
Ziele und Ergebnisse der Studien an Raumtransportern

J. HENRICI

Junkers Flugzeug- und Motorenwerke A.G., Germany

Diese Bemerkungen zu Studien an Raumtransportern beziehen sich auf europäische Arbeiten, vor allem auf die Arbeit von industriellen Gruppen in Deutschland und England. Sie wurden durch die Tätigkeit der EUROSPACE entscheidend gefördert. Das Gesamtbild entspricht etwa dem Denken dieser Gruppe, während der Vortragende die Verantwortung für die Einzelheiten trägt.

Im Rahmen der vorgeschriebenen Zeit wird Ihnen berichtet, wie es zum Konzept eines neuen Transportsystems für die Bedürfnisse der Raumfahrt kam, welche Ziele für die Studien an solchen Systemen aufgestellt und welche allgemeinen Ergebnisse bisher erreicht wurden. Ein ausgeglichener Bericht über die einzelnen Ergebnisse, welcher vielleicht Ihr Interesse stärker befriedigen würde, braucht mehr Zeit.

Unter dem Begriff 'Raumtransporter' verstehen wir ein Transportsystem, das von Europa aus zwischen der Erde und einer niederen Umlaufbahn in beiden Richtungen Nutzlasten befördern kann. Das allgemeine Kennzeichen der verschiedenen vorgeschlagenen Lösungen ist die Wiederverwendbarkeit der Transportfahrzeuge und das Mitführen einer Besatzung. Die grundlegende Aufgabe ist der Verkehr von Gütern oder Personen zwischen der Erde und einer Aussenstation. Es kann vorteilhaft sein, wenn Variationen des Grundsystems noch andere Aufgaben erfüllen, wie die Rettung von Raumfahrern aus Notlagen oder den Service von unbemannten Raumfahrtgeräten.

Diese simple Definition stand nicht am Anfang der Studien, sondern ist eines der bisherigen Ergebnisse. Versuchen wir die Anfänge zu erfassen, stossen wir auf das Buch 'Raketenflugtechnik' von Eugen Sänger (Bild 1). Dort wurden zum ersten Mal die grundlegenden Beziehungen für den Raketenflug bis zur Aussenstation dargestellt. In späteren Arbeiten berichtete Sänger über bauliche Einzelheiten entsprechender Triebwerke und Zellen, von denen manche heute noch grundsätzliche Bedeutung haben. Er stand

auch Pate, als solche Studien von der Firma Junkers im Juni 1961 aufgenommen wurden.

<u>Jdee</u>	Sänger 1933
<u>Pläne und Studien</u>	Seit 1961 Deutschland, England, Frankreich Seit 1963 von Eurospace vorgeschlagen Seit 1964 internationale Zusammenarbeit auf Firmenebene Seit 1965 Eurospace - Vorschlag für gemeinsame zweijährige Vorstudien
<u>Mögliche Verwirklichung</u>	1967 / 68 Gemeinsame Vorstudien 1969 Projektdefinition 1970 - 80 Entwicklung

BLD 1 — Von der Jdee bis zur möglichen Entwicklung

Das erste Ziel dieser Studien war die Ausbildung von Ingenieurgruppen in der Raumfahrttechnik. Sie sollten auf die von der Regierung später zu stellenden Aufgaben vorbereitet werden. Die gewählte Aufgabe sollte möglichst viele Parameter eines vollständigen Raumfahrtssystems enthalten, so dass ihre Verknüpfung studiert werden kann. Wenn später ein Teilproblem aus einem anderen System gestellt würde, sollte es durch diese Vorbereitung leichter in das gesamte System eingeordnet und befriedigender gelöst werden können.

Das zweite definierte Ziel der Studien war festzustellen, welche technologischen Fortschritte für ein brauchbares System nötig und welche Fortschritte als wahrscheinlich erreichbar anzusehen sind.

Das dritte Ziel war, sich vorzubereiten auf die zu erwartenden internationalen Gespräche über gemeinsame Raumfahrtprojekte. Denn es lag auf der Hand, dass Europa nur gemeinsam grössere Projekte der Raumfahrt verwirklichen kann.

Im Zug der Studien ergab sich noch ein viertes Ziel, nämlich die Definition eines gemeinsamen europäischen Raumfahrtprogramms. Es wird benötigt für eine Angabe der in Frage kommenden Nutzlasten und zur Erfassung der voraussichtlichen Raumfahrtssysteme, in die sich ein Transportsystem einordnen muss. Aus der Gesamtheit der Systeme sind übergeordnete Gesichtspunkte zu erwarten, die bei den einzelnen Systemen zu berücksichtigen sind. Auf ein Studium dieser Zusammenhänge kann nicht verzichtet werden, da Fehlentscheidungen Kosten verursachen können, deren absolute Höhe die Möglichkeiten Europas stark beeinflussen können.

Allein diese Ziele:

- (1) Vorbereitung auf europäische Raumfahrtprojekte

- (2) Abschätzung der gemeinsam erreichbaren Fortschritte und
- (3) Entwurf eines europäischen Raumfahrtprogramms für die Zeit bis etwa 1980

rechtfertigen schon den Aufwand, der nötig ist für die Studien, die, unter dem Titel 'Raumtransporter' begonnen wurden. Ihre Notwendigkeit ist nicht allein dadurch gegeben, dass sie den europäischen Behörden Unterlagen liefern für die Entscheidung, ob sie gemeinsam ein neues Transportsystem entwickeln wollen oder nicht.

Die Ergebnisse stützen sich im wesentlichen auf Arbeiten, die zur selben Zeit aber unabhängig in Deutschland und in England durchgeführt wurden. Gelegentlich einer Veranstaltung der British Interplanetary Society wurde im Jahre 1963 festgestellt, dass die Vorstellungen und Ergebnisse von Arbeitsgruppen, die bei Hawker Siddeley Aviation, Bristol Siddeley Engines und bei der British Aircraft Corporation arbeiteten, mit denen von Junkers gut übereinstimmten. Mit Erlaubnis der zuständigen Behörden begann ein laufender Meinungs austausch, an dem sich auch die Firma Bölkow und die Arbeitsgemeinschaft Entwicklungsring Nord beteiligten. Die unabhängig in staatlichem Auftrag durchgeführten Arbeiten ermöglichten nun die gegenseitige Kritik und brachten eine reiche Befruchtung. Gleichzeitig führten sie zu einem genaueren Kennenlernen der Möglichkeiten und der Grenzen der beteiligten Firmen und zu wertvollen persönlichen Beziehungen. Diese beiden Momente würden sich auch bei anderen Aufgaben, die diesen Firmen gemeinsam gestellt werden, nützlich auswirken.

In Frankreich war es in der Anfangszeit dieser Studien nicht eine Firma, sondern eine einzelne Persönlichkeit, welche einen grossen Impuls gab. Professor Maurice Roy übernahm ausser seinen anderen Aufgaben bei EUROSPACE auch die Arbeitsgruppe 'Raumtransporter'. Er gab den EUROSPACE-Studien ihre Richtung und war entscheidend für die dort erzielten Fortschritte. Sie führten zu einer Beteiligung der Firmen Dassault und Nord-Aviation.

Im ersten Vorschlag der EUROSPACE für ein europäisches Raumfahrtprogramm wurde 1963 der Raumtransporter als gemeinsames Studienthema erwähnt. Es folgte 1964 ein Bericht mit Diskussion der Flugaufgaben und Lösungswege und einer ersten Empfehlung für zweijährige Studien, die von England, Frankreich und Deutschland gemeinschaftlich durchgeführt werden sollen. In einem anschliessenden Memorandum wurden 1965 die Aufgaben für diese Studien detailliert.

Die erste Präsentation des Raumtransporters im Rahmen einer grossen EUROSPACE-Konferenz in Philadelphia eröffnete eine lebhaftete Diskussion. Folgende Aussprachen bei EUROSPACE im Rahmen kleinerer Arbeitsgruppen führten zu einer Annäherung der Vorstellungen. Es ist wahrscheinlich, dass die europäischen Staaten durch eine ernsthafte, langfristige Zusammenarbeit

bei Raumfahrtprojekten die Möglichkeit erhalten, in grösserem Umfang aus den amerikanischen Erfahrungen zu lernen, als es mit den zersplitterten Programmen heute möglich ist.

Wenn sich die drei Länder, Deutschland, England und Frankreich, in diesem Jahr für die koordinierte Durchführung der Studien entscheiden würden, läge das Ergebnis im Laufe des Jahres 1968 vor. Die anderen interessierten Staaten würden im Zug der Arbeiten über die Resultate informiert und würden bei einer Ausdehnung der Themen an den Studien und in jedem Fall an einer eventuellen Entwicklung teilnehmen. Die verschiedenen nationalen Behörden werden ohnehin laufend den Fortgang der Untersuchungen beobachten und an einzelnen Abschnitten, wie Missionen und Kosten, mitarbeiten. Es ist daher zu erwarten, dass am Ende der Studien auch eine gemeinsame Meinung vorliegt. Würden sich dann die Regierungen zugunsten der Entwicklung, eines grösseren Systems entscheiden, müsste sich noch etwa ein Jahr anschliessen für die Definition des Projektes, das Aufstellen der Pläne für die einzelnen Schritte, Kosten und Termine, sowie für die Aufteilung der Aufgaben. Die Entwicklung selbst würde also etwa 1970 beginnen und wenigstens zehn Jahre dauern.

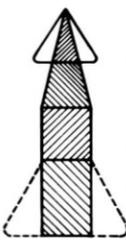
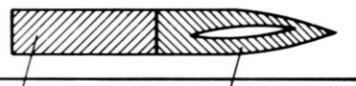
Zur Erläuterung des Gegenstandes der Studien können wir von einer Darstellung ausgehen, die Sänger 1961 gegeben hat (Bild 2). Für die Verwirklichung des Projektes ist das Triebwerk ausschlaggebend. Bei der mittleren Triebwerksgeneration sind für den Transport bis auf wenigstens 300 km Höhe mindestens zwei Stufen nötig. In jeder Stufe haben Triebwerk und Treibstoffe den grössten Gewichtsanteil.

Der wichtigste Teil der Studien — und im Falle einer Entwicklung der Kosten — gilt den Problemen der Triebwerke und der Zellen. Dementsprechend würden die Fortschritte zu erwarten sein auf den Gebieten der Verbrennung, der Wärme und der Strömungslehre, der Flugmechanik und auf dem Gebiet des Systemmanagement. Dagegen genügt in erster Annäherung die Technologie der Elektronik und der Navigationsgeräte den zu stellenden Anforderungen. Von der Ausrüstung wären für Europa nur die Geräte neu, welche für den Menschen im Raum nötig sind.

Bei den Problemen, welche mit dem Menschen an Bord eines Raumfahrzeuges zusammenhängen, wäre die Hilfe der Vereinigten Staaten von besonderem Wert. Natürlich müsste sie durch Geld oder andere Gegenleistungen bezahlt werden.

Für die europäischen Studien erhalten wir ein Konzept wie es Bild 3 zeigt. Es gibt einen abgekürzten Überblick über einen detaillierten Vorschlag der Hawker Siddeley Aviation und der Junkers Flugzeugund Motorenwerke.

Von dem Abschnitt 'Vorarbeit' sei hier nur erwähnt, dass das Aufstellen gemeinsamer Standardwerte zwar mühsam, aber für jede Zusammenarbeit nötig ist. Die Daten für die Atmosphäre, für die Werkstoffe bei extremen

Triebwerke	Zellen
<p><u>Derzeitige Generation</u></p> <p>Spez. Vakuumimpuls - 280 sek</p> <p>(Kerosin-Flüssigsauerstoff, oder Hydrazin-Stickstofftetroxyd)</p> <p>(In Serienproduktion)</p>	<p>Drei- bis Vier - Stufig</p>  <p>letzte Stufe bemannt und geflügelt (X15, Dyna Soar, TIVA)</p> <p>3. Stufe, verloren</p> <p>2. Stufe, verloren</p> <p>1. Stufe, ev. wiedergewinnb. (bemannt und geflügelt)</p>
<p><u>Zweite Triebwerks-Generation</u></p> <p>Spez. Vakuumimpuls - 450 sek</p> <p>(Flüssigwasserstoff-Flüssigsauerstoff oder Flüssigwasserstoff-Flüssigfluor)</p> <p>(In technischer Entwicklung)</p>	<p>Zweistufig</p>  <p>1. Stufe, bleibt ev. am Boden</p> <p>2. Stufe geflügelt, bemannt</p>
<p><u>Dritte Triebwerks-Generation</u></p> <p>Spez. Vakuumimpuls 800-3000 sek</p> <p>(Kernfission mit Wasserstoff, Wasser oder Ammoniak)</p> <p>(In Erforschung, teilweise in technischer Entwicklung)</p>	<p>Einstufig, » Aerospace - Vehicle «</p>  <p>Gesamtflugvorgang wie Flugzeug</p>

BLD 2 — Triebwerks-Generationen nach E. Sänger, Juni 1961

Temperaturen, für die Lastfälle, die einem Vergleich verschiedener Systeme zugrunde zu legen sind, für die Leistung, die Kosten und für ähnliches mehr müssen übereinstimmend definiert und festgelegt sein. Auch hier können Arbeitsgruppen von EUROSPACE wertvoll unterstützen.

Die Durchführung der Studien soll in drei Gruppen gegliedert werden, die

<u>I. Vorarbeit</u>	<i>Spezifikation, Arbeitsteilung, Auswertungsverfahren</i>	<u>Dauer</u> 3 Monate
<u>II. Durchführung</u>		
	a) <i>Teilprobleme</i> z. B. <i>Rendez-vous, Stufentrennung, Kostenverfahren</i>	
	b) <i>Systemstudien</i> <i>Zunächst Gesamtspektrum der Europa 1980 interessierenden Systeme</i> <i>Dann zwei besonders aussichts= reiche Systeme</i>	
	c) <i>Technologische Versuche ausge= wählte kritische Fragen (z. B. Wärmeschutz, Aerodynamik)</i>	24 Monate
<u>III. Bericht</u>	<i>Gemeinsame Empfehlung über das europäische Vorgehen, das günstigste System, sowie Kosten und Arbeitspläne</i>	<u>3 Monate</u>
	<i>Gesamtdauer</i>	30 Monate
	<i>Gesamtkosten</i>	- 24 Mio. DM

BLD 3 — Zweijährige Durchführbarkeitsstudien
(Vorschlag HSA/JFM)

simultan arbeiten: Systemstudien, theoretische Behandlung von Teilproblemen und Klärung kritischer Punkte durch Versuche. Zu den Systemstudien gehören unter anderem:

Eine Annahme über die Europa in 1980 interessierenden Raumfahrtssysteme, wofür Bild 8 ein rohes Beispiel und der bevorstehende EUROSPACE-Bericht nähere Angaben liefern; passend ausgewählte Transportsysteme und eine Analyse der in die engere Wahl kommenden Systeme. Der Einfluss der verschiedenen Parameter auf das Entwicklungsrisiko, die Kosten und die Zuverlässigkeit soll festgestellt werden.

Zu den parallelen Untersuchungen der Teilprobleme gehören:

Die Grenzen der Raketentriebwerke und ihrer Kombinationen mit luftatmenden Triebwerken für einen betriebssicheren Einsatz in fünf bis zehn Jahren;

Werkstoffe für extreme Beanspruchung durch Kälte oder

Wärme und ihre Anwendung im statischen Verband;

Hyperschallflugzeuge mit brauchbaren Landeeigenschaften; die Ausrüstung für den Menschen im Raum;

dazu Untersuchungen, wie der Start in Europa, Flugbahnen, Stufentrennung, Rendezvous, Wiedereintritt, Störungen, Notfälle, Kosten der Entwicklung, Betriebskosten und die Untersuchungen über die Nutzlasten.

Für einzelne Teilprobleme sind gleichzeitig Versuche nötig, um zuverlässige Daten zu erhalten.

Das gilt besonders für die Werkstoffe, die unter extremen Temperaturen uns noch weitgehend unbekannte Eigenschaften haben;

für das spezifische Gewicht der Struktur, das den kleinen Anteil der Nutzlast entscheidend beeinflusst;

für zahlreiche Erscheinungen bei den Triebwerken und einige der Flugmechanik.

Eine Sonderstellung nehmen vielleicht die Probleme der Ausrüstung für den Menschen im Raum ein. Angesichts der grossen Anstrengungen, die dafür von den Vereinigten Staaten mit Erfolg unternommen wurden, sollte Europa hier nicht von vorn anfangen.

Einzelne der zu den aufgeführten Themen gehörenden Untersuchungen befinden sich in den bestehenden Arbeitskreisen in Bearbeitung. Ihre Ergebnisse müssen jedoch in den eventuell offiziell gebildeten Studiengruppen nochmals zur Diskussion gestellt werden. Andernfalls würden sich Lücken in der gemeinsamen Meinungsbildung ergeben.

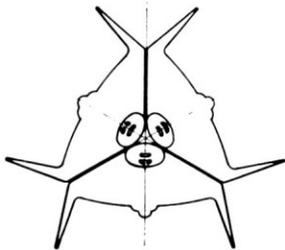
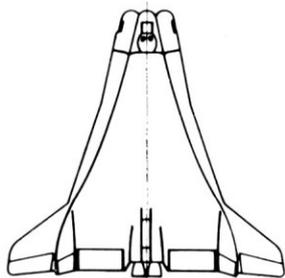
Für eine erfolgreiche Arbeit ist eine enge Verknüpfung mit den Forschungsinstituten nötig. Teils sind Fragen der Grundlagenforschung zu beantworten, ehe die Industrie auf ihren Annahmen weiterbauen kann, teils ist es wünschenswert, dass die angewandte Forschung Theorie und Versuchsmethoden weiter entwickelt. An einzelnen Stellen zeigte sich, dass Forschungsinstitute gern ihre Programme nach den Bedürfnissen dieser Studien ausrichten. Die entstehende engere Verbindung ist für die Forschung wie die Industrie vorteilhaft.

Die gemeinsame Meinung findet ihre Feststellung in dem Abschlussbericht, der die Empfehlung für das weitere Vorgehen begründen und die damit verbundenen Folgen für den Fortschritt der Technik und den Aufwand an Geld, Personal und Einrichtungen ausführlich wiedergeben soll.

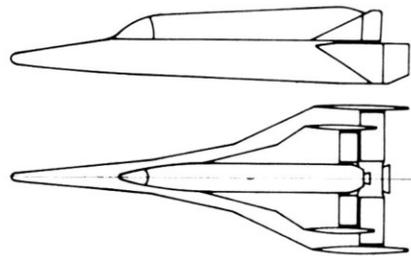
Spätestens die letzte Periode der Studien und der Schlussbericht müssen

in möglichst enger Föhlung mit den Behörden ausgeföhrt werden. Für die anschließende Willensbildung der Regierungen ist nötig, dass ihre Organe mit den Voraussetzungen und den Überlegungen im einzelnen vertraut sind. Dazu gehört auch ein laufender, enger Gedankenaustausch zwischen den Regierungen, der schon am Beginn der Studien eine gewisse Auswahl und Bewertung der möglichen Flugaufgaben vorbereitet. Diese Abstimmung zwischen den Regierungen erscheint auch bei einer Ablehnung der gemeinsamen Entwicklung eines Grossprojektes angebracht. Wegen der möglichen Tragweite des Projekts sollten auch in diesem Fall die Gründe eingehend schriftlich festgehalten werden.

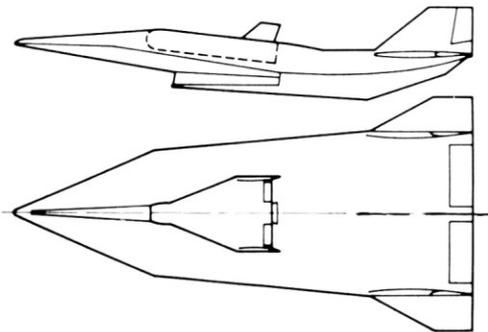
Im folgenden werden weitere Ergebnisse der bisherigen Studien angeführt. Als Beispiel für die Vorstellungen zeigt Ihnen das nächste Bild (4) drei Modelle von Raumtransportern, die in der europäischen Arbeitsgemeinschaft näher diskutiert werden. Zwei Firmen hatten im Rahmen der Systemstudien zunächst jede für sich ein amerikanisches System analysiert, über das hinreichende Daten veröffentlicht waren. Ein Vergleich der Ergebnisse brachte



Vertikalstart
2 Stufen (3 Teile)
Raketenantrieb (H_2+O_2)
für beide Stufen



*Horizontaler Katapultstart, 2 fliegende Stufen,
Raketenantrieb (H_2+O_2) für beide Stufen*



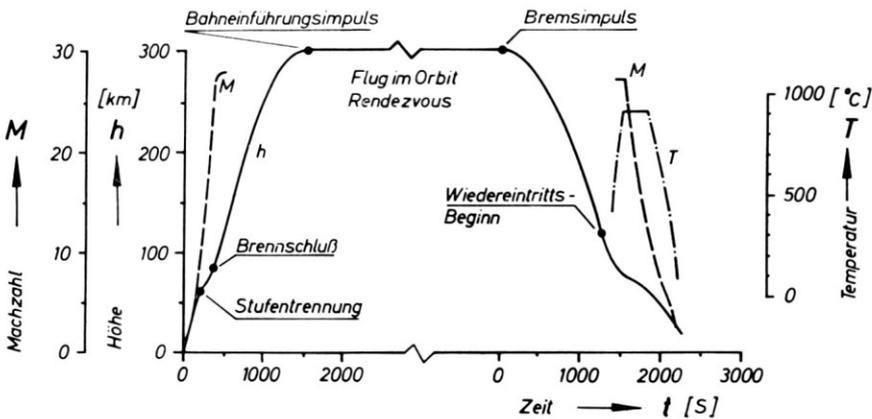
Horizontalstart, 2 fliegende Stufen, Stufe I: Raketenantrieb mit Luftbeimischung, Stufe II: Raketenantrieb

BLD 4 — Typische europäische Raumtransporter-Projekte
(BAC, HSA, JFM)

die Stellen heraus, wo von verschiedenen Annahmen ausgegangen oder mit verschiedenen Methoden gearbeitet wurde. Diese Unterschiede wurden gemeinsam bearbeitet, bis die gleichen Grundlagen für alle Beteiligten festgestellt waren. Dann trugen einzelne Firmen über die Modellsysteme vor, die sie ihren Studien zugrunde gelegt hatten. Bemerkenswert ist, dass unabhängig davon, ob die Startart vertikal, wie in der linken Bildhälfte, oder horizontal ist, bei diesen Systemen nur cluster- oder Huckepack-Anordnungen vorgesehen sind. Auch ist bei allen Entwürfen die Endstufe von Raketen angetrieben. Aber es bleiben noch genügend Unterschiede:

Im linken Bild heben zwei raketentriebene Stufen im Vertikalstart die Endstufe. In der rechten Hälfte sehen Sie zwei Modelle für Horizontalstart, unten mit einer luftatmenden ersten Stufe, oben beide Stufen wieder raketentrieben.

Ferner interessiert Sie ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf einer Raumtransporter-Mission. Bild 5 zeigt Ihnen einen Verlauf der Höhe über der Zeit bei Auf- und Abstieg. Daneben sind die Machzahlen angegeben, sowie für den Abstieg die Temperatur auf der Flügelunterseite. Hier sollen legierte Stähle angewendet werden, während die höheren Temperaturen im Staupunkt durch Ablationsmaterial aufgefangen werden.



BLD 5 — RT-Missionsprofil

Im gezeigten Beispiel ist der Wiedereintritt so gesteuert, dass eine gegebene Temperaturgrenze nicht überschritten wird und dass zugleich die insgesamt aufgenommene Wärmemenge möglichst klein bleibt. Beim Aufstieg spielt die Wärme wegen der niedrigeren Geschwindigkeit und der kürzeren Zeit keine kritische Rolle.

Die erste Stufe soll in etwa 50 km Höhe eine Machzahl in der Grössenordnung von 9 erreichen. Wenn sie antriebslos zum Startort zurückkehren

soll, müsste die Gleitzahl gut sein. Andererseits sind zur Sicherheit bei der Landung Triebwerke erwünscht. Damit kann der Rückflug über die Strecke hinaus ausgedehnt werden, die antriebslos möglich wäre. Das Konzept der ersten Stufe hat Ähnlichkeit mit einem Verkehrsflugzeug für Hyperschall.

Die zweite Stufe bleibt im gezeigten Beispiel mit der Verzögerung beim Wiedereintritt unter 3 *g*. Damit wird sie etwa 10 bis 20 Minuten den höchsten zulässigen Temperaturen ausgesetzt, die aus Sicherheitsgründen zu 1000°K angenommen wurden. Doch gibt es auch andere Forderungen an eine Optimierung der Flugbahnen. Dieser Teil der Studien ist noch nicht abgeschlossen.

Die bisherigen Entwürfe streben an, über so grosse Manövrierfähigkeit innerhalb der Atmosphäre zu verfügen, dass verschiedene Landeplätze angeflogen werden können. Ein endgültiges Projekt wird von der Aufgabenstellung der Behörden ausgehen und danach die Manövrierfähigkeit bestimmen.

Im Bild ist die mittlere Phase mit dem Rendezvous nicht aufgeführt, da sie stärker von den Bedingungen des einzelnen Falles abhängt. Die kürzeste Zeit für ein Rendezvous-Manöver entspricht etwa einem halben Umlauf. Der geringste Treibstoffverbrauch wird bei einem grösseren Zeitaufwand erreicht, der vielleicht zwei Umläufen entspricht.

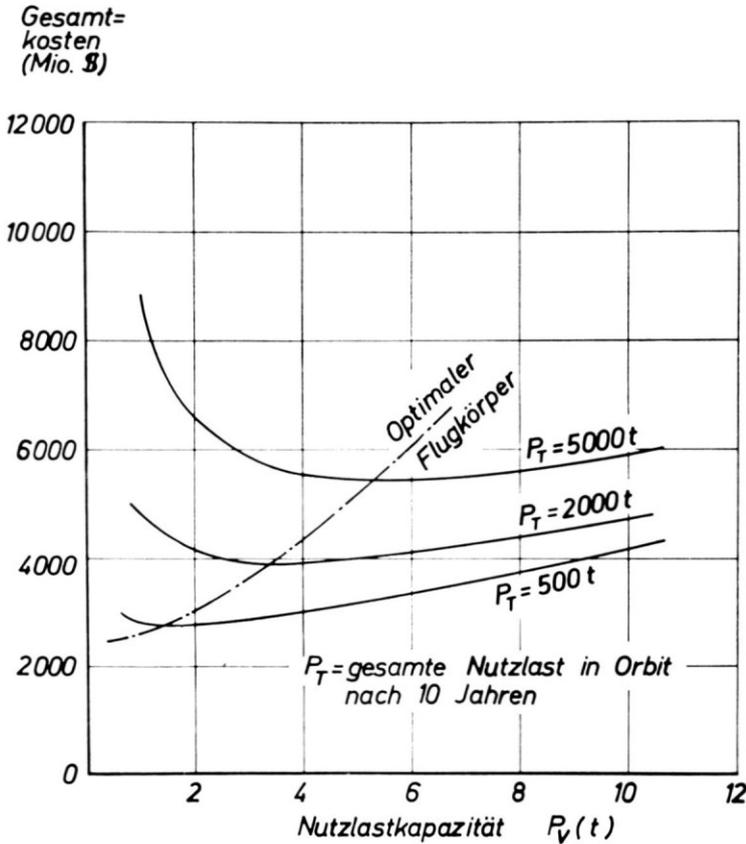
Um die gesamte Flugzeit abzuschätzen, ist der Zeitaufwand für das Ausladen der Nutzlast und die Aufnahme der zur Erde zu transportierenden Güter dazu zu rechnen oder z.B. die Zeit für eine Reparaturarbeit.

Schliesslich ist die Wartezeit für die gewünschte Eintauchposition in die Atmosphäre zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass zwischen Start und Landung normalerweise weniger als 24 Stunden liegen werden.

Die Zeitdauer und der Treibstoffaufwand für etwaige Manöver, wie z.B. für einen Wechsel der Bahnebene werden von der Flugaufgabe entscheidend bestimmt. Die Ergebnisse der bisherigen Studien geben Anhaltspunkte, welche eine bessere Definition der weiter durchzuführenden Untersuchungen ermöglichen.

Die Bedeutung der langfristigen Planung im Rahmen dieser Studien tritt immer wieder zu Tage, wenn die Kosten diskutiert werden. Bild 6 zeigt einen Ausschnitt aus den Untersuchungen über die optimale Nutzlast. Diese ist als Abszisse aufgetragen, während die Ordinate die Gesamtkosten eines Systems zeigt. Sie schliessen sowohl die Kosten für die Entwicklungen ein als auch die Kosten für den Transport der Nutzlasten. Der Parameter der Kurven ist die Summe der Lasten, welche in einer Periode von 10 Jahren befördert wird. Mit der Annahme dieser Grösse hängt die optimale Nutzlast für den Einzelflug und damit das Startgewicht des Raumtransporters eng zusammen.

Ein wesentlicher Teil der Studien gilt den Voraussetzungen für eine etwaige Verwirklichung. Da das Vorhandensein eines europäischen Raumfahrtprogrammes eine entscheidende Rolle spielt, zählt das Bestehen einer



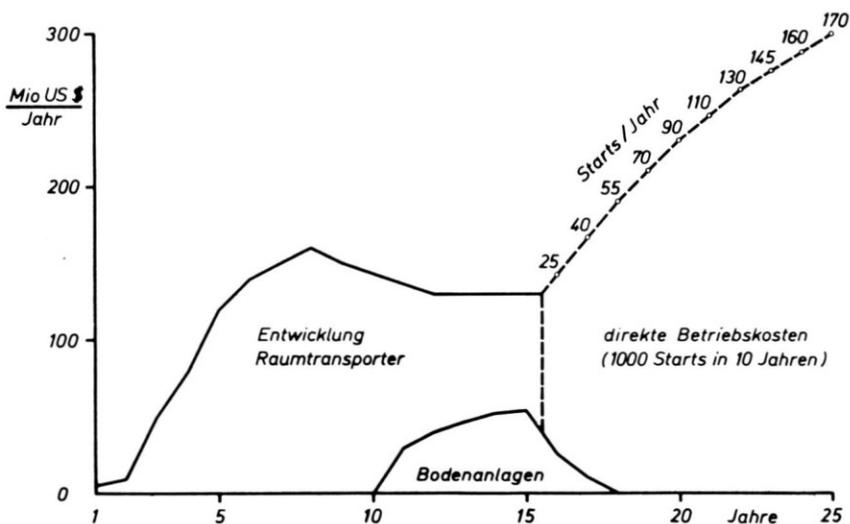
BLD 6 — Gesamtkosten über der Nutzlast für zweistufigen Raumtransporter

europäischen NASA zu den notwendigen Voraussetzungen. Zwar können die Vorstudien noch mit koordinierten Verabredungen zwischen den Regierungen beginnen. Doch ihre Auswertung und die Projektdefinition erfolgen zweckmässig unter einer einheitlichen Behörde, in welcher die Regierungen vertreten sind.

Während für das Gesamtprogramm sowie für die Auswertung von Studien über Grossprojekte und für deren Definition die übergeordnete Behörde erforderlich ist, könnte die Durchführung der Entwicklung eines neuen Raumtransportsystems der ELDO übertragen werden. In dieser Organisation erscheint zwar der Weg der Entscheidungen über die Kommissionen schwerfällig, jedenfalls schwerfälliger als bei ESRO, doch ist das kein grundsätzliches Hindernis.

Bei den seriösen Schätzungen der Entwicklungskosten ergaben sich im wesentlichen nur Unterschiede durch die Definition der unter diesem Titel

anzurechnenden Arbeiten. Die beiden letzten Bilder sollen Ihnen eine Vorstellung von den Kosten geben. Bild 7 zeigt Ihnen die Kosten, die gemäss den Vorstudien für ein Beispiel eines zweistufigen, raketentriebenen Systems durch Entwicklung und Betrieb entstehen.



BLD 7 — Kosten für Entwicklung und Betrieb eines Raumtransporter-Systems

Die gezeigten Werte stammen aus einer Auswertung der in den USA und in Europa veröffentlichten Kosten bei Entwicklungen. Natürlich ist die Übertragung dieser Werte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Sie kann im Zug der weiteren Arbeit, insbesondere durch die Teilnahme der Behörden, verringert werden.

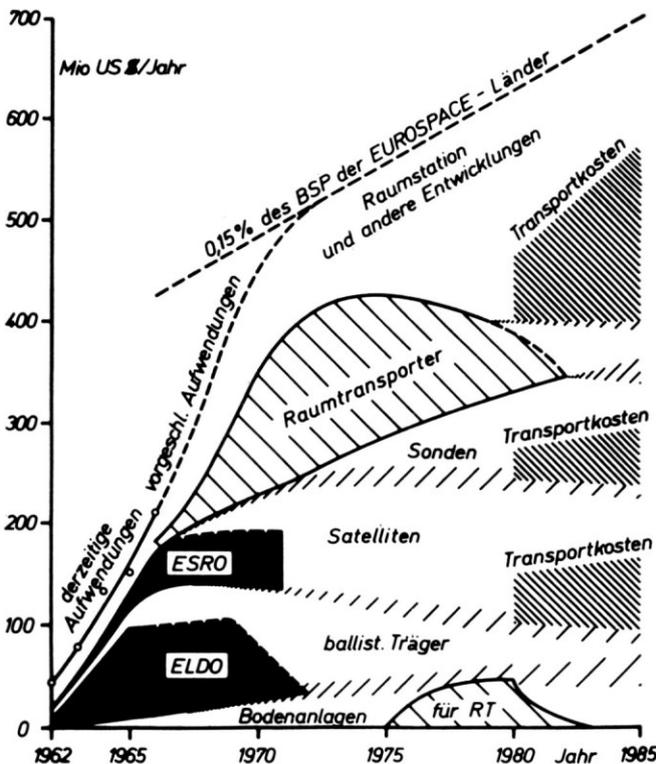
Die Entwicklungskosten für ein zweistufiges Transportfahrzeug von 200 to Startgewicht mit den gleichen Raketentriebwerken in beiden Stufen werden auf knapp 1.5 Milliarden Dollar geschätzt. Darin sind eingeschlossen etwa 250 Millionen Dollar für die Bodenanlagen für Bahnverfolgung mit Telemetrie, Tanken, Check-out, Start, Landung und Überholung. Diese Beträge entsprechen einer mittleren jährlichen Belastung von 100 bis 150 Millionen Dollar. Da der Entwicklung eine dreijährige Phase des Studiums und der gemeinsamen Planung vorausgehen soll, wird die endgültige Kostenschätzung mit grösserer Wahrscheinlichkeit eingehalten, als es bisher bei bekannten Grossprojekten der Fall war. Im Bild sind noch die anschliessenden Betriebskosten für 1000 Starts in 10 Jahren gezeigt.

Da bei Raumfahrtprojekten die Transportkosten etwa ein Drittel bis die Hälfte des Gesamtprogrammes ausmachen, hat eine Senkung der Kosten

auch Bedeutung für den möglichen Umfang der Entwicklungsarbeiten. Es wurde schon versucht, die Betriebskosten für den Transport mit ballistischen Raketen zu vergleichen mit den Kosten eines neuen Systems. Für die Beförderung in der Richtung von der Erde zur Umlaufbahn sind bisher keine erheblichen Unterschiede nachgewiesen worden. Dagegen scheinen die Kosten für die umgekehrte Richtung beim neuen System etwa nur ein Fünftel der Kosten des bisherigen Verfahrens zu betragen. Auch hier ist eine verlässliche Angabe erst im Zug der weiteren Studien zu erwarten.

Aber es erscheint falsch, das Transportsystem mit den Transportkosten zu belasten. Diese sind vielmehr anderen Projekten zuzurechnen, nämlich den Nutzlasten wie Satelliten, Sonden oder der Versorgung einer Raumstation, welche den Transport nötig machen.

Diesen Zusammenhang zeigt Ihnen das letzte Bild (8). Entsprechend den Vorstellungen, welche bei EUROSPACE diskutiert werden, ist hier angenommen, dass die Länder, welche Mitglieder in EUROSPACE haben, 0,15% ihres BSP für Raumfahrttechnik ausgeben werden. Sie würden damit ein Sechstel der



BLD 8 — Europäisches Raumfahrtprogramm incl. eines Raumtransporter-Systems

heutigen spezifischen Anstrengungen der Vereinigten Staaten unternehmen. Dieser Aufwand würde sich auf Versuchs- und Betriebsanlagen am Boden, die Entwicklung von Satelliten, Trägersystemen, Sonden und Raumstationen, sowie auf den Bau, Transport und Betrieb der Gebrauchsgeräte verteilen. Erst gegen den Hintergrund eines gemeinsamen langfristigen europäischen Raumfahrtprogramms, dessen Gesamthöhe den wirtschaftlichen Notwendigkeiten der beteiligten Staaten entspricht, können wir die Kosten für das ELDO-Programm oder für die Entwicklung neuer Trägersysteme beurteilen. Es hat nur beschränkten Sinn, die ELDO-Kosten heute isoliert zu betrachten, z.B. zu diskutieren, ob sie hoch oder angemessen sind. Ihre Bedeutung kann erst im Zusammenhang mit einem vollständigen Raumfahrtprogramm beurteilt werden.

Die Kosten für ELDO und für ESRO sind im Bild (8) schwarz angelegt. Dazu wurden als Beispiel die Kosten für die Entwicklung eines neuen Transportsystems schraffiert eingetragen. Die Verwaltung eines Gesamtprogramms wird einen gewissen Spielraum vorsehen, um kleinere Kostenüberschreitungen ohne Programmänderung aufzunehmen. Im übrigen wird solch ein Programm laufend überprüft werden, um grösseren Änderungen der Kosten oder der Technik Rechnung zu tragen. Doch ändert sich dabei nicht wesentlich die Spezialisierung der Gruppen von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Managern, die auf den angeführten Gebieten an der Erweiterung unseres theoretischen und praktischen Könnens arbeiten.

Wir haben zum Schluss den Fall zu betrachten, dass das Ergebnis der Studien negativ ausfällt. Es ist vorstellbar, dass die vorzuschlagende Lösung die Kapazität Europas übersteigt, und dass die Vereinigten Staaten an der Beteiligung Europas bei solchen Projekten nicht interessiert sind. Was erhalten die europäischen Staaten in diesem Fall für ihre Anstrengungen, ihren Aufwand an Geld und Arbeitskraft?

Drei wertvolle Ergebnisse sind sicher: Eine weitgehende Vorbereitung gemeinsamer Projekte, eine Analyse des langfristigen europäischen Bedarfs an Raumfahrtssystemen und eine Angabe über die technologischen Fortschritte, die Europa bei gemeinsamen Entwicklungen auf diesem Gebiet erreichen kann. Diese Unterlagen werden in jedem Staat in mehreren Behörden benötigt, schon um die Tagesfragen im Rahmen weitergehender Vorstellungen richtig zu entscheiden. Aber auch um über eine bessere Grundlage für die jeweiligen Mehrjahrespläne zu verfügen.

Ausserdem kommt gerade an diesem Beispiel die besondere Bedeutung einer Beschäftigung mit der Raumfahrttechnik klar heraus. Wichtiger als die Beschleunigung des technischen Fortschrittes ist nach meinem Dafürhalten der Zwang zum minutiösen Durchdenken der Aufgaben und Lösungen. Die Raumfahrttechnik stellt im allgemeinen ein stetes Weitergehen dar auf den Wegen, die von der Luftfahrt und der Flugkörpertechnik vorgezeichnet sind. Doch bedeuten die Planung und die Führung der Raumfahrtarbeiten einen

Sprung in eine neue Grössenordnung. Es müssen auch sekundäre und ferner liegende Zusammenhänge genau und einwandfrei erfasst werden. Es wachsen sonst bei der Entwicklung die Kosten und der Zeitaufwand in nicht vorhersehbarem Mass; es kann sonst das Erreichen des Zieles überhaupt in Frage gestellt sein.

Abgesehen vom wissenschaftlichen und technischen Wert liegt die Beschäftigung mit der Raumfahrttechnik im öffentlichen Interesse, da durch die strengen Forderungen eines grossen Projekts zwangsweise die Bedingungen einer neuen Phase der Technik und der Industrie, vielleicht sogar der Zivilisation erfüllt werden.

Die Studien sollen nicht nur diese Entwicklung vorbereiten. Sie sollen auch ermöglichen, die Folgen abzuschätzen, welche die Entscheidung, heute keine Entwicklung zu beginnen, für unsere Zukunft haben kann.

Es werden heute noch an vielen Stellen der Technik, der Wirtschaft und der Politik Eingriffe vorgenommen, ohne dass die zuständigen Stelle eine ausreichende Unterlage haben für eine Abschätzung der Folgen für alle betroffenen Bereiche. Sie können heute geltend machen, dass sie nicht über das dafür geeignete Personal verfügen. Im Rahmen solcher Studien entstehen Arbeitsgruppen, welche dazu beitragen, diesem Mangel abzuhelpfen.

DISCUSSION

Maurice Roy (ICAS Honorary Chairman, Paris): I would like to present some comments on Herr Henrici's interesting paper. To make translation easier for the interpreters I shall talk in English because the translation in French would certainly be easier here than the reverse.

The concept of what is called 'Aerospace Transporter' is beginning to be well known and is no longer considered to be purely an object of science-fiction, thanks mainly to the co-operative efforts spent on this matter during the past three years by EUROSPACE, efforts to which Mr. Henrici has greatly contributed.

His paper summarises usefully some realistic aspects and provisional conclusions of the EUROSPACE studies.

Let me stress here the four following points:

1. For all future tasks of transportation in space an Aerospace Transporter offers to the old industrial and still inventive countries of Europe the realisation of a way which will certainly be needed in the future and is apparently not yet undertaken by the present leading Space Powers, USA and USSR. Consequently, it offers to these European countries the chance of an original as well as a fruitful co-operative long-term undertaking.

2. Such an undertaking exceeds the capacity of any single European

country and requires the close and firmly decided and intelligently organised co-operation of several countries.

3. EUROSPACE has until now recommended only a prompt undertaking of the feasibility study which is the preliminary technical and economical step for giving seriously evaluated basis to a final decision and to a choice of the solution to be preferred.

4. The preparation, decision and realisation of such a long-term project would bring the most stimulating help and support to the continuation of aeronautical progress for peaceful uses well into the future.

At this time when we contemplate especially the past century of the Royal Aeronautical Society and the progress of aeronautical sciences as the I.C.A.S. fundamental objective, it seems to me to be opportune to affirm my conviction that the long-term undertaking of an Aerospace Transporter would reconcile Aeronautics and Astronautics and could raise up the desirable and necessary enthusiasm of the youngest scientists and engineers of today and tomorrow.

A. D. Baxter (President, Royal Aeronautical Society, London): There has been considerable emphasis in the early part of the Congress on the future importance of international collaboration. This paper indicates that already individual firms have gone some considerable way on their own initiative. It is clear, too, that further progress must depend upon interest and co-operation at government level. Although Herr Henrici's proposal seems to be on a heroic scale compared with what has been attempted so far, it has the advantage that it can proceed in modest stages and that it is not essential to commit very large sums over very long periods until the picture becomes much clearer.

All that is necessary at this stage is for governments to agree that studies should be sponsored. A little later after the ground has been cleared the next steps should be possible with some confidence. I hope that we will not suffer from the dangers emphasised by Prince Philip — first, lack of decision and, second, the wrong decision.

Professor Bock (D.V.L., Oberpfaffenhofen): Zu den Worten von Herrn Prof. Roy möchte ich in meiner Eigenschaft als Präsident des Rates der ELDO einige Sätze hinzufügen. Ich habe den Vortrag von Herrn Henrici ausserordentlich begrüsst, denn er zeigt in sehr klarer Weise, welche Möglichkeiten uns der Raumtransporter für die Zukunft gibt, welche Probleme mit seiner Verwirklichung verbunden sind und welche Kosten die vorbereitenden Studien mit sich bringen werden.

Zwei Gesichtspunkte möchte ich dabei besonders unterstreichen: Die Notwendigkeit einer gemeinsamen europäischen Politik auf dem Raum-

fahrtgebiet und einer Planung der Arbeiten auf lange Sicht. Über die erste Frage will die Konferenz der Minister, die im Rahmen der ELDO für Dezember dieses Jahres vorgesehen ist, ausführlich sprechen. Die zweite Frage macht uns in der ELDO grosse Sorge. Denn leider sind die Mittel, die uns zur Vorbereitung des künftigen Programms der ELDO bewilligt werden, sehr knapp und gestatten nicht Vorstudien, wie sie mit Recht von Herrn Henrici vorgeschlagen sind. Wir wollen hoffen, dass sich die zuständigen europäischen Regierungen bald entschliessen auch für das Studium der künftigen möglichen Anwendungen der Raumfahrt in Forschung und Wirtschaft und der technischen Wege zu ihrer Verwirklichung die unbedingt notwendigen Mittel zur Verfügung zu stellen.

J. Henrici: Die Kommentare führender Wissenschaftler aus England, Frankreich und Deutschland zeigen übereinstimmend:

(1) Es ist zweckmässig, dass diese drei Länder gemeinsam studieren, welche Fortschritte möglich sind, wenn sie ein grosses, langfristiges Projekt der Luft- und Raumfahrt zusammen unternehmen würden.

(2) Die für die Studien notwendigen Geldmittel sind im Rahmen der heute üblichen Budgets verfügbar ('... can proceed in modest stages').

Erlauben Sie mir hinzuzufügen, dass die zuständigen Behörden in England wie in Deutschland bereit sind, zu der vorgeschlagenen Zusammenarbeit. Hoffentlich ergreift nun eine Behörde die Initiative.

Das Vorgehen entspräche auch wirtschaftlichen Bedürfnissen, denn wie der 'Economist' schon vor über einem Jahr festgestellt hat: Die Luft- und Raumfahrtindustrie Europas kann nur durch gemeinsame langfristige Projekte wesentliche Bedeutung im Rahmen der Volkswirtschaft erhalten.