



Prof. Dr.-Ing. E.h. Chul Park

Chul Park

Reden bei der Akademischen Feier
aus Anlaß der Verleihung
der Ehrendoktorwürde (Dr.-Ing. E. h.)
an Prof. Dr.-Eng. Chul Park
durch die Universität Stuttgart
am 5. November 1999

Reden und Aufsätze
herausgegeben im Auftrag des Rektorats der Universität Stuttgart
von Ottmar Pertschi

© Universitätsbibliothek Stuttgart 2004
Postfach 10 49 41, D-70043 Stuttgart
Telefon (07 11) 1 21-22 22; Telefax 1 21-35 02
Satz und Druck: Offizin Chr. Scheufele, Stuttgart
ISSN 0940-0710
ISBN 3-926269-50-2

Inhalt

| | |
|---|----|
| <i>Monika Auweter-Kurtz</i> Vorwort | 7 |
| <i>Günter Pritschow</i> Begrüßung zur akademischen Feier anlässlich der Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber | 9 |
| <i>Monika Auweter-Kurtz</i> Laudatio für Professor Dr.-Eng. Chul Park, NASA Ames Research Center, San Jose, USA | 13 |
| <i>Chul Park</i> Danksagung | 23 |
| <hr/> | |
| <i>Chul Park</i> Future of Technology of High Speed Flight | 27 |

Vorwort

Die Verleihung der Würde eines Ehrendoktors ist die höchste Auszeichnung, mit der die Universität Stuttgart die herausragenden Leistungen einer Forscherpersönlichkeit würdigt. Sie stellt damit ein ganz besonderes Ereignis im akademischen Leben dar.

Mit Herrn Professor Dr. Chul Park wird eine weltweit hochangesehene Persönlichkeit für hervorragende ingenieurwissenschaftliche Leistungen geehrt. Prof. Chul Park gehört zu den immer seltener werdenden Forscherpersönlichkeiten, die gleichermaßen zu herausragenden experimentellen wie theoretischen Leistungen befähigt sind. Er hat die noch junge Disziplin der Nichtgleichgewichts-Aerothermodynamik begründet und prägt sie bis heute ganz entscheidend mit. Seine Arbeiten haben wesentlich zum erfolgreichen Gelingen zahlreicher Raumfahrtmissionen beigetragen. Darüber hinaus ist Prof. Chul Park auch als Raumfahrtarchitekt tätig. Seine konzeptionellen Entwürfe haben in den Planungen von Raumfahrzeugen Eingang gefunden.

Seit Jahren verbringt Prof. Dr. Chul Park mehrere Wochen im Jahr am Institut für Raumfahrtssysteme der Universität Stuttgart. Er hat während seiner Forschungsaufenthalte viele Promovierende mit Rat und Tat unterstützt und zahlreiche Freunde gefunden, zu denen auch ich mich seit Jahren zählen darf.

Daß die Universität Stuttgart Herrn Prof. Dr. Chul Park mit der Ehrendoktorwürde auszeichnet, erfüllt mich mit großer Freude.

Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Auweter-Kurtz
Dekanin der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
der Universität Stuttgart

Günter Pritschow*

Begrüßung zur akademischen Feier anläßlich der
Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber
an Herrn Prof. Dr.-Eng. Chul Park
vom NASA Ames Research Center
in San Jose, CA, USA

Sehr verehrte Frau Park,
sehr geehrter Herr Park,
sehr geehrte Ehrensenatoren und -doktoren,
verehrte Gäste,
liebe Studierende,
liebe Mitglieder unserer Universität,

in welcher Stimmung Sie auch hergekommen sein mögen, die Musik von Mozart (Oboenquintett, KV 406, 2. Satz: Andante) hat uns in Feststimmung versetzt. Sie bildet den würdigen Rahmen für die heutige Veranstaltung, die einem außergewöhnlichen Mann gewidmet ist und zu der ich Sie hier im Senatssaal unserer Hochschule sehr herzlich begrüße.

Wir haben Sie heute abend eingeladen, um teilzunehmen an der Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber der Universität Stuttgart an eine herausragende Ingenieurs- und Wissenschaftlerpersönlichkeit, und ich freue mich, daß Sie, meine Damen und Herren, unserer Einladung so zahlreich gefolgt sind. Das zeigt sehr deutlich, daß der zu Ehrende nicht nur an unserer Hochschule hohes Ansehen und Wertschätzung genießt, sondern auch im weiten Umfeld seines Wirkens – ich möchte sagen: weltweit.

Wir ehren heute abend einen Pionier der Raumfahrtentwicklung, der sich seine Verdienste speziell in der Klärung von Phänomenen auf dem Gebiet der Belastung von Raumtransportfahrzeugen beim Wiedereintritt in atmosphärische Bereiche erworben hat. Uns allen ist bekannt, daß die Hitzeschilde von Raumfahrzeugen beim Eintritt in die Atmosphäre großen Hitze-

* Prof. Dr.-Ing. h. c. Günter Pritschow, Rektor der Universität Stuttgart

belastungen ausgesetzt sind. Die Frage lautete früher: Wie berechnet man so etwas?

Der Ingenieur arbeitet auf der Basis von Experiment und Modellvorstellung, und hier sind die Verdienste von Herrn Prof. Park anzusiedeln: Es gelang ihm, die Nichtgleichgewichtssituation von Materialien unter hoher Strömung und großem Hitzeeinfluß modellhaft darzustellen und über Experimente zu verifizieren. Damit war man in der Lage, Vorhersagen über das thermische und chemische Verhalten von Hitzeschildern bei Raumfahrzeugen beim Wiedereintritt in die Atmosphäre abzuleiten.

Chul Park hat damit einen wichtigen Baustein zum Vollenden von Fahrzeugen beigetragen, die schon im vorigen Jahrhundert die Phantasie von Schriftstellern angeregt haben, wenn es darum ging, Mutter Erde zu verlassen, um ferne Planeten zu besuchen. Ich erinnere an Jules Verne, der in seinen Romanen „Reise um den Mond“ oder „Von der Erde zum Mond“ die Träume beschrieb, die die Menschheit schon lange geträumt hat.

Diese Träume sind inzwischen Wirklichkeit geworden! Forschungsleistungen von Wissenschaftlern in aller Welt, aber auch deutsche Wissenschaftler haben ihren Beitrag dazu geleistet. Ich erinnere hier an die Raketenpioniere Hermann Oberth, an Eugen Sänger und an Wernher von Braun, der maßgeblich im Krieg die Entwicklung der Raketentechnik in Peenemünde beeinflusst hat und nach dem Krieg als Leiharbeiter in den USA das SATURN-Projekt vorantrieb, mit dem schließlich die Mondlandung gelang. An der Geschichtsschreibung der Luft- und Raumfahrtentwicklung hat sich aber auch die Universität Stuttgart von Anbeginn beteiligt.

Als neues Lehr- und Forschungsgebiet wurde bereits 1910/11 die für Württembergs industrielle Entwicklung bedeutsame Luftschiffahrt, Flug- und Kraftfahrzeugtechnik in der damaligen Königlich Technischen Hochschule institutionalisiert und Alexander Baumann übertragen. Bis zum WS 1925/26 hielt Baumann 12 verschiedene Vorlesungen, zuletzt sogar über das neu entstehende Gebiet des Segelflugs. Baumann gilt somit als erster deutscher Hochschullehrer, der das Fach der Konstruktion von Flugmaschinen lehrte.

Die Einrichtung dieser Lehr- und Forschungsstätte wurde übrigens in der Haushaltsdebatte des Landtags mit der Bedeutung der Automobilindustrie für Württemberg und mit dem Hinweis begründet, daß Württemberg als das „Vaterland der Luftschiffahrt“ gelten dürfe. Die „Pflicht, die das Land durch Männer wie Daimler und Zeppelin empfangen hat“, sollte weiter gepflegt werden. Außerdem war man der Auffassung, daß „auf den Gebieten, auf denen württembergische Landeskinder in bahnbrechender Weise

vorgearbeitet und den Ruhm schwäbischen Erfindergeistes, schwäbischen Fleißes und schwäbischer Tatkraft in alle Welt getragen haben, da muß unser Land suchen, sich an der Spitze zu halten.“

Solche Sätze lassen sich auch heute noch gut zur Einwerbung von Wissenschaftsunterstützung verwenden, und selten sah man im Landtag auch damals so wenig Widerspruch zur Einrichtung des neuen Lehr- und Forschungsfaches an der TH, das immerhin mit einem jährlichen Zukunftsaufwand von 9000 Mark bedacht wurde.

Das Lehrgebiet Luftfahrttechnik gedieh in der Folgezeit prächtig an der TH, und so wurde aus diesem Lehrgebiet 1955 die „Abteilung für Luftfahrttechnik“ gegründet. Bekannte Namen sind mit der Luftfahrttechnik-Ausbildung in Stuttgart verbunden: Kutta, Kamm, Madelung, Weise, Sänger, Hütter, Argyris, Bosnjakovic, Wortmann, Bühler, dem 1986 der Wissenschaftsastronaut Messerschmid folgte: Namen, die alle für ihr Spezialgebiet stehen, sei es die Aerodynamik, Statik und Dynamik, Thermodynamik, Konstruktionslehre oder Raumfahrtantriebe.

Die heutige Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik trägt den gleichnamigen Studiengang mit den 8 Vertiefungsfächern Statik und Dynamik, Strömungslehre, Thermodynamik, Flugmechanik und Flugregelung, Flugzeugbau und Leichtbau, Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen, Raumfahrtssysteme und Raumfahrtnutzung und Datenverarbeitung. Neben der Bundeswehr-Universität in München bietet die Universität Stuttgart als einzige deutsche Hochschule Luft- und Raumfahrttechnik als eigenständigen Studiengang an. Er findet derzeit mit durchschnittlich 270 Anfängern pro Jahr mehr Zuspruch als der klassische Maschinenbau (209).

Auch auf der Forschungsseite ist die Stuttgarter Luft- und Raumfahrttechnik außerordentlich aktiv, Neuentwicklungen haben Tradition. Ich erinnere an „Lotte“, das weltweit erste solargetriebene Luftschiff, das 1992 unter Mitwirkung von Studierenden in Stuttgart entstand. Ich erinnere an das Projekt ICARE, mit dem die Stuttgarter Wissenschaftler und Studierenden den international ausgeschriebenen Berlinger-Preis gewannen, und die Materialforschung besitzt in dieser Fakultät ebenfalls einen hohen Stellenwert. Das Modell für die internationale Weltraumstation ISS, ein Weltraumprojekt, das von 16 Nationen gebaut wird, wurde von Stuttgarter Studenten im Maßstab 1:50 gebaut. Es soll an „Europas größter Weltraumfakultät“ angehende Wissenschaftler auf ihr künftiges Arbeitsgebiet vorbereiten.

Die Universität Stuttgart ist auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnik führend in Deutschland. Führend in der Welt ist auf seinem Fachgebiet auch Herr Prof. Park. Er ist einer der wenigen Wissenschaftler, der auf dem Ge-

biet der Aerodynamik einen weltweiten Ruf genießt. Er hat sich diesen Ruf erworben durch seine vielseitige wissenschaftliche Tätigkeit, die durch eine Kombination von experimentellen und theoretischen Fähigkeiten geprägt ist.

Meine Kollegin Frau Prof. Auweter-Kurtz wird gleich die wissenschaftlichen Leistungen unseres neuen Ehrendoktors im Anschluß würdigen. Lassen Sie mich vorweg zur Einführung nur einige wenige Meilensteine des Lebens und Wirkens von Herrn Prof. Park herausstellen:

Prof. Park studierte 1953 Aeronautical Engineering in Seoul, Korea, wo er 1957 den Bachelor erwarb und 1960 mit dem Master of Science abschloß. Er promovierte am Imperial College of Science and Technology an der Universität London.

1964 startete er dann seine berufliche Karriere am NASA Ames Research Center in Kalifornien. Dort arbeitete er mehr als 20 Jahre lang an bedeutenden Weltraumprojekten mit – ich möchte hier nur die Galileo-Sonde als Stichwort erwähnen, die damals in die Jupiter-Atmosphäre eindrang, Frau Auweter-Kurtz wird sicher im einzelnen darauf zu sprechen kommen. Für seinen großen Anteil am Gelingen dieser Forschungsprojekte wurde Herr Park sowohl von der NASA als auch vom American Institute of Aeronautics and Astronautics mehrfach ausgezeichnet.

Neben seiner umfassenden Forschungstätigkeit war und ist Professor Park zudem ein weltweit geschätzter und gesuchter hochmotivierender Hochschullehrer. So folgte er 1995 einem Ruf an die Tohoku-Universität in Japan, wo er bis zu seiner Emeritierung forschte und lehrte. Während dieser Zeit unterstützte Prof. Park mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten die Raumfahrtprojekte Japans. Japan arbeitete an dem Raumtransporter HOPE, die Europäer arbeiteten an Studien für Raumtransporter wie HERMES, in die auch die Universität Stuttgart eingebunden ist, und hier knüpfte die Universität Stuttgart erfolgreich die Verbindung zu Prof. Park. Er hat bei uns seither eine Vielzahl von Vorlesungen gehalten und beeinflusste mit seinen Arbeiten auch intensiv die Forschung an unserer Universität. Nunmehr seit 1995 engagiert er sich jährlich für eineinhalb Monate am Institut für Raumfahrtssysteme der Universität Stuttgart als Gastprofessor.

Chul Park ist nicht nur ein wichtiger Impulsgeber für die Realisierung der Menschheitsträume von den Raumreisen zu fernen Planeten, er ist auch ein echter Wissenschaftskosmopolit von höchstem Rang. Wir sind stolz, Sie, verehrter Herr Professor Park, nun zu den Mitgliedern unserer Universität zählen zu dürfen, und hoffen, daß Sie Forschung und Lehre an dieser Hochschule noch lange durch Ihre Arbeit bereichern werden!

Monika Auweter-Kurtz*

Laudatio für Herrn Prof. Dr. Chul Park aus Taegu, Korea

Magnifizenz, sehr geehrte Herren Prorektoren,
sehr geehrter Herr Prof. Park, lieber Chul,
sehr geehrte, liebe Frau Park,
sehr geehrte Ehrendoktoren und Ehrensenatoren unserer Universität,
dear friends of Prof. Park,
meine sehr geehrten Damen und Herren

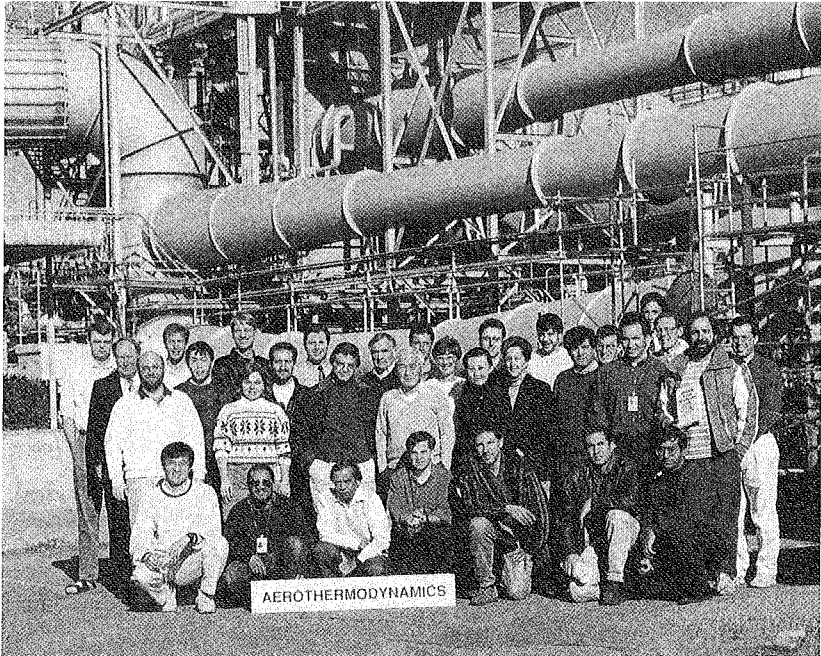
Es ist für mich eine ganz besondere Ehre und eine große Freude heute anlässlich der Verleihung des Dr.-Ing. Ehren halber, der größten wissenschaftlichen Auszeichnung, die unsere Universität zu vergeben hat und mit der wir heute, lieber Herr Prof. Park, Ihre herausragende und wegweisende ingenieurwissenschaftlichen Beiträge würdigen wollen, die Laudatio halten zu dürfen. Im letzten Jahrzehnt haben sich unsere Wege zunehmend häufiger gekreuzt, und ich habe in dieser Zeit in Ihnen nicht nur den herausragenden Forscher, den brillanten Ingenieur, den engagierten und sehr talentierten Lehrer sondern auch den lebenswerten Menschen kennen und schätzen gelernt.

Werdegang

Meine Damen und Herren lassen Sie mich Ihnen kurz den Werdegang von Herrn Prof. Chul Park vor Augen führen:

Herr Prof. Dr. Chul Park wurde am 8. Juni 1934 in Taegu in Korea geboren. Er besuchte in Chonju, Korea, die Schule und erlangte 1953 die Hochschulreife. Ein Studium in Aeronautical Engineering an der staatlichen Universität in Seoul schloß sich direkt an. Dort erwarb Chul Park 1957 den Bachelor of Science in Aeronautical Engineering und 1960 den Master of Science in diesem Fach. In seinen Veröffentlichungen, die noch auf seine Studienzeit zurückgingen, befaßte sich Herr Park mit Stoßwellenphänomenen in Stoßrohren.

* Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Auweter-Kurtz, Dekanin der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik



Anschließend promovierte Herr Park am Imperial College of Science and Technology der Universität London bei Professor J. L. Stollery. Er arbeitete in dieser Zeit bereits intensiv experimentell und theoretisch an chemischen Nichtgleichgewichtseffekten in hochenthalpen Strömungen. 1964 erlangte er den Ph. D. in Aeronautics durch seine Dissertationsschrift mit dem Titel „Some Aspects of Chemical Nonequilibrium in High Temperature High Speed Flows“.

1964 begann Herr Park seine berufliche Karriere am NASA Ames Research Center in Moffett Field in Kalifornien zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, ab Juni 1967 war er als Aerospace Engineer tätig. Zwischen 1990 und 1992 leitete Professor Park die Abteilung Experimental Aerothermodynamics und war in dieser Position für die experimentellen Arbeiten an den großen Plasmawindkanalanlagen, den Stoßwindkanälen und den Freiflugtestanlagen des NASA Ames Research Centers verantwortlich.

Professor Park arbeitet während seiner Zeit bei der NASA an vielen bedeutenden Weltraumprojekten maßgeblich mit. Zu Beginn seiner Tätigkeit war

er mit Arbeiten für den Hitzeschutzschild eines Apollo-Fahrzeuges betraut. In der Zeit von 1973 bis 1978 wirkte er bei den Untersuchungen der Umwelteinflüsse auf das Space Shuttle mit. Danach widmete er sich der Entwicklung interplanetarer Sonden.

Die Forscherpersönlichkeit Chul Park

Bei unserer ersten persönlichen Begegnung sprach ich ihn auf die herausragende Bedeutung seiner theoretischen Arbeiten an. Wir waren damals hier in Europa gerade aufgebrochen, ein eigenes Raumfahrzeug mit dem wohlklingenden Namen HERMES zu entwickeln. Alle, die in irgendeiner Art und Weise mit der Wiedereintrittsphase des Raumgleiters in die Erdatmosphäre befaßt waren, hatten seine theoretischen und numerischen Arbeiten studiert, sie bildeten bald die Grundlage unserer Arbeiten für HERMES. Prof. Park antwortete damals sinngemäß, daß er sich selbst mehr als Experimentator denn als Theoretiker fühle. Nachdem ich später, als wir im Aufbau unseres ersten Plasmawindkanals begriffen waren und überlegten, welche Meßverfahren im Hinblick auf die Entwicklung und Qualifikation des Hitzeschutzsystems für HERMES vordringlich entwickelt werden müssen, zusammen mit meinem Mann NASA-AMES besuchte und Prof. Park uns die dortigen Hochenthalpiekanäle samt Meßausstattung zeigte, habe ich seine Bemerkung verstanden. Heute sehe ich ihn jedoch ganz anders: er ist weder in die Riege der Theoretiker noch in die der Experimentatoren einzureihen, Chul Park gehört zu den immer seltener werdenden Forscherpersönlichkeiten, die gleichermaßen zu herausragenden experimentellen wie theoretischen Leistungen befähigt sind, sein Lebenswerk ist gerade durch die Wechselwirkung von Theorie und Experiment geprägt. Ich werde im folgenden versuchen, Ihnen hiervon einen Eindruck zu vermitteln.

Prof. Park befaßte sich seit Beginn seiner wissenschaftlichen Forschungsarbeiten hauptsächlich mit Nichtgleichgewichtseffekten in chemisch reagierenden Strömungen. Er ist heute auf diesem Gebiet weltweit anerkannter Experte. Seine Erkenntnisse sind von großer Bedeutung für die Auslegung von Raumfahrzeugen und interplanetaren Sonden, da bei den hohen Fluggeschwindigkeiten dieser Objekte die Gastemperatur in Oberflächennähe so stark ansteigt, daß es zur Dissoziation und Ionisation kommen kann. Für eine erfolgreiche Mission ist die zuverlässige Vorhersage der mechanischen, der thermischen und der chemischen Lasten, denen der Flugkörper in der Atmosphäre ausgesetzt ist, von entscheidender Bedeutung. Infolge des chemischen und thermischen Nichtgleichgewichtes war

eine zuverlässige Berechnung dieser Lasten lange Zeit nicht möglich. Die Arbeiten von Prof. Park haben ganz wesentlich dazu beigetragen, daß sich unser Kenntnisstand auf diesem Gebiet in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt hat. Von großer Bedeutung für uns alle, die wir versuchen dazu beizutragen, ist, daß er das Wissen systematisch geordnet und damit eine neue Disziplin, die Nichtgleichgewichts-Aerothermodynamik, begründet hat. Bei der Auslegung von Raumflugkörpern, seien es wiederverwendbare Raumfahrzeuge oder Sonden wie z. B. die in Europa entwickelte Huygenssonde zur Erforschung des Saturnmondes Titan, werden heute aerothermodynamische Berechnungen durchgeführt, die in ihrer Methodik und größtenteils in ihren Chemiemodellen auf seine Arbeiten zurückgehen. Das gilt insbesondere auch für unsere Arbeiten im Sonderforschungsgebiet 259, in dem wir uns mit Hochtemperaturproblemen rückkehrfähiger Raumtransportfahrzeuge befassen. Sein Lehrbuch steht in jedem unserer Bücherregale, und alle Exemplare sehen mitgenommen aus.

Die Expertise von Prof. Park geht jedoch weit über die reagierenden Strömungen hinaus. Er ist, wie schon erwähnt, Theoretiker und Experimentator und hat zur Vermessung von chemischen Reaktionsraten, spektroskopischen Eigenschaften verschiedener Gase und zur Bestimmung der Wärmeflüsse auf Flugkörper beigetragen. Nicht unerwähnt bleiben sollen jedoch auch seine wertvollen Beiträge zum Betrieb von Plasmawindkanälen, Stoßrohren, Stoßkanälen und ballistischen Freifluganlagen. Erst durch den Einsatz all dieser verschiedenen Anlagen ist es möglich, uns vor dem Erstflug ein Bild von der Hochenthalpiephase des Wiedereintritts eines Flugkörpers zu machen. Prof. Park konnte als einziger mir bekannter Forscher reichlich eigene Erfahrungen an all diesen Anlagen sammeln.

Prof. Park ist nicht nur Theoretiker und Experimentator, er ist darüber hinaus auch ein Raumfahrtarchitekt. Der konzeptionelle Entwurf mehrerer Raumfahrzeuge geht auf Prof. Park zurück. Eines dieser Fahrzeuge, das sogenannte „raked circular-cone aerobraking orbital transfer vehicle“ wurde in den USA patentiert.

Ich möchte nun exemplarisch einige der Arbeiten von Prof. Park aus seiner Zeit bei der NASA näher beleuchten und Ihnen damit das weite Spektrum seiner Arbeiten vor Augen führen.

1970 arbeitete Dr. Park in einer Forschergruppe, die einen neuartigen Raumfahrtantrieb, einen Gaskern-Reaktorantrieb, entwickeln wollte. Die Forschergruppe verfolgte das Ziel, den Schub einer thermischen Wasserstoffrakete dadurch zu erhöhen, daß der Treibstoff Wasserstoff mit zerfallendem, gasförmigem Uran gemischt und so auf ca. 4000 Grad erhitzt



Ames Research Center

PATENT AWARDS

Presented to
Chul Park

United States Patent [19]

Park et al.

[11] Patent Number: 4,903,918

[52] Date of Patent: Feb. 27, 1990

[54] RAKED CIRCULAR-CONE AEROBRACING ORBITAL TRANSFER VEHICLE

[75] Inventors: Chul Park, Saratoga; Carol B. Davies, Los Altos, both of Calif.

[73] Assignee: The United States of America as represented by the Administrator of the National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C.

[21] Appl. No. 348,081

[22] Filed: May 4, 1989

Related U.S. Application Data

[62] Continuation of Ser. No. 54,985, May 28, 1987, abandoned.

[51] Int. Cl. B64G 1/24

[52] U.S. Cl. 244/168 R; 244/160;

[58] Field of Search 244/153 R, 158 A, 160, 244/164, 172, 135 R, 163

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

- 2,408,099 9/1946 Sherman
- 1,251,259 9/1958 Underwood, Jr.
- 3,102,625 10/1965 Marshall et al.
- 3,138,315 11/1964 Warren et al.
- 3,201,207 1/1967 Mayo et al.
- 4,212,366 7/1980 Miltenberger
- 4,349,153 3/1982 Donagay
- 4,381,607 5/1981 Inman
- 4,381,664 6/1983 Carey
- 4,459,489 12/1984 Inman
- 4,504,011 3/1985 Andrews
- 4,518,177 5/1985 Anisova
- 4,667,907 3/1987 Injaki et al. 244/160

OTHER PUBLICATIONS

- Park, C. "A Review of Shock Waves Around Aerobrazed Orbital Transfer Vehicles", NASA Technical Memorandum 86769, Jun. 1985, NASA Ames Research Center.
- Scott, C. D., Ried, R. C., Markis, R. J., Li, C. P., and Derry, S. M., "An AOTV Aerobrazing and Thermal Protection Study", AIAA Paper 87-1710, AIAA 19th

Thermophysics Conference, Snowmass, Colo., Jun. 1984.

Scott, C. D., Roberts, B. B., Nagy, K., Taylor, P., Gumbie, J. D., Ceremelli, C. J., Kroll, K. R., Li, C. P., and Ried, R. C., "Design Study of an Integrated Aerobrazing Orbital Transfer Vehicle", NASA Technical Memorandum 86364, Mar. 1985.

Mayo, E. E., Lamb, R. H., and Romero, P. O., "Newgronian Aerodynamics for Blunted Raked-Off Circular Cones and Raked-Off Elliptical Cones", NASA TN D-2624, May 1965.

NASA Tech Briefs, May/Jun. 1986, p. 125.

Shih, P. K., and Gay, A., "Low L/D Aerobrazed Heat Transfer Test at Mach 10", Thermal Design of Aerobrazed Orbital Transfer Vehicles, Progress in Astronautics and Aeronautics, vol. 95, edited by H. P. Nelson, AIAA, New York, N.Y., 1985, pp. 378-394.

(List continued on next page.)

Primary Examiner—Galen Barsbosh

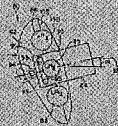
Attorney, Agent, or Firm—Darrall G. Breake, John R. Manning, Charles E. B. Glom

[57]

ABSTRACT

An aerobrazing orbital transfer vehicle (AOTV) (80) has aerobrazes (82) with a blunted raked-off circular-cone configuration. The other components of the AOTV, including command/control module (95), fuel tanks (86, 88, 89 and 91), rocket engines (94) and afterbody (84), are positioned substantially along resultant force axis (104) of the AOTV (80). The axis (104) coincides with the resultant (sum of lift and drag) force vector. Afterbody (84) is mounted behind the aerobrazes (82) with its length extending rearwardly from the aerobrazes (80) is 25°, thus allowing the afterbody (84) to extend rearwardly from the aerobrazes (82) to a much greater extent than possible with a raked-off elliptic-cone aerobrazing shield configuration. Afterbody size limitation and other problems associated with the raked-off elliptic-cone aerobrazing shield configuration are alleviated by the combination of the aerobrazes shape and positioning of the fuel tanks (86, 88, 89 and 91), rocket engines (94) and afterbody (84).

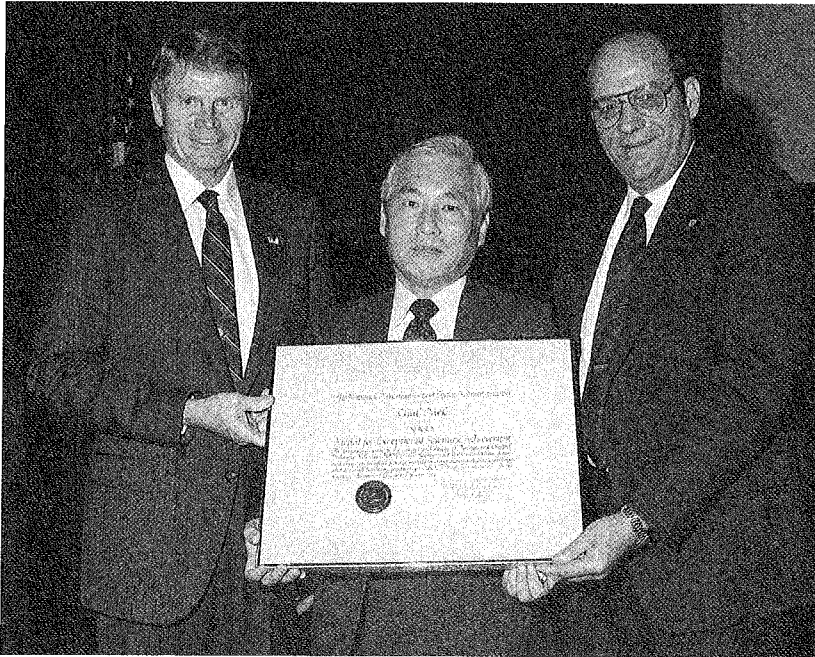
15 Claims, 5 Drawing Sheets



wird. Das Uran sollte im Triebwerk verbleiben, während der mittels einer Expansionsdüse mit hoher Geschwindigkeit austretende Wasserstoff den Schub erzeugen sollte. Die Ingenieure standen vor dem Problem, den leichten Wasserstoff vom schweren Urangas trennen zu müssen und wollten hierfür eine geeignete Zentrifuge auslegen. Rechnungen ergaben, daß nur mit Hilfe magnetohydrodynamischer Kräfte die erforderlichen Rotationsgeschwindigkeiten erzeugt werden können. Viele versuchten damals in den USA eine entsprechende Zentrifuge auszulegen, aber nur einer war erfolgreich: Dr. Chul Park.

Während der 70er Jahre ging die Raumfahrtforschung auch in den USA stark zurück. Die Wissenschaftler der NASA wurden daher aufgefordert, sich der im Aufschwung befindlichen Umweltforschung zuzuwenden. Dr. Park beschäftigte sich damals mit der Entstehung von Stickoxiden und der Zersetzung von Ozon durch Wiedereintrittsflugkörper und Meteoriten. Er fand heraus, daß der große Stickoxidanteil in der oberen Atmosphäre, der für die Chemie in dieser Schicht im wesentlichen verantwortlich ist, durch Meteoriten erzeugt wird. Die Meteoriten tragen also wesentlich dazu bei, daß die Struktur unserer Atmosphäre, von deren Existenz wir alle abhängen, erhalten bleibt. Er überprüfte seine Theorie anhand der Daten über den Tunguska-Meteoriten. 1908 kam ein relativ großes Objekt, wahrscheinlich ein Meteorit, in der Region Tunguska in Sibirien nieder. Die Tage wurden verdunkelt, die Nächte waren strahlend hell. Dr. Park errechnete, daß beim Niedergang des Kometen in der Erdatmosphäre ca. 30 Millionen Tonnen Stickoxid erzeugt wurden und zeigte, daß hierdurch die beobachteten Effekte hervorgerufen wurden. Andere zeigten dann, daß dies zu einer 30%igen Reduktion des Ozons über der nördlichen Hemisphäre führte und erst 3 Jahre später wieder 95 % der ursprünglichen Ozonkonzentration erreicht werden konnte. Aufgrund von Aufzeichnungen aus dieser Zeit, die im Smithsonian Institute aufbewahrt wurden, konnten die Rechnungen bestätigt werden. Diese Berechnungen waren in der damaligen Zeit von entscheidender politischer Bedeutung, belegten sie doch eindrucksvoll die große Gefahr eines nuklearen Winters, den zwar viele Forschergruppen im Falle eines Atomkrieges prognostizierten, aber bisher nicht beweisen konnten. Die Arbeiten von Dr. Park haben die Glaubwürdigkeit der Theorie eines nuklearen Winters wesentlich erhöht und so indirekt in der Zeit des kalten Krieges zum Weltfrieden beigetragen.

Dr. Park war schon Anfang der 80er Jahre für seine Strahlungsberechnungen in Nichtgleichgewichtsbereichen bekannt, daher wurde er damals Mitglied einer Forschergruppe, die sich mit der Frage befaßte, ob es möglich



Überreichung der Auszeichnung „Medal of Exceptional Achievements“

ist, eine ballistische Rakete nach Abschalten des Antriebes während des relativ langsamen Abstieges optisch zu erkennen. Dr. Park kam zusammen mit anderen Forschern zu der Ansicht, daß dies aufgrund der ultravioletten Nichtgleichgewichtsstrahlung, die von der Spitze der Rakete ausgeht, möglich sein mußte. Eine Versuchsrakete wurde daraufhin mit einem Spektrometer ausgestattet und die Strahlungsintensitäten wurden mit den von Dr. Park errechneten verglichen. Die Übereinstimmung in Höhen unterhalb von 40 km war gut, für große Höhen jedoch lagen die Messungen mehrere Größenordnungen über den errechneten Intensitäten. Während Dr. Park noch mit der Aufklärung der Diskrepanzen beschäftigt war, wurden seine Vorschläge bereits in ein effektives System zur Früherkennung von feindlichen Raketen umgesetzt.

Wesentliche Beiträge leistete Professor Park bei der Entwicklung der Galileo-Sonde. Die Auslegung und Qualifikation des Hitzeschutzschildes für Galileo war aufgrund der immensen Wärmelast, die bei diesem Eintritt in den Jupi-

ter zu erwarten war, eine besondere Herausforderung, da zur damaligen Zeit die Entwicklung numerischer Verfahren zur Berechnung der Belastungen noch ganz am Anfang stand und keine Erfahrungen mit ähnlichen Missionen vorlagen. Dr. Park untersuchte theoretisch und experimentell die Wärmelast auf die Rückseite der Sonde beim Eintritt in die Atmosphäre des Jupiters. Damals dachte jeder, daß die Wärmelast auf die Rückseite vernachlässigbar gering ist. Dr. Park zeigte jedoch mit Hilfe eines Stoßrohrversuches, daß auch auf der Rückseite der Sonde eine erhebliche Strahlungsbelastung zu erwarten ist, und erreichte, daß auch die Rückseite mit einem Hitzeschutz versehen wurde. Eine Auswertung der Ablationsdaten nach erfolgreicher Mission ergab, daß Dr. Park die Wärmelast richtig vorhergesagt hatte. Für seinen großen Anteil am Gelingen dieser ehrgeizigen Mission wurde Prof. Park 1996 von der NASA mit der „Medal of Exceptional Achievements“ ausgezeichnet für „outstanding contributions to the afterbody flowfield analysis and heat-shield sizing of the Galileo Entry Probe“.

Nach diesen ausgewählten Beispielen seines Schaffens möchte ich nun seinen weiteren beruflichen Lebensweg in aller Kürze schildern.

Zwischen 1983 und 1990 war Dr. Park an der Entwicklung eines atmosphärengestützten Orbittransferfahrzeuges beteiligt. Er trug damals wesentlich zur Auslegung dieser Fahrzeuge bei, hiervon zeugt unter anderem ein Patent, das seinen Namen trägt. Die Entwicklung seines Mehrtemperaturmodells teilweise ionisierter und dissoziierter Luft sowie wesentliche Beiträge zur Validierung von Rechenverfahren zur Simulation von Wiedereintrittsbedingungen für Raumflugkörper fallen ebenfalls in diese Zeit. Für diese herausragenden Arbeiten wurde er 1989 von der NASA zum ersten Mal mit der „Medal for Exceptional Scientific Achievements“ geehrt, der Ehrungstenor lautet: „Pioneering Work on the Concept and Design of Aeroassisted Orbital Transfer Vehicles (AOTV's) the Development and Validation of Two- and Three-Temperature Kinetic Models for Dissociating Ionizing Nitrogen and Air, and Technical Leadership in the CFD Validation Activity for the Agency's Aeroassist Flight Experiment“. 1994 wurde Professor Park mit dem AIAA Thermophysics Award ausgezeichnet, der höchsten Auszeichnung, die auf diesem Gebiet vergeben wird. In der Laudatio heißt es: „For vast contributions in enhancing the understanding of nonequilibrium chemically reacting hypersonic flows and immeasurably advancing the science of hypervelocity atmospheric flight“.

Zwischen 1983 und 1990 gehörte Dr. Park außerdem dem National Aerospace Plane Testing Team an. In den Jahren 1993 und 1994 widmete er sich Untersuchungen im Rahmen der Entwicklung moderner wiederverwendbarer Raumfahrzeuge.

Im Jahr 1995 verließ Dr. Park die NASA und folgte einem Ruf an die Tohoku Universität nach Sendai in Japan, an der er bis zu seiner Emeritierung 1998 lehrte. Während seiner Zeit in Sendai unterstützte Professor Park mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten ganz wesentlich die ehrgeizigen Raumfahrtprojekte Japans. Vom japanischen Ministerium für Bildung und Wissenschaft wurde er in ein Komitee zur Untersuchung von Konzepten für wiederverwendbare Raumtransportsysteme berufen, das die Aufgabe hatte, ein Leitkonzept für ein zukünftiges japanisches Raumtransportsystem zu entwerfen. In diesem Zusammenhang sind seine experimentellen und theoretischen Untersuchungen von Stoßlagen bei hypersonischen Flugzuständen zu sehen. Die geplante japanische Rückkehrmission von einem Kometen unterstützte Professor Park durch die Entwicklung eines numerischen Verfahrens für Strömungen besonders hoher spezifischer Enthalpie, das neben thermischen und chemischen Nichtgleichgewichtseffekten auch Strahlungstransport und Ablation berücksichtigt.

Nach seiner Emeritierung 1998 ist Professor Park wieder zur NASA zurückgekehrt. Er beschäftigt sich zur Zeit mit wissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen interplanetarer Rückkehrmissionen.

Die wissenschaftliche Leistung von Herrn Prof. Park ist eindrucksvoll durch seine zahlreichen Veröffentlichungen, die in renommierten wissenschaftlichen Zeitschriften erschienen sind, dokumentiert. Besonders hervorgehoben werden muß in diesem Zusammenhang sein Lehrbuch mit dem Titel „Nonequilibrium Hypersonic Aerothermodynamics“, das 1990 bei John Wiley and Sons erschienen ist, und seither als Standardwerk der Nichtgleichgewichts-Aerothermodynamik gilt. Die Entwicklung moderner Rechenverfahren zur Auslegung von Raumtransportfahrzeugen, die weltweit im letzten Jahrzehnt vorangetrieben wurden, stützen sich alle ganz wesentlich auf die chemischen Modelle, die Professor Park zur Erklärung seiner experimentellen Ergebnisse entwickelt hat. Dies gilt nicht nur für die USA, sondern in gleicher Weise für Europa und Japan.

Der Hochschullehrer Prof. Chul Park

Meine Damen und Herren, lassen Sie mich Ihnen nun den Hochschullehrer Prof. Chul Park kurz vorstellen.

Prof. Chul Park war und ist ein herausragender und weltweit gesuchter und geschätzter Hochschullehrer. Er hat an den auf dem Gebiet der Raumfahrtstechnologie bedeutendsten Universitäten gelehrt.

Chul Park erlernte das „Handwerk“ des Hochschullehrers Anfang der 60er Jahre am Imperial College von seinem Doktorvater Prof. Stollery. Nach fast einem Jahrzehnt Enthaltsamkeit ließ er sich von August 1971 bis Juni 1972 bei der NASA für einen Aufenthalt am Department of Mechanical Engineering des Massachusetts Institute of Technology beurlauben. In dieser Zeit widmete sich Prof. Park erstmals als Visiting Professor vorwiegend der Lehre.

Von 1984 an hatte Prof. Park dann einen Lehrauftrag an der Stanford University, den er jedoch 1990 aufgeben mußte, als er bei der NASA die Leitung der Abteilung „Experimental Aerothermodynamics“ übernahm. In den Jahren 1995 bis zu seiner Emeritierung 1998 wirkte Prof. Park als ordentlicher Professor am Department of Aeronautics and Space Engineering an der Tohoku-Universität in Japan. Nur wer ihn einmal mit „seinen Studierenden“ erlebt hat, kann ermessen, wie glücklich wir uns schätzten, als wir ihn 1995 erstmals für einen Forschungsaufenthalt am Institut für Raumfahrtssysteme gewinnen konnten. Schnell waren unsere Promovenden und Promovendinnen seine Studierenden. Seither ist er jeden Sommer für viele Wochen wiedergekommen und hat durch sein Wirken zahlreiche Dissertationen befruchtet – wofür ich Dir lieber Chul an dieser Stelle unseren herzlichen Dank aussprechen will. Prof. Park hat auch bereits bei seinem ersten Besuch Kontakt zu den koreanischen Studierenden an unserer Universität aufgenommen und diesen über die Jahre gepflegt. Die koreanischen Studierenden-Gruppe an unserer Universität kann sich einen Sommer ohne Dich, lieber Chul, genausowenig vorstellen wie wir am IRS.

Meine Damen und Herren,

ich habe ihnen nun den Forscher und den Hochschullehrer Chul Park vorgestellt. Lassen Sie mich das Wichtigste nochmals kurz zusammenfassen: Prof. Chul Park ist für mich die herausragende Forscherpersönlichkeit, die die noch junge Disziplin der Nichtgleichgewichts-Aerothermodynamik begründete und bis heute entscheidend prägt, dessen Wirken jedoch weit über dieses Feld hinausreicht. Wir ehren mit ihm einen begnadeten Experimentator, Theoretiker und Raumfahrtarchitekten. Ich hoffe, ich konnte Ihnen allen hiervon einen Eindruck vermitteln. Ich selbst verehere und bewundere in ihm jedoch mindestens ebenso den engagierten, herausragenden Hochschullehrer.

Wir wünschen Dir, lieber Chul, und uns allen, daß Du noch eine lange Schaffensperiode vor Dir hast und uns als Lehrer, Forscher und Freund verbunden bleibst.

Chul Park

Rede anlässlich der Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber der Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland, 5.11.1999

Herzlichen Dank für Ihre freundliche Vorstellung, Frau Professor Auweter-Kurtz.

Sehr verehrte Magnifizenz, sehr verehrte Spektabilitäten, Professoren, Freunde, sehr verehrte Damen und Herren:

Es ist mir eine große Ehre, daß mir die Ehrendoktorwürde Ihrer Universität verliehen wird. Ich danke Ihnen um so mehr, weil ich weder eine wichtige Person noch Deutscher bin. Ich bin weder Politiker noch Präsident einer großen Firma oder Universität.

Vor noch nicht langer Zeit erhielt der damalige Bundeskanzler Dr. Helmut Kohl, ein Ausländer in Amerika, eine Ehrendoktorwürde der Harvard-Universität. Sie betrachten mich in gewisser Weise so wichtig wie Herrn Kohl. Das ehrt mich sehr und ich bin Ihnen sehr dankbar. Eigentlich bin ich mir gar nicht so sicher, inwieweit ich der Universität geholfen habe. Ich weiß, daß alle meine Freunde an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik, insbesondere die des Instituts für Raumfahrtsysteme, mich für diese Ehre ausgewählt haben. Ich möchte mich bei Ihnen allen sehr dafür bedanken.

Vor einigen Jahren haben Herr Professor Ernst Messerschmid und Frau Professor Monika Auweter-Kurtz mich an ihr Institut eingeladen. Professor Messerschmid besuchte mich am NASA Ames Research Center in Kalifornien. Wir fuhren gemeinsam in meinem BMW und hörten eine Wagner-Oper in meinem Grundig-Autoradio. Ich sagte ihm, daß es mein langersehnter Wunsch sei, eine Wagner-Oper live im Bayreuther Schauspielhaus zu hören. Spontan versprach mir Professor Messerschmid, daß er mir Karten für eine Wagner-Oper in Bayreuth bestellen würde, falls ich nach Stuttgart käme. Sie können sich sicher vorstellen, wie schwer es mir fiel, diese Einladung zunächst nicht annehmen zu können. Damals konnte ich nicht nach Stuttgart kommen, weil ich amerikanischer Regierungsbeamter war.

Später, nachdem ich die Regierung verlassen hatte, konnte ich schließlich die Einladung annehmen und hierher an die Universität Stuttgart kommen. Ich arbeitete während mehrerer Jahre jeden Sommer am Institut für Raumfahrtssysteme bei den Professoren Messerschmid und Auweter-Kurtz. Professor Messerschmid machte es tatsächlich möglich, daß ich dreimal die Wagner-Festspiele in Bayreuth besuchen konnte. Ich dachte, daß dies meine beste Belohnung war. Nie hätte ich erwartet, daß diese noch gesteigert werden könnte, daß ich auch noch diese große Ehre von der Universität erhalten würde.

Am Institut für Raumfahrtssysteme habe ich viele interessante Personen kennengelernt. Da ist zunächst der Raumfahrer Professor Messerschmid, eine interessante Persönlichkeit, weil er eine klare Idee hat, wie die Welt sich verändert und wie wir alle dafür zusammenarbeiten müssen. Professor Monika Auweter-Kurtz glaubt, es dünkt mir, daß jedermann gleichwertig ist und ein guter Ingenieur sein kann, wenn er oder sie nur sich sehr darum bemüht. Ich habe auch andere hervorragende Wissenschaftler kennengelernt, die schöpferisch waren und immer Neues schafften. Ich habe Schriftsteller getroffen, die laufend neue wertvolle Berichte schreiben. Das sind die Wissenschaftler der guten deutschen Tradition, obgleich einige nicht einmal Deutsche sind. In Amerika sagt man, daß deutsche Wissenschaftler sehr fleißig und sorgfältig sind. Hier an dem Institut sah ich einige, für die diese Bezeichnung wirklich zutrifft.

Es bereitete mir eine große Freude, an der Universität Stuttgart zu arbeiten. Ich habe am Imperial College in England studiert und unter anderem am Massachusetts Institute of Technology, an der Stanford-Universität und an der Tohoku-Universität gearbeitet. Man zählt diese zu den besten Universitäten der Welt. Aber keine dieser Universitäten hat im Studienfach Luft- und Raumfahrttechnik so hervorragend ausgerüstete Labors und so gute Professoren wie Ihre Universität.

Obwohl ich wie gesagt der Ansicht bin, daß die Universität Stuttgart in diesem Gebiet an der Weltrangspitze steht, habe ich hier an der Universität verschiedentlich Leute kritisiert. Manchmal sagte ich, daß in Amerika gewisse Dinge anders gemacht werden. Es war und ist jedoch nicht immer besser! Ich bitte um Entschuldigung für diese meine frühere Kritik.

Trotz des guten Studienplans hier weiß ich, daß unsere Studenten derzeit sehr entmutigt sind. Anscheinend ist das Ingenieurswesen bei der Bevölkerung in Deutschland nicht mehr so anerkannt wie früher. Es scheint, daß man glaubt, daß alle notwendigen Technologien schon entwickelt worden sind, und daß wir nicht mehr weiter daran arbeiten brauchen. Ich möchte

hier betonen, daß ich dies nicht für richtig halte. Es gibt noch viele Probleme, die wir lösen müssen.

Vor hundert Jahren, nachdem die Elektrizität und Dampfkraftwerke erfunden worden waren, glaubten viele Leute, daß alle möglichen Erfindungen bereits gemacht wurden. Sie waren töricht, wie wir heute wissen. Wenn wir nun unsererseits die Förderung der Technologien einschränken, so werden hundert Jahre später die Menschen uns als töricht bezeichnen.

Gestern hielt ich einen Vortrag, in dem ich erklärte, wie die junge Wissenschaftlergeneration der Menschheit mit Luft- und Raumfahrttechnik dienen kann. Ebenso müssen auf vielen anderen Gebieten viele Änderungen gemacht werden, um Prosperität und Lebensqualität in der Welt zu erhalten. Im folgenden möchte ich Ihnen einige Beispiele geben:

- Wir müssen neue Methoden entwickeln, um Landwirtschaft ohne Umweltverschmutzung zu betreiben. Chemische Düngemittel und Pestizide verschmutzen unser Wasser und die Luft, die wir atmen. Wir müssen vielleicht mehr Nahrungsmittel in Fabriken produzieren.
- Wir müssen neue Energiequellen entwickeln, die nicht umweltgefährlich sind. Wir brauchen Sonnenenergie, Wasserstoffenergie, Energieökonomie, denn die fossilen Brennstoffe sind begrenzt und tragen zur Erderwärmung bei. Wir müssen eine gute Methode entwickeln, die bisher angefallenen und unvermeidbar weiter anfallenden Kernabfallstoffe sicher zu entsorgen. Vielleicht sollten wir sie mit Raumschiffen ins Weltall schicken. Das ist sicherlich die beste Lösung, aber, verehrte Damen und Herren, dazu bedarf es noch einer Menge von tüchtigen Raumfahrtingenieuren!
- Wir müssen eine billige Methode entwickeln, Frischwasser aus Sole zu machen, um Wüsten in Ackerland verwandeln zu können. Wassermangel schafft Hunger und Kriege zwischen Völkern – und er dezimiert die Tierwelt etwa in Afrika. Mit den bestehenden Meerwasser-Entsalzungsanlagen ist nach Verdampfung und Kondensation nur etwa 70 % der Energie zurückgewinnbar, weil die Effektivität der Wärmetauscher noch so niedrig ist. Daher ist die Wassergewinnung aus Entsalzungsanlagen noch so teuer. Der Wirkungsgrad von Wärmetauschern in Flugzeugen liegt bei ungefähr 95 %. Mit dieser Technologie sollten wir sechsmal mehr Wasser produzieren können. Das Wasser, das mit solchen Anlagen gewonnen wird, ist daher billiger.

Natürlich, man arbeitet nur, wenn die Arbeit angemessen bezahlt ist. Aber das ist eine politische Angelegenheit. Eine politische Entscheidung führte

zum Apollo-Projekt, und ermöglichte damit viele gute Nebenprodukte und -projekte. Unsere Arbeit an der Universität hängt von Regierungen und von politischen Entscheidungen ab. Aber wenn wir es unbesehen zulassen, daß die Politik die Technologie bestimmt, müssen wir daran denken, warum die Ägypter durch drei Jahrtausende hindurch immer die gleichen Pyramiden gebaut haben. Pyramidenbau war eine politische Entscheidung. Wegen Pyramidenbau hat das ägyptische politische System durch drei Jahrtausende hindurch bestanden. Aber inwieweit hat dieses politische System der Bevölkerung gedient? Die Menschen arbeiteten schwer und starben jung; das änderte sich nicht in Jahrtausenden. Im Mittelalter stellten Könige Wissenschaftler an, Blei in Gold zu verwandeln. Wissenschaftler vergeudeten vierhundert Jahre damit. In der Zwischenzeit brachten politische Entscheidungen weiterhin Kriege, und die Menschen arbeiteten schwer und starben immer noch gleich jung.

Heute sind die politischen Entscheidungen nicht sehr gut für Ingenieure. Ich weiß nicht, wie wir die Politik beeinflussen können. Aber, soweit es uns möglich ist, wollen wir lehren, forschen und an allen diesen notwendigen Technologien arbeiten, weil es noch unendlich viel zu forschen und zu entwickeln gibt, zum Wohl und Nutzen der Menschheit.

Danke schön, meine verehrten Damen und Herren.

Chul Park

FUTURE OF TECHNOLOGY
OF HIGH SPEED FLIGHT
Commencement Lecture for
Honorary Doctor of Engineering
University of Stuttgart, Stuttgart, Germany
November 5, 1999

Ladies and Gentlemen.

It is a great honor for me to be bestowed of the honorary degree of Doctor of Engineering by this University. I am particularly thankful because I am not a German. I am thankful on behalf of all researchers and students in aerospace engineering, because this degree is a recognition of the field.

The aerospace technology has three major branches: transportation of people from one place to another, transportation of satellites to space to facilitate commerce, and transportation of spacecraft to the other planets in the solar system in search of knowledge. I would like to review briefly what is happening in these three fields and how young people could participate in the endeavor.

Civil Transport

The first area of significance in the application of aerospace engineering is in civil transport. The technology of subsonic jets has matured, and all of us regularly fly in a subsonic airliner. The question is where do we go from here. The obvious answer is that we should build supersonic airliners, and fly supersonically (Fig. 1). I flew ten hours from San Francisco to come here. From Japan, it is twelve hours. It would be very good if the trip took only five or six hours. One interesting statistics is that in each family, the husband and the wife came from places where it took on the average five and half hours to travel between. In the stone age, this was probably about 20 km. Today, marriages occur between people separated by 4,000 km. With the super-



Figure 1: Concorde (maiden flight, February 13, 1974)

sonic transport, the people separated by 8,000 km will marry. Marrying between peoples widely separated produce harmony and peace in the world, I believe (Fig. 2).

There has been a considerable research into building an efficient supersonic airliner. Even though the European airplane Concorde has been flying for twenty years, supersonic flight did not become a popular method of transportation. The reasons are: first, the fare is too expensive, and second, it can fly only about 4,500 km which is too short. The fare is expensive because not many of the airplanes were built. Not many of them were built because it cannot fly a long distance, and because it is forbidden to fly over land because of the sonic boom. Some worry about destruction of ozone layer if a large number of supersonic flights is made. The airplane makes too much noise both to the passengers and to the people on the ground.

The first question asked is whether there is a market for a large supersonic transport. The answer is yes, if the airplane can fly the same distance as the subsonic jet and if the fare is the same as the subsonic jet. Today, there are nearly 1000 subsonic long-distance jets flying a distance of nearly 9,000 km. In the next twenty-five years, the number will probably become 2000. If we replace 1000 of those subsonic long-distance jets by a supersonic airplane, then there will be 500 such supersonic jets, because supersonic jets carry twice the number of passengers in a given time. The operating cost of a supersonic jet can be the same as a subsonic jet if the fuel

consumed is the same and if the salaries paid to the crew are the same. In reality, the salaries paid to the crew of a supersonic airliner are half of those of a subsonic airliner because the supersonic airliners carry twice the number of passengers as the subsonic jets. Today, a subsonic jet makes one long-distance flight in a single day. A supersonic jet will make two such trips in a day, and therefore the revenue of a supersonic jet will be twice that of a subsonic jet.

Let us examine why such supersonic jets are not built today. The first problem of destruction of ozone is the easiest to solve. Ozone is destroyed by nitric oxide produced in the engine. The rate of production of nitric oxide can be decreased by burning fuel-lean. By having several stages of the combination of such lean-burning combustion chambers and the turbines, one can reduce nitric oxide to a level acceptable to the environment.

Such a multi-stage engine is believed to be noisier than the single stage engines of today. It will require a great deal of theoretical and experimental research to produce a low-noise multi-stage engine. There is no problem about the fuel efficiency of such an engine. There is an idea on how to make a fan engine giving a high thermal efficiency to operate at a supersonic speed.

Next comes the question of how far the airplane can fly. An airplane can fill fuel to a fixed fraction of its own weight, typically to about $1/3$ of its total weight. With the same amount of fuel, the distance the airplane can fly

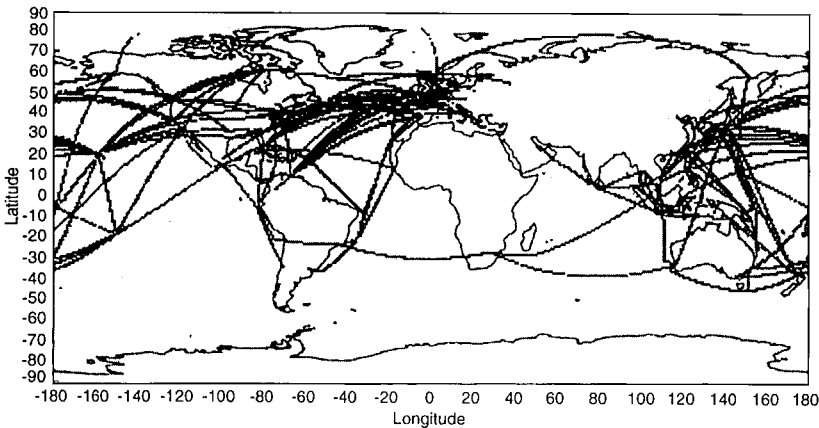


Figure 2: Proposed routes for supersonic transport [1]

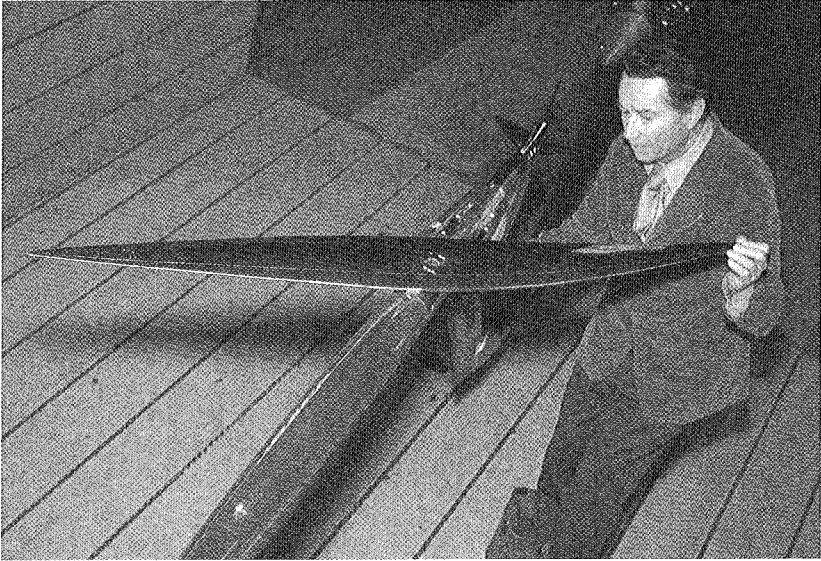


Figure 3: A model of an oblique-wing airplane and its inventor the late Dr. Robert T. Jones [2]

is proportional to the lift-to-drag ratio. The existing subsonic jets produce a lift-to-drag ratio of about 12. Concorde produces a lift-to-drag ratio of only about 6. This is the reason why Concorde can fly only half a distance of a subsonic jet.

There has been a great deal of research in recent years into increasing the lift-to-drag ratio of a large supersonic airplane. The method of reducing the drag by laminarizing the boundary has been studied greatly for this purpose. Presently, some predict lift-to-drag ratio of eleven to be achievable. At eleven, a supersonic airliner will have almost the same fuel economy as a subsonic airliner, and it can fly the same distance as the subsonic airliner.

There has been a debate about what is the best speed to fly. If you consider only the engine efficiency and lift-to-drag ratio, a higher speed is better. However, from the operator's point of view, only requirement is that the airplane flies twice across the distance of 9,000 km in a same day. Mach 1.6 is sufficient to do so, which is twice the speed of the subsonic jets. By flying at Mach 1.6, making the airplane becomes easier.

But the most important problem is the problem of sonic boom. In a sonic boom, pressure reaching our ear rises and falls. It seems that people can

tolerate a pressure change of up to 0.5 millibars. An airplane producing a sonic boom stronger than this limit will not be allowed to fly over land. Because land occupies $\frac{2}{3}$ of the routes of the long-distance airliners, no business can be made with such an airplane.

The Concorde produces 1.5 millibars of pressure change, three times the allowed limit. A theory exists which explains how the pressure change is produced. Following this theory, we try to minimize the change. We conclude that there is still a certain unavoidable amount of pressure change in a sonic boom. This unavoidable pressure change is said to be proportional to the weight of the airplane and inversely proportional to the $\frac{3}{2}$ -power of the chord of the wings.

The longest-chord wings can be made by the so-called oblique all-wing aircraft (Figs. 3 and 4). In this aircraft, there is no fuselage or tail, and the passengers sit inside the wing. The airplane has a span of 130 meters and a chord of up to 15 meters. It has engines on swiveling pylons under the wing. The airplane takes off with its wing normally to the flying direction. In air, it rotates its engines, so that the wing is at an oblique angle. Even though the airplane flies at Mach 1.6, the relative velocity to the wing is subsonic. Therefore, this airplane has the same lift-to-drag ratio as a subsonic airplane. This airplane produces the smallest sonic boom.

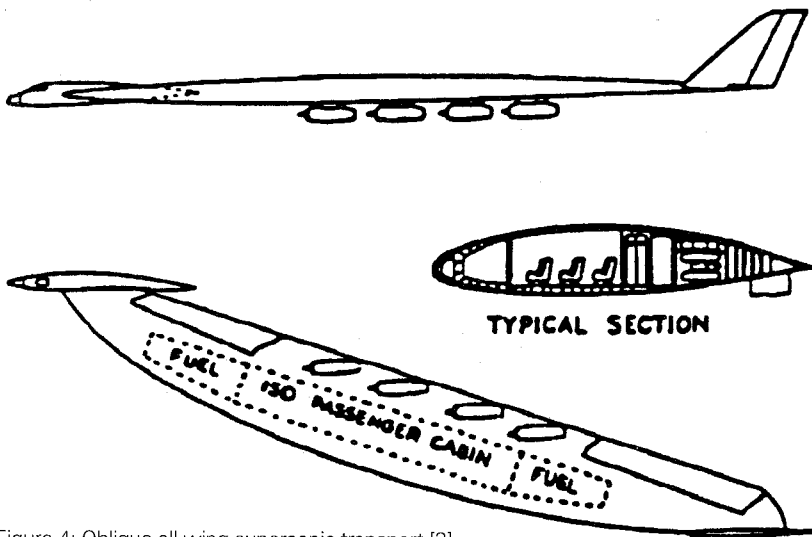


Figure 4: Oblique all-wing supersonic transport [3]

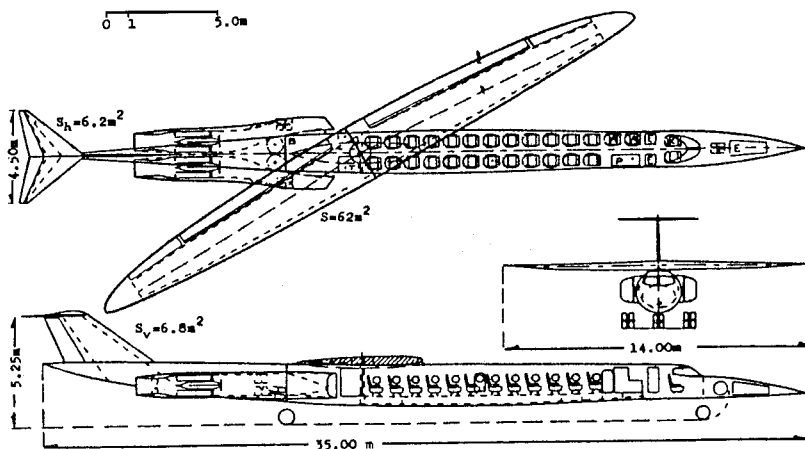


Figure 5: Small oblique wing supersonic transport [4]

Unfortunately, even this airplane seems to produce a sonic boom slightly stronger than the acceptable limit. For this reason, supersonic airliners are not being built. The allowable limit can be met only by small supersonic jets. Presently, there is an effort to build such a small supersonic jet (Fig. 5). Perhaps there is still one last hope for making the supersonic airliner a reality. By a drastically different aerodynamic design, could it be possible to reduce the sonic boom farther than the oblique all-wing aircraft? We hang all our hopes of supersonic travel on such new idea. Perhaps some of the young engineers here could be persuaded to devote his or her career toward such a research.

Satellite Launches

The second area of application of technology of flying is in launching satellites into the Earth orbits. During the cold-war years, satellites were launched mostly to take photographs of military installations. The total number of such military satellites launched in the past is said to be more than 4000.

After the cold-war, we found that satellites can be used also for resources surveying and communication. There is a story in the United States about one well-known politician from a state where most people are farmers growing cows. The politician was always against the space program. One day he became the chairman of the committee overseeing the space program. Then the people from his state told him that the space program

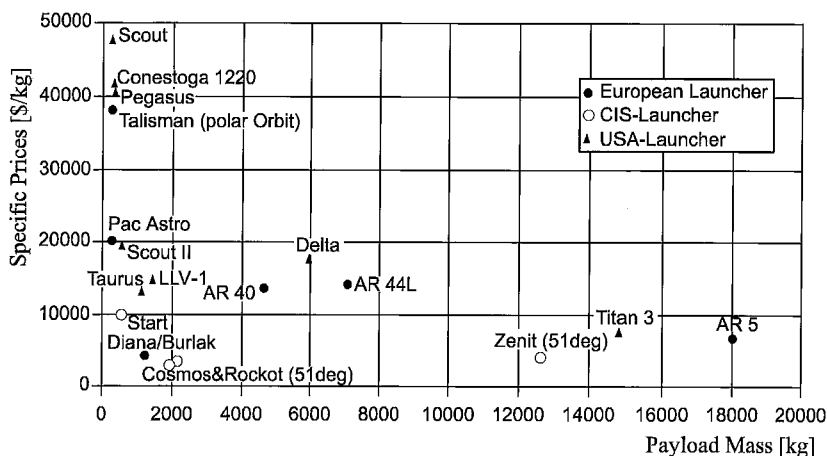


Figure 6: Cost of launching payload into low earth orbit [5]

produces the data telling how many cows are in the world, and that that information is very important to the farmers. The politician became the strongest supporter of the space program.

Today, satellites are being launched in large numbers to create a system which aids communication. The total planned number of such satellites approaches 2000. This number is of the same order as the numbers of the military satellites of the cold war. I and my wife separately have a cellular phone in California, and have a personal computer in our apartment. We use the computer to buy airline tickets and make hotel reservations. All these activities use satellites. But $\frac{2}{3}$ of the world's population do not even have a telephone. As long as the world is at peace, and as long as prosperity spread through the world, we can expect to see more satellites launched.

Unfortunately, launching of the satellites is still quite expensive. It takes nearly 10,000 Euros per kilogram of payload in space. How to lower the cost of launching has been a subject of intense study in at least the past ten years (Fig. 6).

Satellites are launched either in the geo-stationary earth orbit 37,000 km away, in the low earth orbit about a few hundred km away, or intermediate orbits between the two limits. For the geo-stationary orbit, there are one hundred and eighty allowed positions, one position every two degrees. However, about eighty of those positions do not produce enough business. To each of one hundred positions, usually two satellites are placed. Only one

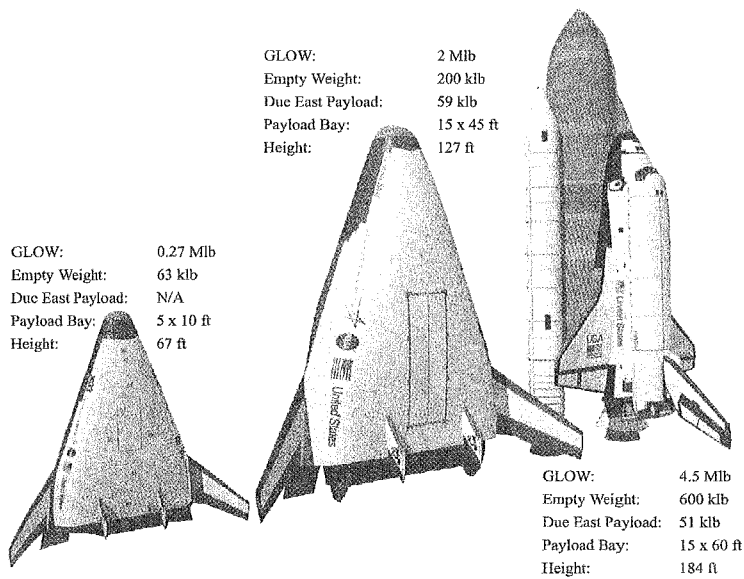
of those two is operating at one time. Therefore, currently there are about 200 satellites in the geo-stationary orbit. These satellites have a life-span of about ten years, and they are large. A large rocket vehicle, such as Ariane 5, is needed to launch such a large satellite. The total number of launches of these satellites is presently about 20 per year. It may increase to about 30 per year. There are many rocket vehicles in the world which can do this. For the low and intermediate orbits, small satellites of weight from about 100 to 800 kg, are used. Their useful life is about four years. If 2000 such satellites are in operation, 500 new satellites must be launched every year. Presently, a large rocket vehicle carries several of these satellites in a single launch. Launching these small satellites by small rocket vehicles is presently more costly than launching several by a large rocket vehicle.

It seems that people cannot agree on what is the best way of reducing the launch cost. For instance, the cost of the Space Shuttle could no doubt be lowered by replacing its expendable solid-fuel booster by a reusable, fly-back liquid-fuel booster. Its orbiter could be redesigned to be more efficient. However, such improvement of the Space Shuttle will be very costly, and many argue that there is no need for doing it. Because the Shuttle is operated by the government, and because the politicians never failed to approve the budget for it, indeed there is no political need to make the system cheaper.

Many arguments have been made for a reusable single-stage-to-orbit vehicle. A vehicle called X-33 is being built in the United States to show that technology exists to design such a vehicle (Fig. 7). Anybody can agree that such a vehicle would be good. But it is very difficult to produce such a vehicle. In order to successfully reach the orbit and come back, the ratio between the mass of the fuel-laden vehicle to the mass of the empty vehicle must be at least 10 to 1 with no payload. The X-33 vehicle presently is expected to have a mass ratio of only 3 to 1. With such a mass ratio, the vehicle will be able to fly to a Mach number of only about 10.

Why is the mass ratio so low? If we do not reuse the vehicle, then probably a single stage rocket can be built to a mass ratio of 10 to 1 with a technology slightly better than today's technology. In order to bring the vehicle back from the orbit, the weight of the vehicle becomes at least twice, making the mass ratio less than 5. This is because the entry flight produces forces and heat. The structure must be stronger to take the forces and moments, and must operate at a high temperature.

There has been several all-reusable two-stage-to-orbit ideas (Fig. 8). In Germany, Prof. Saenger started it here in Stuttgart. The first stage will fly to



p-fig7.cdr

Figure 7: Comparison of X-33 with full-size single-stage-to-orbit launcher and Space Shuttle

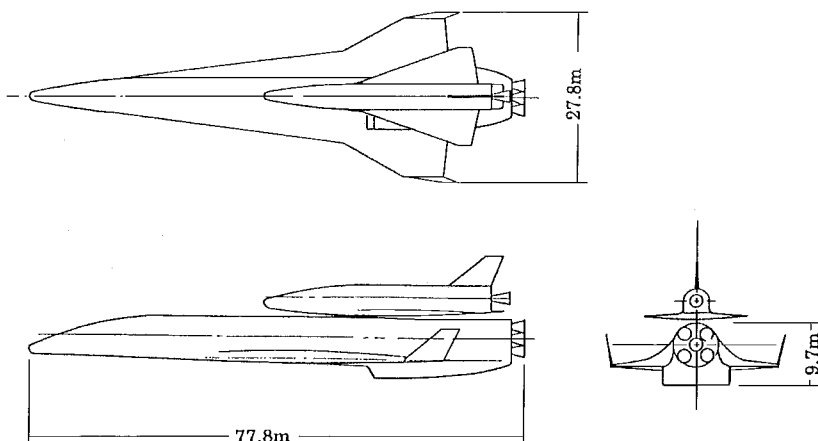


Figure 8: Japan's proposed rocket-based fully reusable two-stage-to-orbit launch system [6]

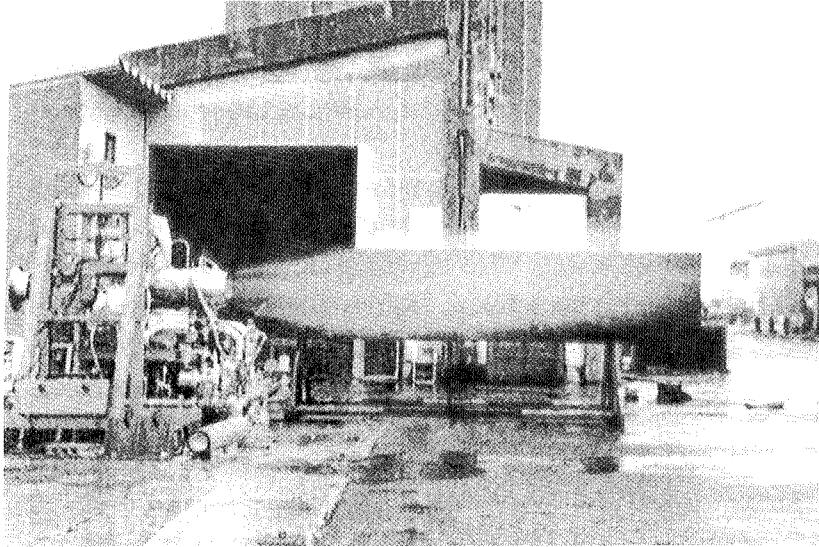


Figure 9: Japan's Mach 0 – 6 turbo-ramjet being tested statically [7]

about Mach 5 using a combination of a turbojet and ram-jet engines. At Mach 5, the second stage vehicle will take off and climb to the low orbit using a rocket engine. Both the first and the second stage vehicles will come back to land and be used again. There is at least one known design of a turbo-ramjet engine needed for such a system in Japan. The engine can take off from zero speed, and reach possibly Mach 6 (Fig. 9).

The difficulty with the fully-reusable two-stage-to-orbit idea is that its market is uncertain. In order to reuse the upper stage, it must be large. Otherwise, the heating rate becomes too large. As I stated earlier, there are at most only 30 launches of large satellites per year, and there are already several launch vehicles which can do this. The total number of such fully-reusable large launch vehicles needed is probably about two in the entire world. Expending so much effort to build only two such vehicle is perhaps not justifiable.

Some think that the real immediate market for a reusable system is in launching small satellites to low and intermediate orbits. It is well known that 80% of the cost of a launch is in the first stage reaching Mach 5. In a two-stage system, if one reuses only the first stage only, the launch cost

falls to $1/5$. By designing the expendable second stage to be cheaper, perhaps the cost could fall to $1/10$. If there are 500 launches of small satellites per year, perhaps 30 of such a system could be built, which justifies its development. Similar ideas are being pursued by private companies in the United States.

Building such a system is still very difficult. For this idea to succeed, the lift-to-drag ratio of the vehicle must be twice higher than the presently attained values. During the separation of the second stage from the first stage, aerodynamic forces push the second stage vehicle back to the first stage causing a collision. Finding the suitable sites for launching and receiving the first stage vehicle is difficult. It is especially difficult in Europe.

But, the idea is a good one, and therefore it should be pursued. This is the second area which young engineers could choose his or her career in.

Going to Stars

The third area where high speed flight is used is in going to stars. Our knowledge of the universe and our solar system has been improved greatly as a result of the missions to the moon and the planets. Gaining such knowledge itself is a great pleasure. The first line in the first book of Confucianism says 'We learn and sometimes recite. What pleasure it is.' The knowledge of the universe helped us understand that this Earth is nothing but a small ship on which all of us share the common destiny. The world became a much smaller place as a result, and thereby the space programs contributed to the peace in the world. The International Space Station is a good example, for which so many different nations are cooperating together (Fig. 10).

One important goal in this endeavor is finding the signs of life on other planets. The targets are Mars, Titan, the large moon of Saturn, and Europa, a moon of Jupiter. If we succeed, it will humble us all that we are nothing but an ordinary citizen of the universe. This knowledge will contribute to world peace.

Searching life on Mars has good reasons. On the Earth, there is a sign of life which is four billion years old. Yet, the life as we know it today did not evolve until about one billion years ago. So what has happened in the first three billion years? The best guess is that the first seed of life died out. Then there was a second seed, which died out, too, and so forth. That is, as long as the natural condition is the same, life tends to occur independently and many times. Some say this is due to the seeding by meteors. Four billion years

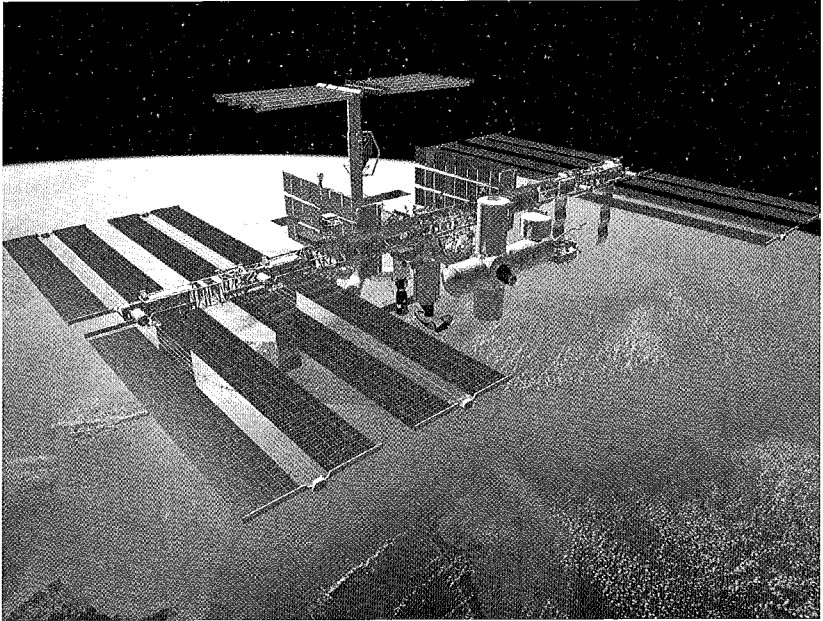


Figure 10: International Space Station [8]

ago, Mars had an atmosphere of 1.5 bars consisting of gases similar to that of Earth, a temperature similar to today's Earth, and water. If life could occur many times on Earth, it could have occurred on Mars, too.

We have sent several unmanned spacecraft to Mars already, and more will be sent. The unmanned devices can perform geological survey of the planet. The geological data will tell us where to go to look for life. But, ultimately, humans must go there, because humans are much better than a machine in thinking.

The human exploration of Mars will resemble the exploration of the Antarctic continent on Earth. Presently, tens of thousands of people reside on the continent carrying out various researches. This exploration started at least thirty years ago. Only recently, have they found life below the ice sheet. In order to find a sign of life on Mars, one must be prepared to do the same. My friend Dr. Chris McKay says that there should be 500 graduate students on Mars doing their thesis work (Fig.11). After thirty years of research by 500 graduate students, perhaps we may find life.

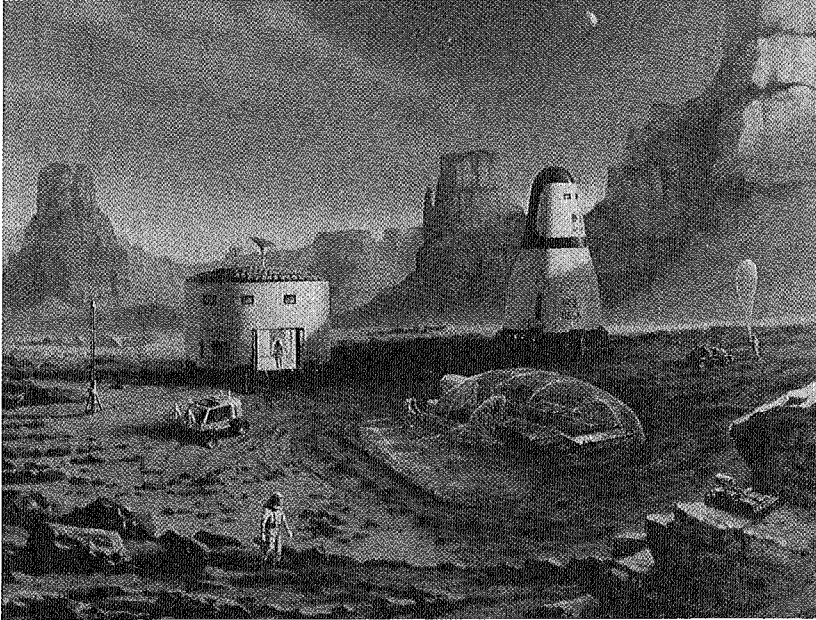


Figure 11: Mars colony [9]

Sending humans to Mars is not easy. The unmanned spaceship to Mars is sent on the so-called minimum energy trajectory, which is an ellipse. The trip by the minimum energy trajectory needs nearly one year to reach Mars. If the manned spacecraft follows this trajectory, after reaching Mars, the astronauts must wait one and half year before they can embark on the return journey, because Earth is far away from Mars at that time and one must wait for Earth to come near to Mars. The trip takes at least three years. During the flight of one year, the astronauts will be bombarded by cosmic radiation.

The trip can be shortened by using a stronger propulsion. Such a shorter mission is called a sprint mission. In the sprint mission, the engine is operated for a long time to gain a speed higher than the speed of the Earth around the Sun. In five months, they will reach Mars. After about one month of stay on Mars, they come back, again using propulsion. The total mission is finished in one year.

To do this mission, we need a good engine. The performance of a rocket engine is measured by the speed of the gas exhausting from the engine. The

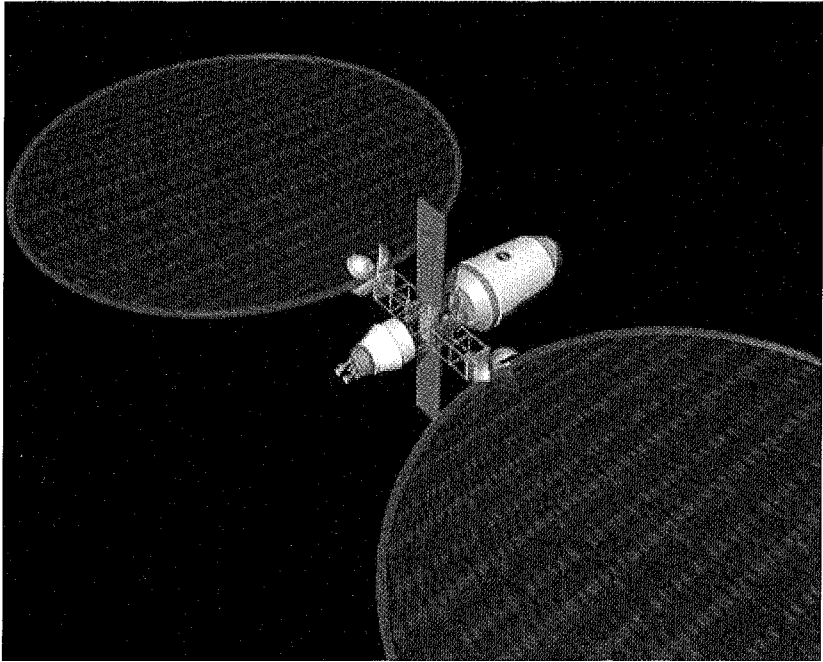


Figure 12: Solar electrical propulsion for manned Mars mission [10]

chemical rockets have a maximum speed of 3.5 km/s. We need an engine with at least twice that speed to send humans to Mars. The best way is the electrical rocket powered by a solar or a nuclear power generator (Fig. 12). Much advancement on electric propulsion has been made by a group here in Stuttgart. To produce a working such engine, more work needs to be done. This is another area where young engineers could find a career.

One issue still debated is the sociological and psychological problems of the astronauts. We worry that there may be personal conflicts among the astronauts, and boredom and loneliness may harm them psychologically. One NASA psychologist recommends that an effort should be made to create, with the crew in such a ship, a society which best resembles the ordinary human society on Earth. This means, first of all, a family life, which requires approximately equal number of men and women. According to the past human records, this organization still best prevents or solves conflicts.

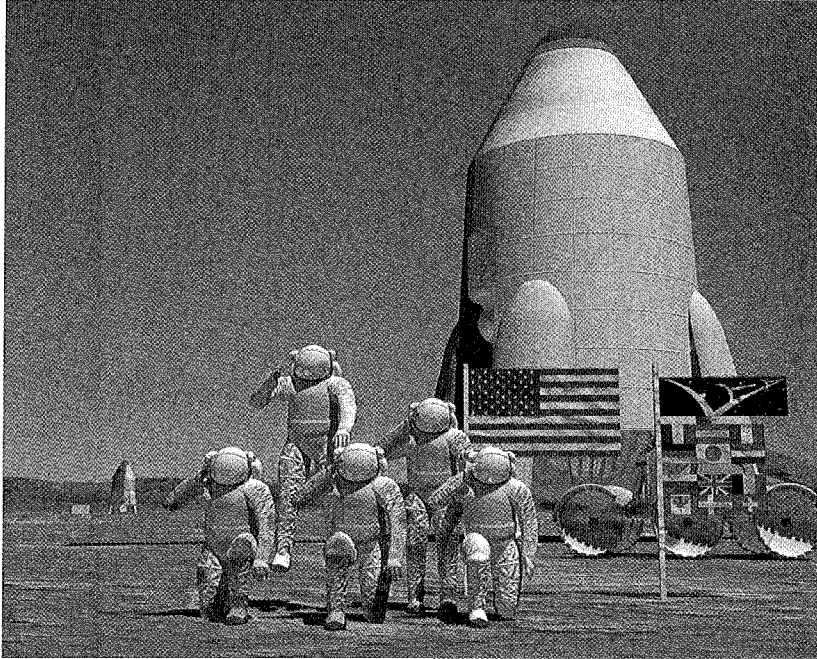


Figure 13: International group of Mars explorers [11]

These men and women should have many different functions in life. For instance, one could be an electric engineer and at the same time a musician. One could be a dentist and at the same time a historian. These people should be preferably from different ethnic and cultural backgrounds. Otherwise, boredom will harm them psychologically.

But how could we form such a team, in which men and women come from different backgrounds, each have two specialties each, and are married to each, and not duplicate their specialties? A NASA psychologist suggests opening a world space academy. Every year, thousands of brightest young men and women from all over the world come to this academy. They learn all different specialties while learning to fly. Husband-wife teams form among these young people. Selection of the teams to go to Mars will be made from these couples. If five hundred young students are to be kept on Mars, we definitely need such a system. Those who are not selected could

return to their native countries and become political leaders. War is highly unlikely when the political leaders are good friends to each other. Creation of such a world space academy may be the ultimate service to human race by the engineers (Fig. 13).

Conclusion

In conclusion, I have shown you how engineers can contribute more to the happiness of mankind, taking the example of aerospace engineering. Of course, we know that technology does not solve all the world problems. But, overall, technology has done the most in bringing happiness to mankind. I would like to urge the young people here to take this challenge, and to aspire to the undying effort of bettering the conditions of the mankind, even in this temporarily adverse environment.

Thank you.

List of Figures

- [1] A. H. Whitehead, Jr., "Impact of Environmental Issues on the High-Speed Civil Transport", in Fluid Dynamics Research on Supersonic Aircraft, RTO-EN-4, AC/323 (AVT) TP/6, RTO Educational Notes 4, North Atlantic Treaty Organization, Von Karman Institute for Fluid Dynamics, Rhode-Saint-Genese, Belgium, 25–29, May 1998, pp.12–24
- [2] Courtsey, Documentation Technology Branch, NASA Ames Research Center
- [3] T. Galloway, P. Gelhausen, M. Moore, and M. Waters, "Oblique Wing Supersonic Transport Concepts", AIAA Paper 92-4230, August 24–26, 1992, Hilton Head, South Carolina
- [4] A. J. M. van der Velden, and E. Torenbeek, "Design of a Small Supersonic Oblique-Wing Transport Aircraft", Journal of Aircraft, Vol. 26, No. 3, March 1989, pp.193–197
- [5] B. Steckemetz, W. Wienss, A. Gianti, R. Janovsky, I. Selesnjew, P. Natenbruck, and R. Klaedtke, "Air Launched Space Transportation System, DI-ANA/BURLAK For Small Satellites and Scientific Payloads", IAF-94-V.1. 523, 45th Congress of the International Astronautical Federation, October 9–14, 1994, Jerusalem, Israel
- [6] M. Maita, "Spaceplane Program Status in Japan", in Proceedings of the International Workshop on Aerospace Planes and Hypersonic Technology, February 28 – March 2, 1994, Tokyo, Japan, pp. 227–276
- [7] N. Tanatsugu, Y. Naruo, T. Sato, I. Rokutanda and M. Uchida, "Development Study on ARTEX Engine", in in Proceedings of the International Workshop on Aerospace Planes and Hypersonic Technology, February 28–March 2, 1994, Tokyo, Japan, pp. 277–289
- [8] http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/artistconcept/hires/s97_10536.jpg
- [9] <http://www.nw.net/mars/gallery.html>
- [10] <http://www.thinkmars.net>
- [11] <http://exploration.jsc.nasa.gov/explore/explore.htm>