8 soll diese Lücke geschlossen werden, um die Zuverlässigkeit des Trägersystems weiter zu erhöhen.

Auch der Forschungsprüfstand P6 erhielt im Rahmen von Lampoldshausen 2000+ neue Aufgaben. Mitte der 1990er-Jahre eigentlich stillgelegt – nicht zuletzt, weil er im Sicherheitsradius des benachbarten P5 liegt und die Arbeiten am P6 bei



Die Ingenieure untersuchen am P6.2 die Phänomene der Düsenumströmung im Modellmaßstab.

Mit dem „Technologie-Transfer-Zentrum“ (TTZ) will das DLR vor allem für regionale Unternehmen ein Forum geben, um Forschungsergebnisse in die Industrie zu transferieren. Denn viele Themen, die im Rahmen der Grundlagenforschung am DLR Lampoldshausen erforscht werden, sind auch für andere Wirtschaftszweige interessant. Durch einen effizienten Transfer von Wissen und technolo-

gischen Entwicklungen aus der Luft- und Raumfahrt in die industrielle Produktion kann aus der Forschung wirtschaftliches Wachstum entstehen. Für diesen Transfer sorgt das TTZ mit Seminaren, Kolloquien und Symposien. Darüber hinaus dient es als Plattform für Diplomanden und Doktoranden und zur Suche nach Nachwuchskräften. Das erste Technologie-Transfer-Forum fand am

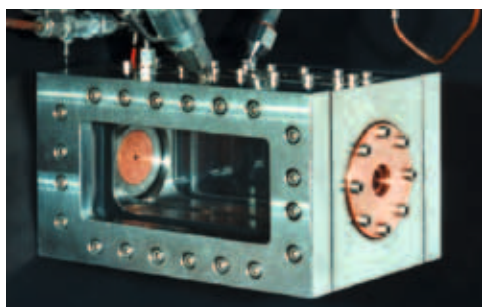
5. Oktober 1999 statt. Seitdem lädt das DLR Lampoldshausen jährlich zu einer Veranstaltung mit Präsentationen und Vorträgen ein. Dem TTZ gehören neben dem DLR Lampoldshausen und der Hochschule Heilbronn auch die Wirtschaftsförderung Raum Heilbronn, die Industrie- und Handelskammer Heilbronn-Franken, die Handwerkskammer Heilbronn-Franken und die Gemeinde Hardthausen als Vermittler an.



Die solar betriebene Wasserreinigungsanlage wurde 2008 mit dem „Energy Globe Award 2007“, einem bedeutenden Umweltpreis, ausgezeichnet.

Das Konzept führte bereits zu ersten Erfolgen. 2008 wurde das DLR-Projekt zur solaren Wasserreinigung in Brüssel mit dem „Energy Globe Award 2007“, einem weltweit bedeutenden Umweltpreis ausgezeichnet. Das DLR erhielt den Preis – gemeinsam mit den beteiligten Unternehmen – für die Entwicklung eines Solarreceivers, der die Praxistauglichkeit von solar betriebenen Wasserreinigungsanlagen verbessern wird. Das Projekt wurde finanziert vom DLR Technologie-transfer-Fonds, vom DLR-Standort Lampoldshausen sowie den Firmen KACO Gerätetechnik GmbH und Hirschmann Laborgeräte GmbH & Co. KG sowie der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

jedem Test am P5 unterbrochen werden mussten – schließt er nun eine wichtige Lücke zwischen dem Technikum M3, in dem seit seiner Errichtung in den 1990er-Jahren Grundlagenuntersuchungen zur kryogenen Sprayverbrennung stattfinden und Verfahren zur Strömungs- und Verbrennungsdagnostik entwickelt werden, sowie dem Prüfstand P8. Was am M3 unter Laborbedingungen und am P8 unter repräsentativen, nahezu realen Bedingungen erprobt wird, sollte am P6 im Modell getestet werden.



Mit Hilfe einer mit Fenstern ausgestatteten Mikrobrennkammer beobachten die Wissenschaftler am M3 die Prozesse der Treibstoffeinspritzung und Zündung.

Am Kaltgasprüfstand P6.2 entwickeln und erproben die Ingenieure des DLR in Versuchen ohne Verbrennung und im Modellmaßstab die für das Institut so wichtige Technologie der Höhenanlagen.

Am P6.1 führten Wissenschaftler des DLR ab Ende der 1990er-Jahre im Rahmen zahlreicher Forschungsvorhaben umfangreiche Untersuchungen zur Strömungsablösung in Raketendüsen durch. Eine möglichst genaue Kenntnis dieses Vorgangs trägt maßgeblich zu sicheren, leichteren und leistungsstärkeren Raketentriebwerken bei. 2005 wurde die Testzelle P6.1 komplett umgebaut. Seitdem werden dort Grundlagenversuche mit Methan als Brennstoff, einem sogenannten „Green Propellant“ durchgeführt. Methan ist günstiger und leichter zu lagern als Wasserstoff und gilt damit als ein möglicher Raketentreibstoff der Zukunft. Auch die Kühlwirkung von Methan wird seit 2008 am P6.1 untersucht. Unter höheren Drücken und Treibstoff-

durchsätzen werden diese Forschungen dann am Prüfstand P8 fortgesetzt. In naher Zukunft sind Einspritzversuche geplant, um das Verbrennungs- und Zerstäubungsverhalten von Methan-Treibstoffkombinationen zu untersuchen. Damit betreten die Wissenschaftler des DLR Neuland. Bislang gab es noch kein Methantriebwerk im Weltall.

Vinci – das Triebwerk der Zukunft

Weiterhin gehören Konzeption und Bau der Versuchsanlagen ebenso wie der eigentliche Testbetrieb zum Kerngeschäft des DLR. Mit seinen fortwährenden Umbauten hat sich der Standort für die Triebwerke der nächsten Generation gerüstet und bleibt damit eng in deren Entwicklung und Qualifikation eingebunden.

In diesem Rahmen wird in Lampoldshausen das neue Oberstufentriebwerk Vinci getestet. Laut den Beschlüssen der Ministerratskonferenz 2008 wurde es aus dem FLPP-Programm herausgelöst und als eigenständiges Entwicklungstriebwerk weitergeführt. Es soll zukünftig in der verbesserten Ariane 5 ECB das Oberstufentriebwerk HM-7B ersetzen. Vinci funktioniert nach dem sogenannten Expanderzyklus-Prinzip. Dabei wird kein eigener Gasgenerator zum Antrieb der beiden Turbopumpen verwendet, sondern der zuvor in der doppelwandigen Brennkammerwand zur Kühlung genutzte und dabei verdampfende Wasserstoff. Dieser wird anschließend vollständig in die Brennkammer eingespritzt und verbrannt. Damit ist das Vinci-Triebwerk effizienter als die früheren Oberstufentriebwerke und kann bis zu 180 Kilonewton Schub im Vakuum erzeugen. Ein weiterer Vorteil ist seine Wiederzündbarkeit im Weltraum, die es ermöglicht, Satelliten auf unterschiedlichen Umlaufbahnen auszusetzen. Mit Vinci soll die Nutzlast der Ariane-5-Rakete auf bis zu zwölf Tonnen gesteigert werden. Das Triebwerk wird im Auftrag der ESA von der französischen Firma Snecma gebaut.

Standort: Raumfahrt für Jugendliche – das DLR_School_Lab



Mit dem 2005 ins Leben gerufenen DLR_School_Lab in Lampoldshausen arbeitet der Standort im wahrsten Sinne

des Wortes an der Raumfahrt der Zukunft. In einem eigenen Labor können Schüler der Mittel- und Oberstufe hier unter der Anleitung von erfahrenen DLR-Mitarbeitern eigene Raketen bauen oder Experimente zu verschiedenen Bereichen der Triebwerkstechnologie durchführen – etwa zu den physikalischen Eigenschaften des Vakuums, zur Verbrennungstechnik oder zur Messtechnik. An einem Elektroantrieb lernen die Schüler alternative Antriebssysteme kennen, am Computer optimieren sie

eine Wasserrakete und bauen sie anschließend selbst. Sie unterziehen verschiedene Materialien und Strukturen einem „Crash Test“. Lehrer erhalten Informationsmaterial und Unterstützung bei der Einbindung des DLR_School_Lab in den Fachunterricht. Zum Kernangebot gehören ganztägige Seminare, auf Wunsch können aber auch halbtägige Schnupperkurse organisiert werden. Die Schwerpunkte werden in Vorgesprächen mit den Lehrern festgelegt. Das DLR hofft, auf diese Weise mehr Jugendliche für ein ingenieur- oder naturwissenschaftliches Studium begeistern zu können, um damit den qualifizierten Nachwuchs für den DLR-Standort und somit auch für die Raumfahrt zu fördern.



Schüler starten eine Wasserrakete im Rahmen des DLR_School_Lab. Mit dem Schülerlabor sollen Jugendliche für ein natur- oder ingenieurwissenschaftliches Studium begeistert werden.



Für die Tests des Oberstufentriebwerkes Vinci wurde der Prüfstand P4.1 komplett umgerüstet. Diese Konzeption stammte von den Ingenieuren des DLR.

Düsenverhalten. Im August 2007 wurde Vinci erfolgreich unter Vakuum-Bedingungen bei einer Brennzeit von 40 und 80 Sekunden zweimal hintereinander gezündet. Es war die erste Wiederezündung eines kryogenen Triebwerkes in Europa – ein Meilenstein in der Triebwerksentwicklung.

Der Prüfstand P4.1 für kryogene Oberstufentriebwerke ist bis heute einzigartig in Europa und sichert damit auch in Zukunft den Standort.

Bis 2016 soll Vinci in einer Ariane-5-Rakete einsatzbereit sein. Für die weiterführenden Tests bis hin zur Flugqualifikation werden die Testanlagen in Lampoldshausen weiter ausgebaut und angepasst. Die Ergebnisse, die bei diesen Tests erzielt werden, liefern für die Triebwerksentwicklung wichtige Erkenntnisse.

Basis für die zunächst im Rahmen des FLPP anstehenden Tests von Vinci als Demonstratortriebwerk war die komplette Neukonzeption des Prüfstandes P4.1 durch die Ingenieure des DLR-Instituts in Lampoldshausen. Fünf in Lampoldshausen entwickelte Raketendampferzeuger treiben Strahlpumpen an, die die vom Vinci-Triebwerk produzierten Heißgase absaugen und ins Freie leiten. Nur so kann das Triebwerk unter Vakuumbedingungen getestet werden. Sowohl bei der Entwicklung der Dampferzeuger als auch auf dem Gebiet des Prüfstandsdesigns bewährte sich die Jahrzehnte lange Erfahrung der Mitarbeiter.

Am 20. Mai 2005 wurde in Lampoldshausen erstmals das Demonstrator-Triebwerk Vinci gezündet, am 27. Juli des gleichen Jahres folgte ein Test mit maximaler Leistung. Am 22. Februar 2006 schließlich wurde am P4.1 auch der erste Versuch mit dem oberen Teil der neuartigen Keramikdüse des Vinci-Triebwerkes durchgeführt und lieferte die ersten Daten über das

Standort: Tests für Vinci – der neue Prüfstand P4.1

Für die Tests des Oberstufentriebwerkes Vinci wurde der Prüfstand P4.1 umgerüstet. Der Prüfstand wurde komplett von den Ingenieuren des DLR Lampoldshausen konzipiert und die notwendige Anlagentechnik dazu entwickelt.

Der Prüfstand besitzt Tanks für flüssigen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff mit jeweils einem Volumen von 50 bzw. 135 Kubikmetern. Darüber hinaus gibt es Gasversorgungssysteme für Helium, Stickstoff und Propan. Kernstück der Höhenanlage ist der Überschalldiffusor, der die Triebwerksabgase, die mit Überschall-

geschwindigkeit aus dem Triebwerk treten, abbremst und rückverdichtet. Es ist der größte seiner Art in Europa. Den für den Betrieb der Höhenanlage nötigen Dampf erzeugen am Standort entwickelte Dampferzeuger, die mit Alkohol und flüssigem Sauerstoff betrieben werden. Im Zuge des Umbaus wurde der Durchsatz auf 58 Kilogramm pro Sekunde erhöht und weitere drei Dampferzeuger errichtet. Die fünf Anlagen haben zusammen eine Leistung von 640 Megawatt. Zur Kühlung der gesamten Höhenanlage werden über 5.000 Liter Wasser pro Sekunde benötigt. Ein Großteil des

Wassers wird beim Betrieb wieder aufgefangen und kann für den nächsten Versuch wieder verwendet werden.

Auch die gesamte Computeranlage wurde bei dem Umbau erweitert. Für P4.1, P4.2 und die Dampferzeuger stehen nun jeweils eigene Systeme zur Verfügung, mit denen alle Messdaten erfasst und ausgewertet werden. Zukünftig werden allein in diesem System Daten von 20 Gigabyte Größe während eines Triebwerkstests von maximal 700 Sekunden erfasst.

Hintergrund: Wie wird Treibstoff in die Brennkammer gefördert?

In Triebwerken, die flüssige Treibstoffe benutzen, wird die Treibstoffförderung in die Brennkammer unterteilt in „Pumpenförderung“ (zum Beispiel bei Vulcain, Vulcain 2, Vinci), für die Turbopumpen genutzt werden, und „Druckförderung“ (zum Beispiel bei Aestus), bei der der Treibstoff mit Hilfe von Gas in die Brennkammer gedrückt wird.

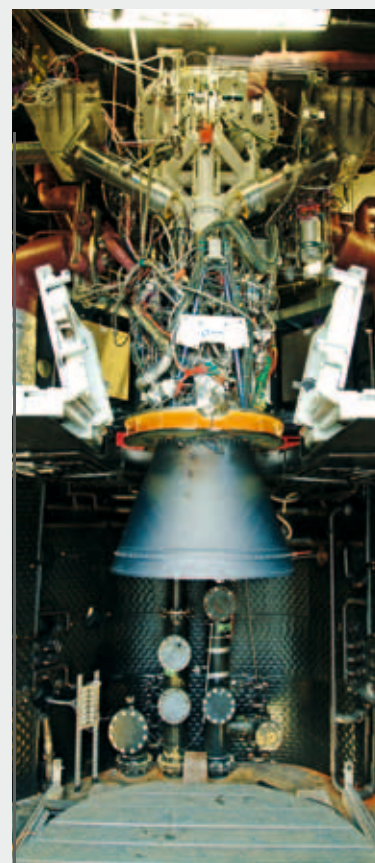
Bei der Nutzung von Turbopumpen in Triebwerken benötigt man ein Antriebsgas für die Turbinen der Pumpen. Dieses Gas steht, nachdem es die Turbinen angetrieben hat, als Turbinenabgas für andere Aufgaben am Triebwerk zur Verfügung. Man unterscheidet folgende Verfahren:

Beim „Hauptstromverfahren“ wird das Abgas vollständig in die Brennkammer des Triebwerkes geleitet, wo es dann an der Schuberzeugung teilnimmt (zum Beispiel bei Vinci). Wenn das Abgas für andere Zwecke am Triebwerk verwendet werden soll (zum Beispiel zur Rollkontrolle bei Vulcain) und nicht in die Brennkammer geleitet wird, spricht man von „Nebenstromverfahren“. Zwischen den Haupt- und Nebenstromverfahren steht die Einblasung der Turbinenabgase in die Düse des Triebwerkes, wie es bei Vulcain 2 genutzt wird.

Man unterscheidet weiterhin verschiedene Verfahren zur Gewinnung des Antriebsgases für die Turbinen. Beim „Gasgenerator-Zyklus“, einem Nebenstromverfahren (Vulcain und Vulcain 2) wird ein Teil der Treibstoffe vor der Brennkammer abgezweigt, in einem Gasgenerator verbrannt und das dabei entstehende Heißgas wird zum Antrieb der Turbinen genutzt.

Beim sogenannten „Expander-Zyklus“ (Vinci) wird ein Treibstoff (meistens der Brennstoff) zur Kühlung durch die heiße, doppelwandige Brennkammerwand hindurch geführt. Dabei verdampft er und das entstehende Gas wird zum Antrieb der Turbinen benutzt. Der Vorteil des Verfahrens ist, dass Gewicht gespart wird und der Treibstoff im Hauptstromverfahren voll an der Schuberzeugung teilnehmen kann. Es ist allerdings bislang nur schwer zu beherrschen.

Bei einer der Brennkammer vorgeschalteten weiteren Verbrennungsstufe, der sogenannten „Gestuften Verbrennung“, wird der Brennstoff mit einem Teil des Oxidators in einer Vorbrennkammer verbrannt. Dieser treibt dann die Turbinen an und wird danach in die eigentliche Brennkammer gedüst, wo er mit dem restlichen Oxidator verbrennt. Expander-Zyklus und Gestufte Verbrennung sind Hauptstromverfahren.



Das Oberstufentriebwerk Vinci in der Vakuumkammer des umgerüsteten Prüfstandes P 4.1. Seit dem ESA-Beschluss vom November 2008 wird die Entwicklung des Triebwerkes fortgesetzt.

Lampoldshausen und die Zukunft der europäischen Raumfahrt

In den vergangenen 50 Jahren hat sich der DLR-Standort Lampoldshausen zu einem wichtigen Partner der europäischen Raumfahrt entwickelt. In dieser Zeit wurde sowohl in der Grundlagenforschung und Technologieentwicklung für Raumfahrtantriebe, als auch im Bereich der Triebwerkstests der europäischen Antriebssysteme erfolgreich gearbeitet. Um den eigenständigen europäischen Zugang zum Welt- raum zu sichern, müssen die Raumtransportsysteme aber kontinuierlich weiterentwickelt werden. Zuverlässigkeit, Effizienz und Flexibilität des Trägersystems werden immer wichtiger. In diesem Zusammenhang werden einerseits die bestehenden Systeme immer weiter verbessert, andererseits wird bereits mit Grundlagenuntersuchungen an den Technologien zukünftiger Triebwerksgenerationen geforscht.

Das „Institut für Raumfahrtantriebe“ des DLR in Lampoldshausen nimmt mit seinen modernen und zum Teil in Europa einmaligen Prüfständen auch in Zukunft seine Rolle in der europäischen Raumfahrtforschung wahr. Mit den hier vorhandenen wissenschaftlichen und technischen Kompetenzen und den bereits geplanten Ergänzungen der Infrastruktur ist der Standort für diese Aufgaben gut gerüstet. Im Harthäuser Wald wird weiterhin Raumfahrtgeschichte mitgeschrieben.

Epilog

**Unendliche Weiten.
Ein zuversichtlicher Blick
in die Zukunft des
DLR Lampoldshausen**



Vor 50 Jahren überzeugte Professor Eugen Sänger die Zuhörer im Lampoldshausener Rathaus davon, dem Bau eines Prüfstandsgeländes für Raketentriebwerke in ihrer Nachbarschaft zuzustimmen. Seitdem ist der Standort durch alle politischen und gesellschaftlichen Veränderungen hindurch zu einem unverzichtbaren Teil der europäischen Raumfahrt geworden. Die Wissenschaftler und Techniker betrieben hier erfolgreich Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Raumfahrtantriebe, entwickelten neue Technologien und ermöglichten mit ihrem Testbetrieb den Erfolg der europäischen Raumfahrt. Von den Visionen Sängers, mit denen er 1959 die Lampoldshausener Bürger überzeugte, sind bislang zwar nur wenige wahr geworden. Doch in einem wichtigen Punkt hat er Recht behalten: Die europäische Raumfahrt hat sich zu einer überwiegend zivilen Technologie entwickelt. Kalter Krieg und atomare Bedrohung sind Vergangenheit, stattdessen sind technologischer Fortschritt, Globalisierung und Wirtschaftlichkeit heute die treibenden Faktoren. Am Ende dieses Buches richtet sich der Blick daher nach vorne.

Viel wurde in den vergangenen 50 Jahren erreicht. Bis vor 20 Jahren waren Deutschland und Europa in zwei politische, weltanschauliche und militärische Blöcke geteilt. In der Raumfahrt besaßen die Großmächte Sowjetunion und USA einen nahezu uneinholbaren Technologievorsprung. Fehl- und Rückschläge begleiteten die ersten Jahre der europäischen Raumfahrt. Mit der Ariane-Rakete erreichte Europa schließlich seinen eigenständigen Zugang zum Weltraum, unabhängig von den Bedingungen anderer Raumfahrtnationen. An dieser Entwicklung hatte der DLR-Standort Lampoldshausen mit den Test- und Forschungsergebnissen einen maßgeblichen Anteil. Seit 50 Jahren ist der Standort als zuverlässiger und leistungsfähiger Dienstleister an allen wichtigen nationalen und europäischen Raumfahrtprojekten beteiligt.

Raumfahrt ist heute zu einem Teil unseres Alltags geworden. Weltweite TV-Übertragungen, Navigationssysteme, Erdbeobachtung sowie Umweltschutz, Wettervorhersagen und Klimaforschung – all dies ist ohne Satelliten und ohne zuverlässige Trägersysteme wie Ariane nicht mehr möglich.

Der Weltraum ist allerdings ein lebensfeindlicher Ort: Extreme Temperaturunterschiede und das Vakuum stellen Maschine und Mensch vor große Herausforderungen. Daher sind Wissenschaftler weltweit damit beschäftigt, für die vielfältigen Schwierigkeiten geeignete Materialien und Verfahren zu entwickeln. Viele Forschungsergebnisse werden dabei auch in anderen Bereichen genutzt und sind Teil unseres Alltags auf der Erde. Von Akkuwerkzeugen über den Klettverschluss, von der Spiegelverglasung bei Sonnenbrillen und dem Strichcode im Supermarkt bis hin zum Augeninnendruck-Messgerät in Arztpraxen – all dies geht auf solche Entwicklungen zurück. Auch wenn sie manchmal so fern wirkt: Raumfahrt begleitet die Menschen jeden Tag.

Raumfahrt zwischen Pragmatismus und Visionen

Was sich seit jenem denkwürdigen Treffen im Rathaus von Lampoldshausen 1959 aus dem Testgelände entwickelte, hätte sich Eugen Sänger wohl kaum träumen lassen. Mit seiner Kombination von Forschung, Anwendung, Technologieentwicklung und Triebwerkstests ist das DLR-Institut in Lampoldshausen heute einzigartig in Europa. 50 Jahre Erfahrung in Forschung und Anwendung haben den Standort zu einem unverzichtbaren Partner der europäischen Raumfahrt gemacht. Für die Projekte der nahen Zukunft ist das DLR Lampoldshausen gut gerüstet.

Die weitere Zukunft – über die gegenwärtigen und die bereits beschlossenen europäischen Raumfahrtprogramme der nächsten Jahre hinaus – ist noch ungewiss. Raumfahrt ist kostenintensiv und wird daher von Gesellschaft und Politik stets kritisch hinterfragt. Neben knappen Budgets und schwierigen Haushaltsdebatten drohen zudem immer wieder auch Fehl- und Rückschläge. Dennoch hat die Raumfahrt seit den ersten Theorien Hermann Oberths und den Versuchen Rudolf Winklers in den 1920er-Jahren nichts von ihrer Faszination verloren. Viel ist bereits erreicht: Menschen können zum Mond reisen und arbeiten heute permanent auf einer Raumstation, Satelliten regeln unsere Orientierung auf der Erde, Sonden erforschen die Planeten unseres Sonnensystems. Aber es bleiben auch weiterhin noch große Visionen: Eine Station auf dem Mond zu errichten, Menschen zum Mars oder zu weit fernerer Planeten zu bringen oder mit Weltraumteleskopen fremde Sonnensysteme zu erforschen – davon träumen nicht nur Wissenschaftler. Was immer davon in den kommenden 50 Jahren verwirklicht werden wird, die Mitarbeiter des DLR Lampoldshausen haben die große Möglichkeit, ein wesentlicher Teil dieser Unternehmungen zu sein und damit weiter an ihrem Kapitel im großen Buch der europäischen Raumfahrt mit zu schreiben.

Am DLR-Standort Lampoldshausen sind heute etwa 220 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt. Seit Januar 2002 trägt die Einrichtung, in der alle Aktivitäten der Forschung sowie des Versuchsbetriebes an Triebwerksprüfständen zusammengefasst sind, die Bezeichnung Institut für Raumfahrtantriebe.



GLOSSAR

Abgasstrahl	Als Abgasstrahl bezeichnet man die heißen Verbrennungsgase, die aus der Düse ausströmen.
Apogäum	Erdfernster Punkt einer elliptischen Umlaufbahn eines Satelliten oder Raumfahrzeuges um die Erde.
Booster	Zusatzraketen, die einer Rakete den nötigen Startschub verleihen. Bei Ariane 5 arbeiten diese mit festen Treibstoffen.
Brennkammer	Raum für die Entzündung und Verbrennung von Treibstoffen. Durch die freigesetzte Verbrennungsenergie entstehen extrem hohe Drücke und Temperaturen.
Düse/ Expansions- düse	Die Expansionsdüse ist ein divergentes Bauteil, das hinter der Schubkammer angebracht wird und die Verbrennungsgase beschleunigt. Damit wandelt sie den in der Schubkammer durch die Verbrennung der Treibstoffe aufgebauten Druck in Schub um.
Geostationär	Bewegt sich ein Satellit in einer Umlaufbahn über dem Äquator synchron zur Erddrehung, so befindet er sich im Idealfall immer über demselben Punkt der Erdoberfläche. Der geostationäre Orbit befindet sich in rund 36.000 km Entfernung zur Erde.
Gravitation	Eine der vier elementaren physikalischen Grundkräfte. Die Gravitation ist eine Wechselwirkung zwischen massebehafteten Körpern mit anziehendem Charakter. Die Gravitationswirkung zweier Körper ist proportional zum Produkt der beiden Körpermassen und antiproportional zum Quadrat ihrer Entfernung.
Hypergol	Beschreibt die Eigenschaft der Selbstentzündung von Treibstoffkombinationen. Hypergole Treibstoffe reagieren spontan beim Vermischen exotherm – ohne zusätzliche Aktivierungsenergie, das heißt ohne einen speziellen Zündmechanismus.
Kryogen	vom griech. Krýos: Kälte, Frost: In Bezug auf technische Gase ist der tiefkalte Bereich unter minus 170 Grad Celsius gemeint, in dem diese Gase flüssig sind.
Nutzlast	Last, die eine Rakete zusätzlich zu ihrem Treibstoff und Eigengewicht befördern kann.
Orbit	Umlaufbahn um einen Himmelskörper.
Oxidator	Komponente einer Treibstoffkombination, die beispielsweise durch Sauerstoffabgabe die Verbrennung fördert.
Perigäum	Erdnächster Punkt einer elliptischen Umlaufbahn eines Satelliten oder Raumfahrzeuges um die Erde.
Schub	In der Raumfahrt benutzte Kenngröße für die Leistungsfähigkeit von Strahltriebwerken und Raketentriebwerken. Der Schub ist die Reaktionswirkung nach dem 3. Newtonschen Axiom auf den Ausstoß der heißen Verbrennungsgase. Die Einheit des Schubes wird in Newton angegeben.

Schubkammer	Die Triebwerkskomponente, die aus der eigentlichen Brennkammer sowie einem divergenten Teil besteht, dem sich die Expansionsdüse anschließt. In der Schubkammer werden die Treibstoffe gemischt, verbrannt und anfänglich beschleunigt.
Spezifischer Impuls	Kenngroße für die Leistungsfähigkeit eines Rückstoßantriebs. Der Spezifische Impuls eines Triebwerkes bezeichnet die Änderung des Impulses (Masse mal Geschwindigkeit bzw. Kraft mal Zeit) pro Masseneinheit des Treibstoffs und stellt die effektive Geschwindigkeit der Abgase aus der Düse dar. Je höher der spezifische Impuls ist, desto mehr Schub kann ein Triebwerk in der gleichen Zeit pro Kilogramm Treibstoff entwickeln oder umso länger kann bei gleicher Treibstoffmenge die Brenndauer des Triebwerkes sein.
Staustrahlantrieb	Triebwerkskonzept, bei dem der Sauerstoff der Luft für die Verbrennung genutzt wird. Um die erforderliche Menge an Sauerstoff zu erhalten, wird eine hohe Grundgeschwindigkeit (ca. Mach 3,5) des Flugsystems benötigt. Über eine Öffnung des Triebwerkes in Bewegungsrichtung kann während des Flugs ausreichend Sauerstoff aufgenommen und verdichtet werden, um ein zündfähiges Brennstoff-Sauerstoffgemisch zu erhalten. Auf diese Weise muss das Flugsystem keinen Oxidator und Oxidatortank mitführen. Der Vorteil des Konzepts liegt also im wesentlich geringeren Gewicht des Fluggerätes.
Stufe	Mit eigenem Antrieb ausgestatteter Teil einer Rakete, der meistens in Verbindung mit weiteren Antriebsstufen steht.
Triebwerkstests unter Bodenbedingungen	Werden zur Untersuchung von Raketentriebwerken bei atmosphärischen Druckbedingungen durchgeführt. Analysiert werden beispielsweise Strömungsphänomene, die thermische Belastung der Triebwerksstrukturen oder die Effektivität der Brennkammerkühlung. Bei Tests zur Flugabnahme werden die entsprechenden Aufstiegsszenarien anstehender Missionen an den Prüfständen nachgefahren.
Triebwerkstests unter Höhenbedingungen	Werden in Höhensimulationsanlagen zur Untersuchung von Raketentriebwerken durchgeführt, die unter Vakuumbedingungen eingesetzt werden. Von Interesse sind hier vor allem die Vakuumzündung der Treibstoffe, Tests zur Wiederezündbarkeit der Triebwerke oder die Messung des Vakuumschubs.
Vakuum	Technisch wird der Zustand der Materielosigkeit eines Raums als Vakuum bezeichnet. Auch bei Druckverhältnissen, die wesentlich geringer sind als der auf der Erde herrschende atmosphärische Luftdruck, spricht man von Vakuum.
Wasserstoffverflüssigung	Verflüssigung des bei Raumtemperatur gasförmigen Wasserstoffs durch Abkühlung auf minus 253 Grad Celsius bzw. 20 Kelvin.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A4	Aggregat 4	EWG	Europäische Wirtschafts- gemeinschaft
AESTUS	Ariane Engine for Storage Upper Stages	FLPP	Future Launcher Preparatory Programme
ASAT	Arbeitsgemeinschaft Satellitentechnik	FPS	Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe
ATV	Automated Transfer Vehicle	HET	Hochenergetische Treibstoffe
AVA	Aerodynamische Versuchsanstalt	GEO	Geostationärer Orbit
CNES	Centre National d'Études Spatiales	GfW	Gesellschaft für Weltraum- forschung
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique	GTO	Geostationärer Transferorbit
DARA	Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten	IAF	International Astronautical Federation
DASA	Deutsche Aerospace Aktien- gesellschaft	ISS	International Space Station
DFG	Deutsche Forschungs- gemeinschaft	L3S	Lanceur 3 ^{ème} Génération Substitution
DFL	Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt	LEO	Low Earth Orbit
DFVLR	Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt	LRBA	Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques
DLR	Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, heute Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	LSD	Load Simulation Device
DVL	Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt	MBB	Messerschmitt-Bölkow-Blohm, früher Bölkow Entwicklungen KG, heute EADS Astrium
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company	MEO	Medium Earth Orbit
ECA	Evolution Cryotechnique Type A	NATO	North Atlantic Treaty Organisation
ECB	Evolution Cryotechnique Type B	ONERA	Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales
ELDO	European Launcher Development Organisation	OTRAG	Orbital Transport- und Raketen Aktiengesellschaft
EPC	Étage Principal Cryotechnique	PAL	Propulseur d'Appoint à Liquide
EPS	Étage à Propergols Stockables	PAP	Propulseur d'Appoint à Poudre
ERNO	Entwicklungsring Nord	SEP	Société Européenne de Propulsion, heute Snecma
ESA	European Space Agency	Snecma	Société Nationale d'Études et de Constructions de Moteurs d'Aviation
ESRO	European Space Research Organisation	SSO	Sonnensynchroner Orbit
		TTZ	Technologie-Transfer-Zentrum
		V2	Vergeltungswaffe 2
		VfR	Verein für Raumschiffahrt

Dank, Quellen-, Literatur- und Bildnachweis

Dank

Dieses Buch wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung vieler Personen, die in Gesprächen und Interviews, mit zahlreichen Hinweisen und als kritische Leser seine Entstehung begleitet haben. Wir danken: Dieter Balz, Heidelinde Fehrer, Klaus Fehrer, Anja Frank, Adolf Frank, Oskar Haidn, Bernhard Heislbetz, Ralf Hupertz, Hans-Ulrich Kenntner, Wilfried Kopp, Wolfgang Koschel, Gerhard Krühsel, Klaus Schäfer, Stefan Schlechtriem.

Quellennachweis

Archiv des DLR-Instituts für Raumfahrtantriebe, Lampoldshausen

Darin u.a.:

- Jahresberichte des DVL-Instituts für Chemische Raketenantriebe
- DVL Nachrichten. Mitteilungsblatt der Deutschen Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Jahresberichte der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Jahresberichte der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.

Literarnachweis

50 Jahre DLR Stuttgart 1954–2004, Stuttgart 2004

Fischer, Hans-Martin: Europas Trägerrakete Ariane. Geschichte und Technik zum letzten Start der Ariane-Rakete, Lemwerder ³2008

Gartmann, Heinz: Träumer, Forscher, Konstrukteure. Das Abenteuer der Weltraumfahrt, Düsseldorf 1955

Hopmann, Helmut: Schubkraft für die Raumfahrt. Entwicklung der Raketenantriebe in Deutschland, Lemwerder 1999

Krige, John and Arturo Russe: Europe in Space 1960–1973, Nordwijk 1994

Neufeld, Michael J.: Die Rakete und das Reich. Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, Berlin 1999

Reinke, Niklas: Geschichte der deutschen Raumfahrtspolitik. Konzepte, Einflussfaktoren und Interdependenzen 1923–2002, München 2004

Reisig, Gerhard H.D.: Raketenforschung in Deutschland. Wie die Menschen das All eroberten, München/Wien 1997

Oberth, Hermann: Die Rakete zu den Planetenräumen, Feucht ⁵1984

Sänger, Eugen: Raumfahrt – Technische Überwindung des Krieges, Hamburg 1958

Sänger, Hartmut E.: Ein Leben für die Raumfahrt. Erinnerungen an Prof. Dipl.-Ing. Eugen A. Sänger. 1905–1964, Lemwerder 2006

Siefarth, Günther: Geschichte der Raumfahrt, München 2001

Tofahrn, Günther und Frank, Adolf: Das Zentrum für Raumfahrtantriebe in Lampoldshausen. In: Gemeinde Hardthausen (Hg.), Hardthausen am Kocher in Geschichte(n) in Hardthausen, Hardthausen 1997

Trischler, Helmuth: Luft- und Raumfahrtforschung in Deutschland 1900–1970. Politische Geschichte einer Wissenschaft, Frankfurt/Main 1992

Trischler, Helmuth und Kai-Uwe Schrogl (Hg.): Ein Jahrhundert im Flug. Luft- und Raumfahrtforschung in Deutschland 1907–2007, Frankfurt/Main 2007

Wenz, Herbert-F.: Die legendäre Europa-Rakete. Geschichte und Technik der in Deutschland gebauten 3. Stufe 1961–1973, Lemwerder 2004

Wenz, Herbert-F.: Chronik des Werkes Trauen der EADS Space Transportation. Geschichtliches aus dem Versuchsgelände für Raumfahrtantriebe, Lemwerder 2003

Bildnachweis

Ullsteinbild (16, 17, 18, 19, 20, 21 oben, 22, 24, 25, 26 oben, 32 oben, 33, 35, 47 unten, 48, 49, 93)

akg images (34)

Helmut Hopmann, Schubkraft für die Raumfahrt. Entwicklung der Raketenantriebe in Deutschland, Lemwerder 1999 (21 unten, 23)

Repro Geschichtsbüro (14, 38 oben)

European Space Agency (ESA)
(68, 74, 76, 77, 80 unten, 81, 84, 85, 86 unten, 91, 93)

Alle Übrigen: DLR-Institut für Raumfahrtantriebe, Lampoldshausen

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Sonnensystem, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.