KRIEG IM AETHER

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
im Wintersemester 1977/1978
Leitung: Abteilung für Übermittlungstruppen, Divisionär A. Guisolan

Die Raumfahrtätigkeit der Firma Contraves AG

Referent: Hanspeter Schneiter, Dipl Ing. ETHZ

Diese Vorlesung wurde durch die Stiftung HAMFU digitalisiert und als
PDF Dokument für www.hamfu.ch aufbereitet.

DIE RAUMFAHRTTAETIGKEIT DER FIRMA CONTRAVES AG

HP. Schneiter, dipl. Ing. ETHZ

1. Einführung

Es war zu Beginn des Raumfahrtzeitalters, anfangs der 60er Jahre, naheliegend, dass vor allem Firmen aus den Bereichen "Flugzeugbau" und "Elektronik" in die neue Technologie der Raumfahrtgeräte eingestiegen sind. Es hat sich daran inzwischen auch nicht viel geändert; die Motivationen, es zu tun, sind heute allerdings andere als während der Pionierzeit.

Während es damals zunächst darum ging, die frühen Geräte in Anwendung bekannter Technologien zum zuverlässigen Funktionieren unter neuen Umgebungsbedingungen zu bringen, kam anschliessend die Periode, während der krampfhaft versucht werden musste, die enormen Geldmittel, die beispielsweise für das Apollo-Programm benötigt wurden, den Steuerzahlern dadurch schmackhaft zu machen, dass man möglichst viele Beispiele direkter Spinoff-Produkte aufzählen konnte (auch Abfallprodukte genannt), die als Neuerungen oder Verbesserungen in die Produkte des täglichen Konsums Eingang gefunden hatten.

Dieser Versuch ist nur mangelhaft geglückt, denn die vielzitierte Bratpfanne mit Teflon-Beschichtung zum Beispiel hat sich gar nicht so gut bewährt.

Dadurch, dass die Motivation, Raumfahrtgeräte zu entwickeln, heute einerseits auf die vielfältigen Erfolge in der wissenschaftlichen Erforschung unserer Erde und ihrer Umwelt und andererseits auf das Interesse weiter Kreise aus der Wirtschaft und den Behörden an der Nutzung der Möglichkeiten der Raumfahrttechnik (Informationsübertragung, Meteorologie, Erdbeobachtung) abgestellt werden kann, ist die mühsame Oeffentlichkeitsarbeit zur Beschaffung der Mittel in den Hintergrund getreten.

Man soll daraus auch erkennen, dass der Rückgang der öffentlichen Information über laufende und geplante Vorhaben nicht bedeutet, dass die Epoche rascher technologischer Fortschritte vorbei sei, ganz im Gegenteil.

Die Einstellung der Unternehmensleitungen in bezug auf Sinn und Nutzen der Raumfahrtätigkeit für das Unternehmen hat sich gewandelt. Man hat im Verlaufe der letzten 10 Jahre erkannt, dass tatsächlich beträchtliche Impulse durch Erfahrungsübertragung (Know-how-Transfer)aus der Raumfahrttechnik auf die Entwicklungs- und Produktionstätigkeiten einer Firma wahrnehmbar sind.

Diejenigen Sparten der Unternehmenstätigkeit, die vorwiegend profitieren, sind das Management und die Kontrolle komplexer Grossprojekte mit hohem Entwicklungsaufwand sowie die gezielte Ausbildung eines Mitarbeiterstabes, der die entsprechenden Arbeitsmethoden nicht nur kennenlernt, sondern auch vollumfänglich anzuwenden gewohnt ist.

Die naheliegende direkte Uebertragung von neuen technologischen Erkenntnissen aus der Raumfahrttechnik auf Konsumprodukte und Militärgeräte gibt es selbstverständlich auch. Es muss aber festgehalten werden, dass es vorwiegend Arbeitsmethoden, Lösungskonzeptionen, Fertigungsverfahren und Prüfmethoden sind, die in der Konzeption, Entwicklung und Produktion neuer Geräte eingesetzt werden und weniger Bauteile, Funktionseinheiten oder Baugruppen.

Entgegen den in den 60er Jahren gehegten Befürchtungen, dass die Anwendung von Technologien und Arbeitsmethoden aus der Raumfahrttechnik in anderen Bereichen der industriellen Produktion unweigerlich zur Verteuerung der Produkte führen müsse, stellen führende Unternehmen im Flugzeugbau und der Elektronik fest, dass die Gesamtkosten eines Produktionsprogrammes beim Einsatz solcher Verfahren nicht nur besser unter Kontrolle gehalten, sondern auch gesenkt werden können.

2. Erfahrungsübertragung aus der Raumfahrttechnik

Für die kontrollierte Entwicklung eines neuen Gerätes sind drei Voraussetzungen wesentlich, nämlich dass:

- die geforderten technischen Funktionen und die Bedingungen, unter welchen die Leistungen zu erbringen sind, in einem Pflichtenheft klar beschrieben sind,
- in der Konzeptions- und Entwurfsphase die erreichbaren Leistungen der Geräte möglichst exakt vorausgesagt werden,
- die Entwicklungsrisiken so sicher beurteilbar sind, dass der prognostizierte Aufwand an Zeit und Mitteln zuverlässige Zielvorgaben für die Projektleitungen darstellt.

Im Rahmen dieses Vortrages wird auf den zweiten Punkt speziell eingegangen, weil er den Aufgabenbereich für die technische Entwicklung absteckt.

Ein erstes Beispiel dazu stellt die in Fig. 1 gezeigte Konzeption eines Geschützes dar. Die Aufwendungen an Arbeitsstunden, die erforderlich sind, um eine Funktionseinheit eines neuen Gerätes ohne Vorrichtungen für eine seriemässige Fertigung zu bauen, sind enorm hoch. Rechnet man noch die Kosten für Messungen und deren Auswertung sowie die zeitlichen und finanziellen Aufwendungen für eventuell notwendige Modifikationen hinzu, so sieht man bald, dass frühe, zuverlässige theoretische Voraussagen des Geräteverhaltens im Betrieb viel Zeit und Geld sparen helfen.

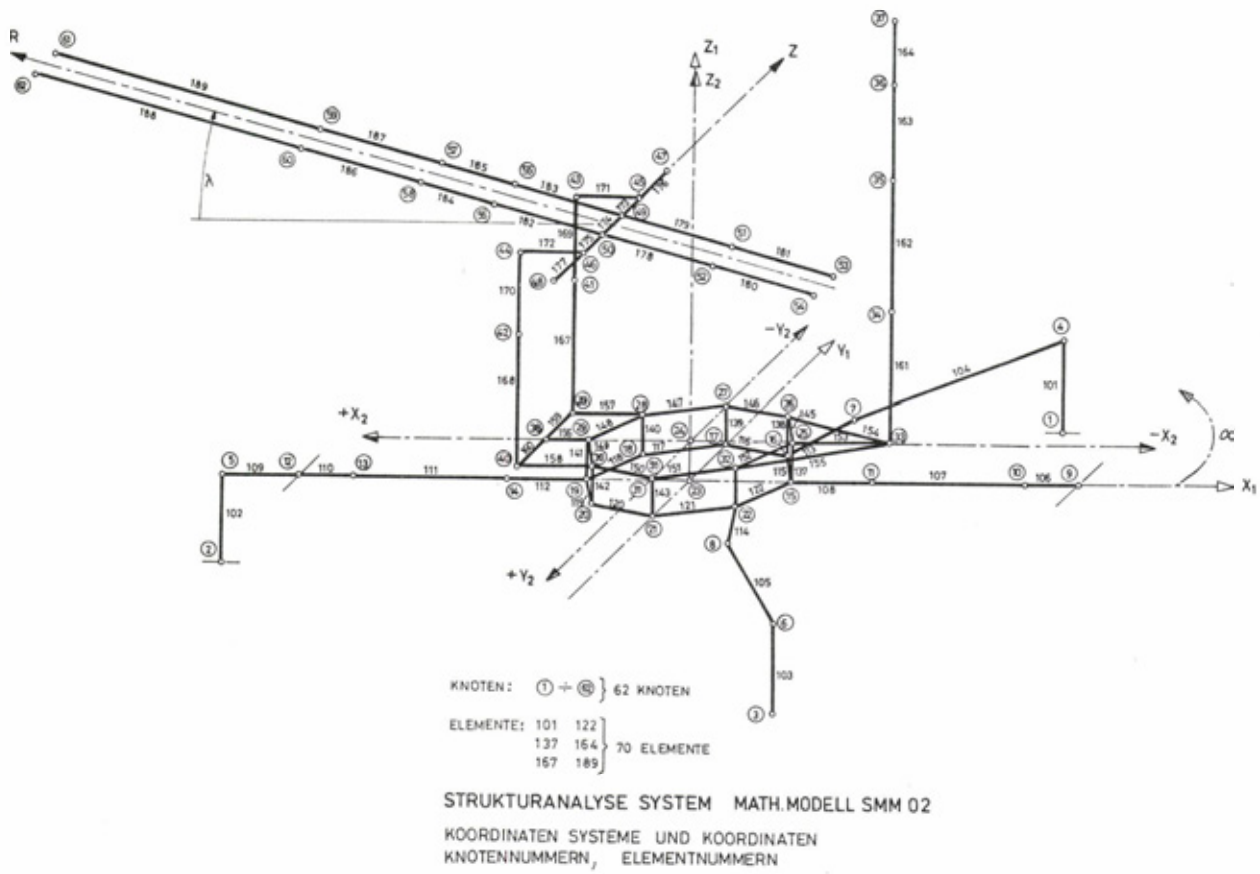

Fig. 1: Mathematisches Modell eines Zwillingsgeschützes

In diesem Sinne ist es heute möglich, die sehr feinen und exakten Methoden der theoretischen Berechnung des statischen, dynamischen und thermischen Verhaltens einer Gesamtanlage oder Baugruppe anzuwenden, die für die Entwicklung von Raumfahrtgeräten erarbeitet worden sind.

Fig. 1 zeigt das mathematische Modell eines Geschützes. Dieses Modell wird nach Ueberprüfung, ob es dem geplanten Gerät bezüglich Geometrie und Steifigkeitsverteilung entspricht, verschiedenen Lastkombinationen, wie sie im Betrieb auftreten können, ausgesetzt. Als Ergebnisse liefert die Rechenanlage Verformungsbilder und Schwingungsparameter (Frequenzen, Amplituden).

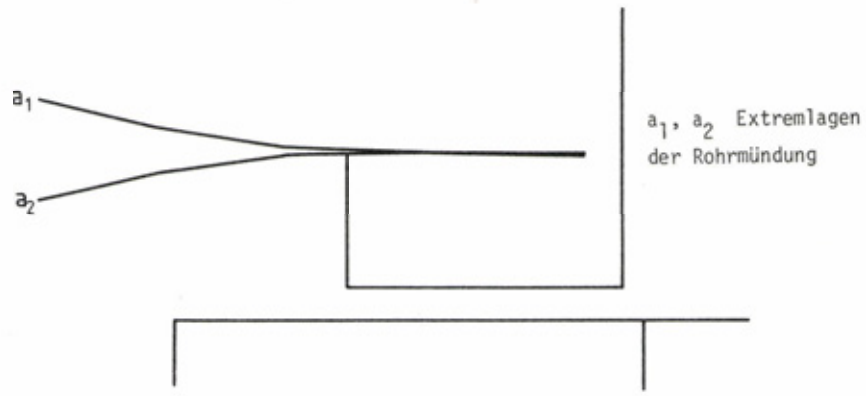

Fig. 2: Rohr-Biegeschwingung

Fig. 2 zeigt die tiefste Eigenfrequenz der Biegungsschwingung der Rohre an (9.5 Hz). Mit mathematischen Modellen vom dargestellten Feinheitsgrad und entsprechenden Rechenprozessen ist es möglich, zuverlässige Aussagen über die Verformungszustände und Schwingungsverhalten zu machen, die dann - wie im vorliegenden Beispiel, Fig. 3 - Aussagen über die Schusslage der einzelnen Geschosse beim Verlassen der Mündung unter Berücksichtigung der Geräteschwingungen sowie der äusseren Kräfte erlauben.

2-4

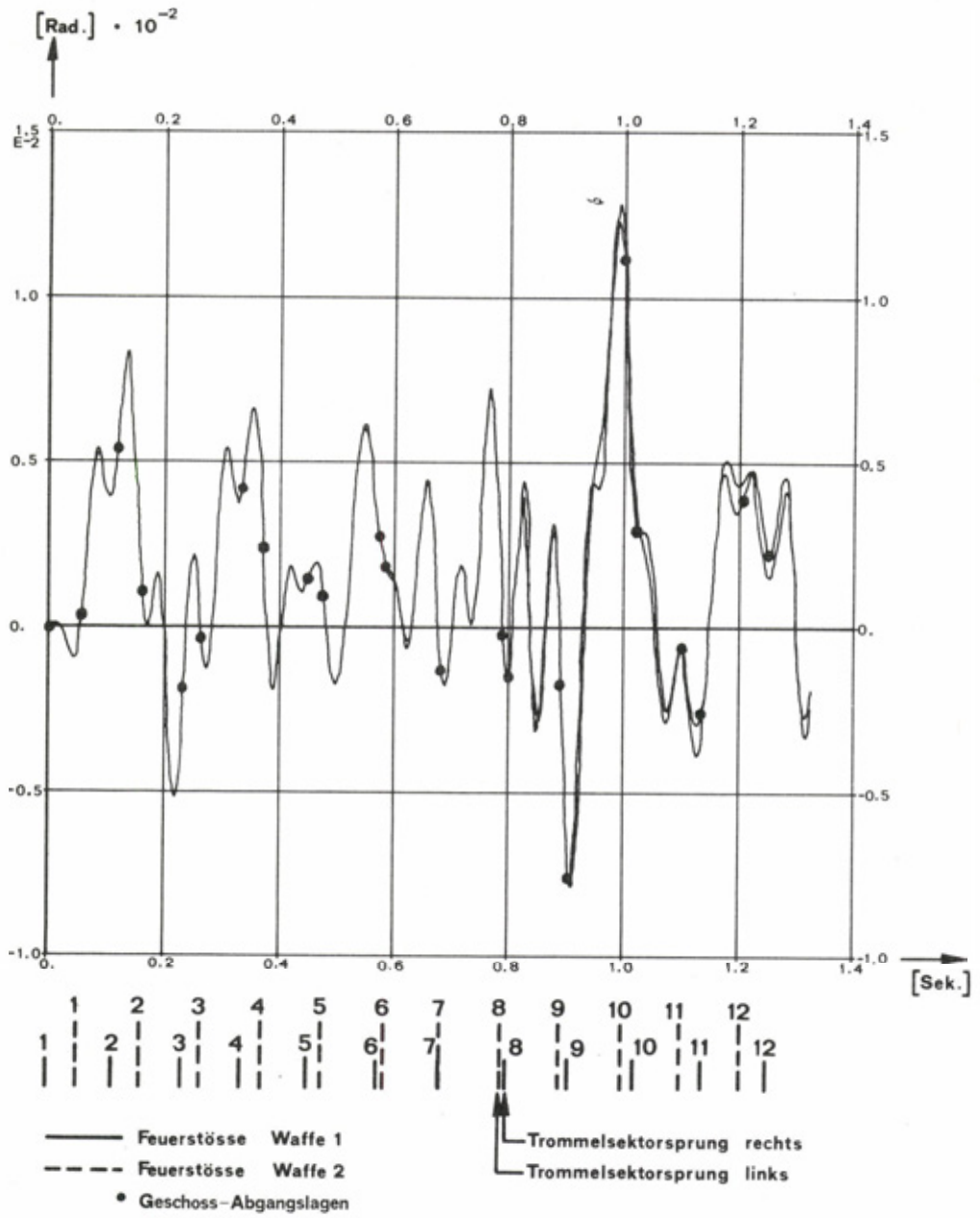

Fig. 3: Geschosslage beim Verlassen der Rohrmündungen bei Seriefeuer 526/571 Schuss pro Minute und Trommel-Sektorsprung

Es ist sicher einleuchtend, dass solche Informationen um so wertvoller sind, je früher in der Entwurfsphase des Gerätes sie bekannt werden, denn korrektive Massnahmen können im Zeitraum der Konzeption und Konstruktion viel kostenwirksamer ausgeführt werden als später.

Fig. 4 stellt ebenfalls ein mathematisches Modell dar. Diesmal handelt es sich beim analysierten Gerät um einen Kinotheodoliten für Flugbahnvermessung (Fig. 5).

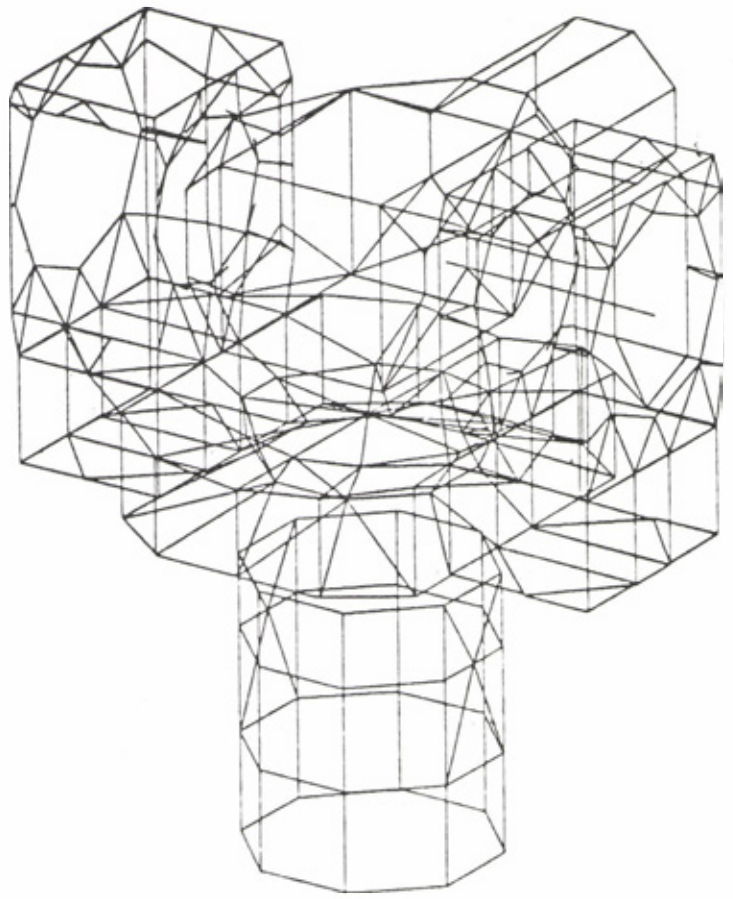

Fig. 4: Kinotheodolit K-300

Das mathematische Modell, bestehend aus 253 Stabelementen, 255 Plattenelementen, weist 1770 Freiheitsgrade auf.

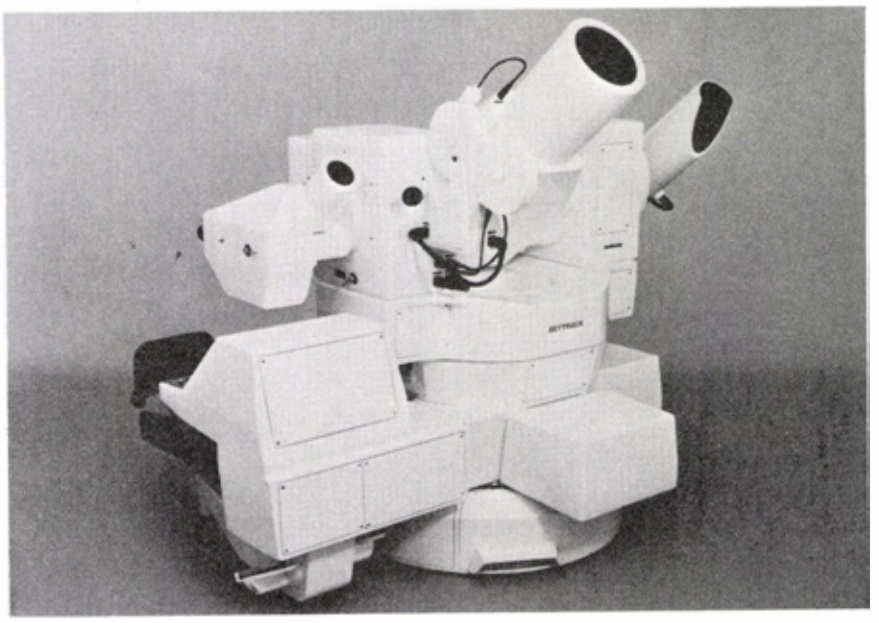

Fig. 5: Kinotheodolit K-300, Modell i.M. 1:1

Die Ausrichtgenauigkeit des Fernrohrs auf das beobachtete Objekt ist für die Qualität der Messungen von erstrangiger Bedeutung. Die elastische Deformation und die Schwingungen, die durch die Such- und Nachführbewegungen des Gerätes erzeugt werden, sind im vorliegenden Fall mit einem sehr feinen mathematischen Modell theoretisch ermittelt worden. Ein Teil der Ergebnisse ist in den Fig. 6 und 7 wiedergegeben. Die Auswertungen haben dazu geführt, dass am optischen Rahmen konstruktive Massnahmen zur Versteifung eingeleitet wurden. Auch die Drehlageranordnung und die Massenverteilung wurden geändert. Der erste Prototyp des Instrumentes befindet sich zur Zeit im Bau. Es ist naheliegend, dass der Gewinn an Zeit und Kosten aufgrund der Tatsache, dass die komplizierten Leichtmetall-Gussteile des optischen Geräteteils nicht erst anhand der Messergebnisse in der Erprobungsphase modifiziert werden müssen, beträchtlich ist.

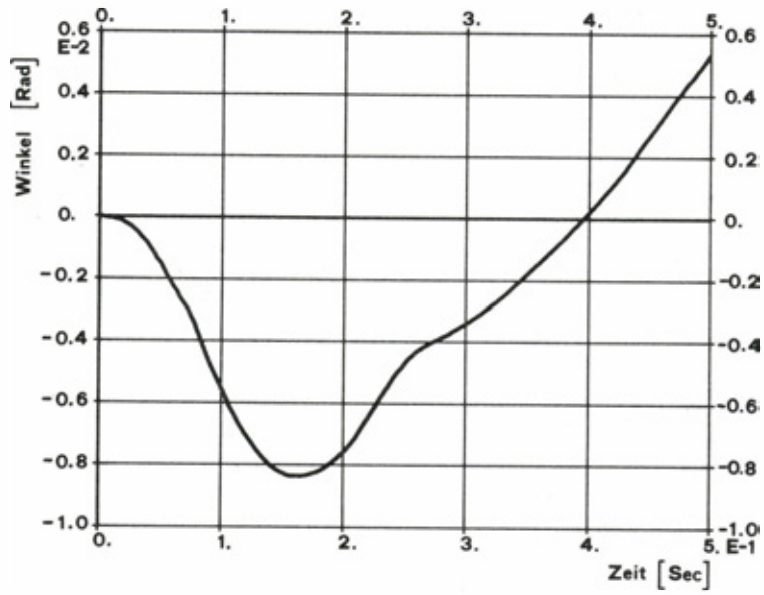

Fig. 6: Kinotheodolit K-300

Blickrichtung des Fernrohrs in Abhängigkeit von der Zeit für ein typisches Verfolgungsbeispiel.

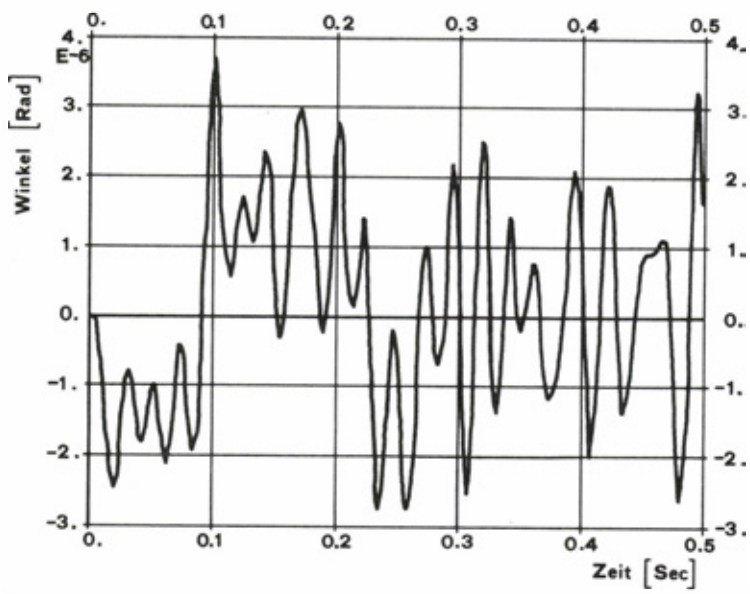

Fig. 7: Kinotheodolit K-300

Abweichung zwischen effektiver Fernrohr-Blickrichtung und angezeigter (gemessener) Blickrichtung für gleiches Verfolgungsbeispiel wie Fig. 6.

Ein drittes Beispiel neuer Methoden zur Voraussage der elastischen und thermischen Deformationen und Schwingungen ist die interferometrische Holographie. Für die Berechnung der Richtgenauigkeit des Feuerleitgerätes SKYGUARD wurde ein Modell gebaut (Fig. 8), aus dessen Deformationen unter Belastung die Steifigkeit der Struktur unter Anwendung der Modellgesetze ermittelt werden konnte.

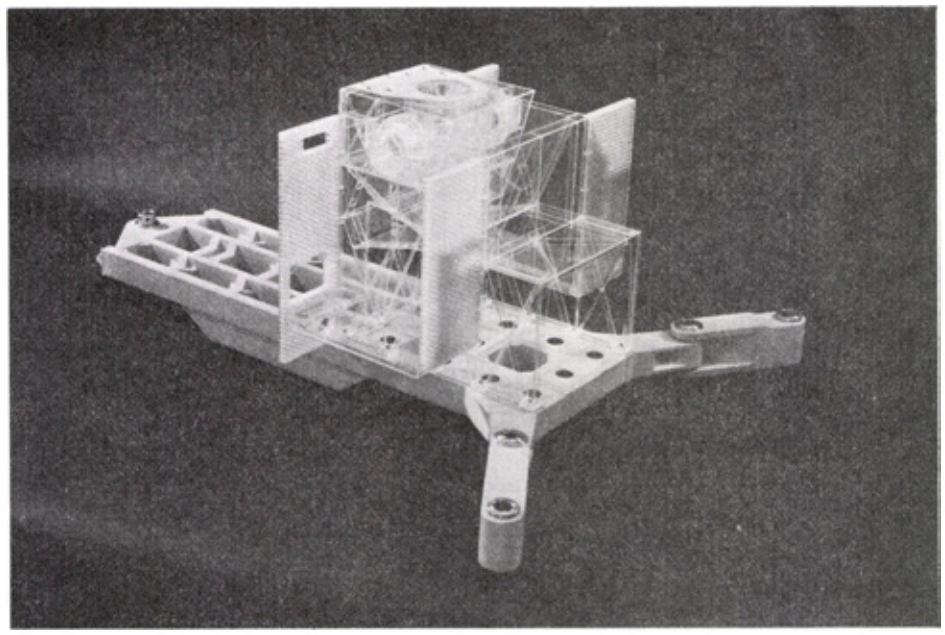

Fig. 8: Feuerleitgerät SKYGUARD
Messmodell der Richtgerätestruktur, i.M. 1:5

Vom gleichen Modell sind unter statischer und dynamischer Belastung auch räumliche Hologramme erstellt worden. Solche Bilder sind für komplexe, dreidimensionale Gebilde quantitativ nur mühsam auszuwerten. Der grosse Vorteil eines Hologrammes, wie in Fig. 9 dargestellt, ist dessen Anschaulichkeit. Der Konstrukteur erhält einen guten Eindruck von den Kraftverläufen und Spannungskonzentrationen; Informationen, die er direkt in der Gestaltungsphase berücksichtigen kann, und nur via Hologramm erhält.

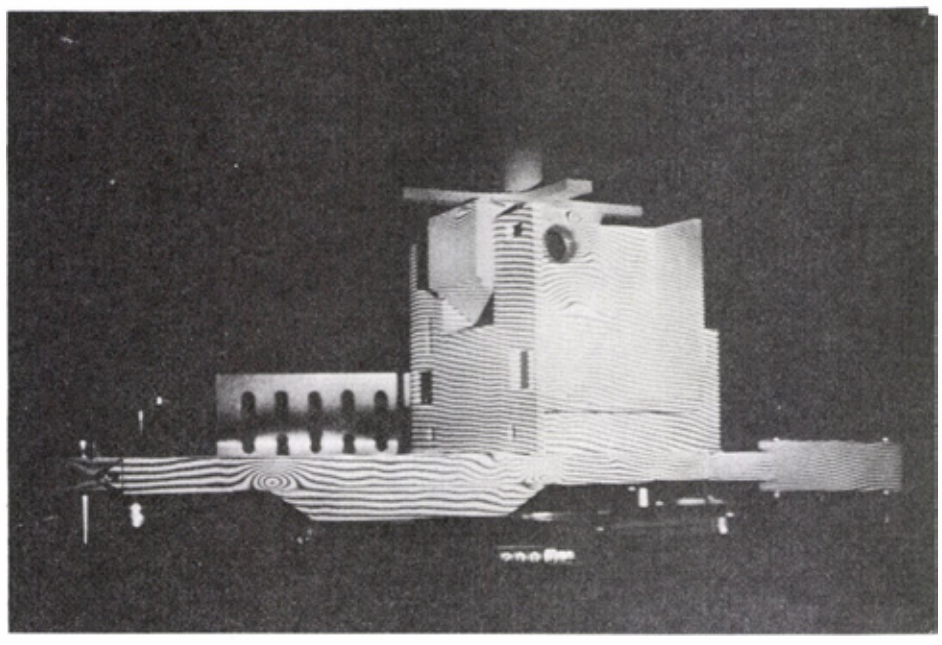

Fig. 9: Feuerleitgerät SKYGUARD
Interferometrisches Hologramm des Messmodells unter Biegebelastung.

Was bisher vorgetragen worden ist, gehört ebenso direkt zum Kapitel "Erfahrungsübertragung aus der Raumfahrttechnik" wie die nachfolgenden Ausführungen. Es wurde deshalb vorausgestellt, weil davon selten gesprochen und wenig geschrieben wird, denn das "Aha"-Erlebnis ist nicht so einfach zu erreichen, weil die indirekte Uebertragung der Erfahrung mit den Händen nicht greifbar ist.

Die nun folgenden Beispiele aus dem Bereich "Werkstoff-Technologie" sind ausgewählt worden, damit gezeigt werden kann, wie neuartige, zum Teil extreme Forderungen betreffend der mechanischen und thermischen Eigenschaften von Werkstoffen für spezifische Anwendungen in der Raumfahrttechnik zu neuen Produkten führen, die erfolgreich in einem weiten Spektrum qualitativ hochstehender technischer Geräte einsetzbar werden.

Von der beinahe unabsehbaren Verbreitung, die die miniaturisierte Elektronik gefunden hat, muss hier nicht gesprochen werden. Das Erreichen grosser Nutzleistungen bei kleinem Volumen und Gewicht war ja eine der Grundforderungen in der Entwicklung von Raumfahrtgeräten. Dies gilt auch heute noch, denn die Transportkosten machen auch bei modernen Raumtransportmitteln, wie etwa ARIANE-Trägerrakete oder Space Shuttle, einen erheblichen Anteil an den Programm- oder Missionskosten aus (je nach Nutzlast 15 bis 40 Prozent).

Nun sind aber in den letzten Jahren zunächst in der Entwicklung auf dem Gebiet der Messinstrumente und Informationsübertragungsanlagen für die Raumfahrt Fortschritte erzielt worden, die für die Werkstoff-Technologie zu neuen Aufgabenstellungen geführt haben, nämlich:

- hohe mechanische Steifigkeit bei kleiner Masse
- hohe geometrische Formstabilität in weiten Temperaturbereichen.

Diese Forderungen sind weitgehend dadurch begründet, dass ein einmal justiertes Messinstrument auch unter extremen Umgebungsbedingungen seine Genauigkeit behalten soll.

Die ebenfalls aktuellen Bedürfnisse nach besseren elektrischen Eigenschaften von Werkstoffen sind daraus abzuleiten, dass viele der neuartigen Materialien nicht mehr homogen und nichtmetallisch aufgebaut sind. Es ergeben sich dabei auch die Probleme der Leitfähigkeit von Oberflächen, die neuartig gelöst werden müssen.

Typische Beispiele von Werkstoffen, die in der Raumfahrttechnik mit Erfolg eingesetzt werden und zum Teil auch schon Eingang im Flugzeugbau und in der Entwicklung von Sensoren für militärische und zivile Anwendungen, bei schnellaufenden Maschinen (Textilindustrie) sowie Sportgeräten gefunden haben, werden im folgenden erläutert.

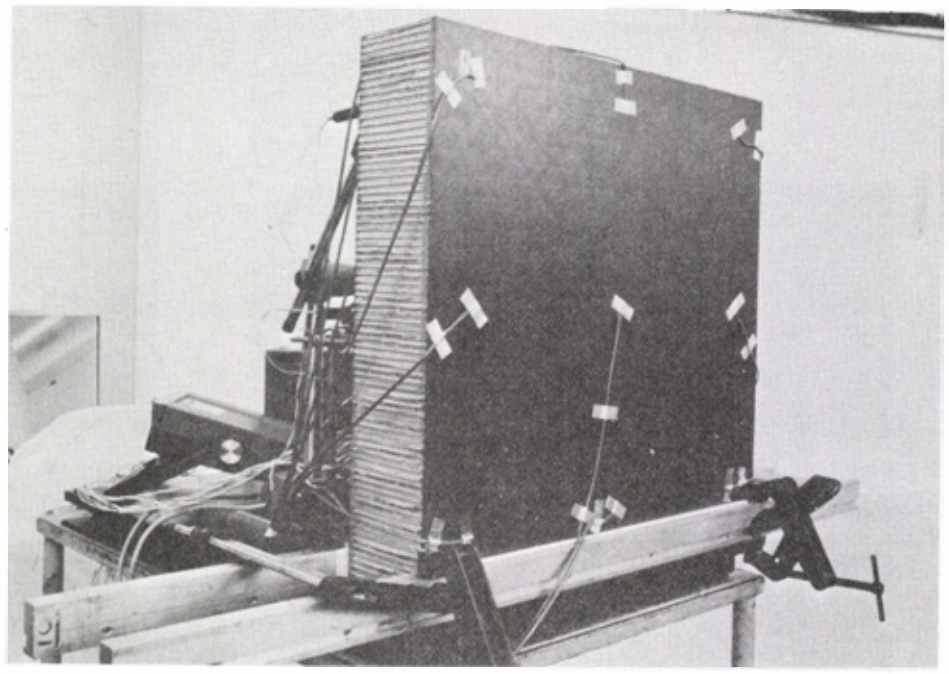

Fig. 10: Forschungssatellit EXOSAT

Messung der thermischen Deformationen an der Geräteplattform, Dicke des Sandwich-Aufbaus 100 mm.

Fig. 10 zeigt eine Instrumentenplatte für einen Forschungssatelliten. Die zu lösende Aufgabe ist im vorliegenden Fall die Erreichung einer höchstmöglichen geometrischen Formstabilität bei wechselnder Temperaturverteilung auf der Oberfläche und minimalem Gewicht. Die 0.8 mm dicken Deckschichten (schwarz) der Sandwich-Platte mit Aluminium-Wabenkern bestehen aus Kohlefasern, die unter sich parallel in mehreren gegeneinander verdrehten Schichten mit Epoxyd-Harz zu einem Verband verklebt sind. Die Anordnung der Fasern wurde dahingehend optimiert, dass ein Wärmedehnungskoeffizient von 1 - 4 x 10^{-6} m/m · grad, je nach Richtung, erreicht wird. Da die Kohlefaser an sich sehr hohe Festigkeits- und Steifigkeitswerte erreicht, stellt die Instrumentenplatte, die bei einer Eigenmasse von 3 kg/m2 während des Satellitenabschusses Trägheitskräfte von ca. 500 kg/m2 aufzunehmen hat, eine Lösung dar, die sowohl festigkeits- und steifigkeitsmässig als auch in bezug auf die Formstabilität äusserst günstig ist.

Viele Festigkeitsprobleme werden durch grosse Schwingungsamplituden der Geräte bei tiefen Frequenzen im Betrieb verursacht. Ein ähnliches Problem tritt auch beim Abschuss von Raumfahrzeugen auf. Die Anregungsenergie aus der Rakete, welche Schwingungen der Nutzlast (des Satelliten) erzeugt, ist gross. Leichtbaustrukturen, wie Satellitenzellen, neigen zu tiefen Eigenschwingungszahlen und daher zu grossen Amplituden, wodurch die Ausrüstung (Instrumentierung) grossen dynamischen Belastungen ausgesetzt wird. Es ist also wesentlich, dass Werkstoffe, mit welchen sich leichte Zellen bauen lassen, gleichzeitig hohe Elastizitätsmoduli aufweisen.

Zur Lösung dieser Aufgabe zwei Beispiele:

- der konische Adapter (Uebertragungszelle), Fig. 11, stellt die Baugruppe des Satelliten dar, die den höchsten absoluten Belastungen ausgesetzt ist. Durch geschickte Formgebung (Konusstumpf) und Wahl von Werkstoffen höchstmöglicher Steifigkeit kann tatsächlich die Frequenz der tiefsten Biege-Resonanzschwingung direkt beeinflusst werden, und zwar um aus dem Bereich gekoppelter Schwingungen mit der Trägerrakete (bis ca. 15 Hz) heraus und möglichst hoch darüber hinaus zu kommen. Der verwendete Werkstoff ist im vorliegenden Fall Beryllium.

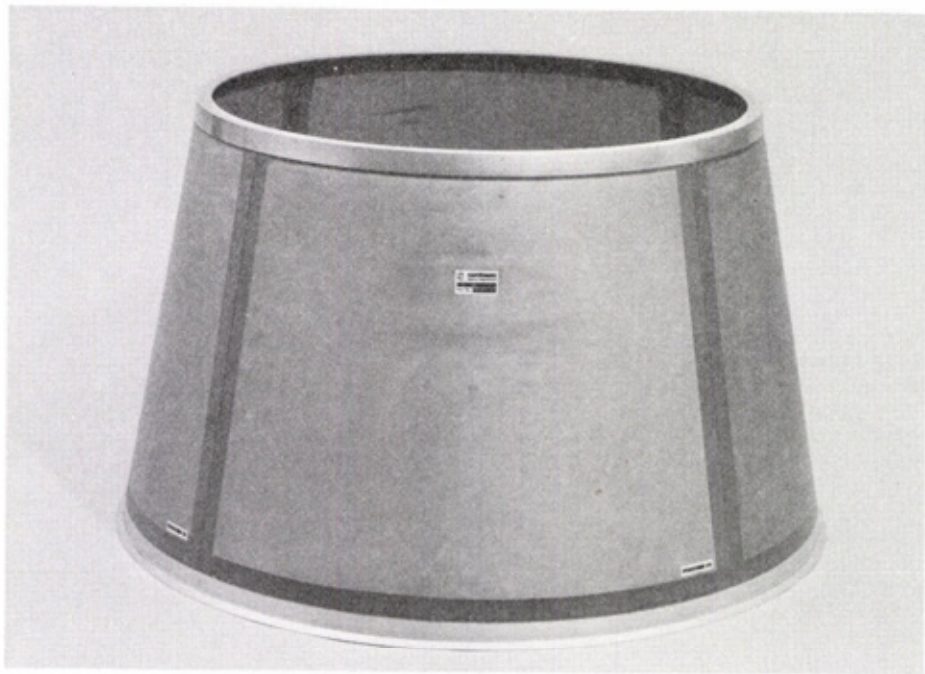

Fig. 11: Satelliten-Adapterzelle aus verklebtem Beryllium-Blech, Durchmesser des unteren Flansches 1 Meter

Nun hat dieses Material zwar äusserst günstige mechanische Eigenschaften, ist aber in der Verwendung teuer (SFr. 25.000.-- pro Kilogramm verarbeiteten Materials) und wegen seiner Giftigkeit nur unter speziellen Vorsichtsmassnahmen verarbeitbar. Bedenkt man, dass zurzeit die Transportkosten für 1 kg Nutzlast in eine geostationäre Umlaufbahn mit der Trägerrakete ARIANE oder dem Space Shuttle noch immer SFr. 50.000.-- bis 100.000.-- betragen, so erkennt man, dass es sehr wohl sogar aus finanziellen Ueberlegungen zweckmässig sein kann, Beryllium einzusetzen; dies ganz abgesehen davon, dass die Eigenschaften des Werkstoffes ihn für gewisse Anwendungen unersetzlich machen.

- Die zylindrische Stütze, ein oft verwendetes Bauelement in vielen Industrieprodukten (Fachwerke, Traggerüste), kommt auch in Raumfahrzeugen vor, und zwar deshalb, weil sie als Stabelement geeignet ist, Zug-, Druck- und Torsionskräfte effizient zu übertragen, Die für den Einsatz in Raumfahrzeugen für Stützen zusätzliche Forderung ist: minimale Masse.

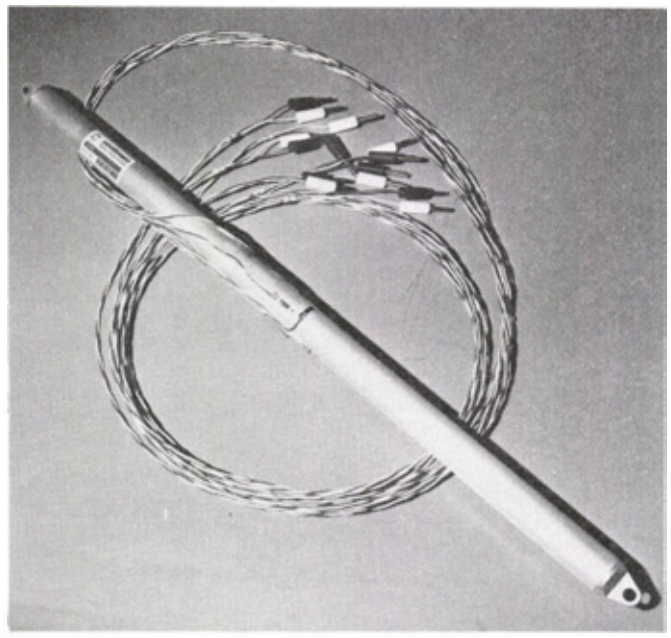

Fig. 12: Druck-Zugstütze aus Borfaser/Aluminium-Verbundwerkstoff, Masse 0.12 kg, Druck-Bruchlast 25'000 Newton

Die Stütze, Fig. 12, ist aufgebaut aus einem Borfaser-Aluminium-Verbundwerkstoff, der als Blech hergestellt, zylindrisch verformt und zu einer integralen Stütze verklebt wird. Borfaser-Aluminium hat in bezug auf seine Masse eine ausgezeichnete Zug- und Druckfestigkeit und extreme Beul/Knick-Stabilität. Im Vergleich zu einer in bezug auf die geforderte Belastbarkeit pro Masse optimal ausgelegte Aluminium-Stütze weist die gezeigte Stütze die halbe Masse auf. Für einen Satelliten, in dem vier Stützen von je 200 gr Masse eingesetzt werden, ist der Gewinn von 0,4 kg nicht unwesentlich. Denkt man an grossvolumige Raumstationen der kommenden Jahrzehnte mit Massen von einigen 100 Tonnen, die in den Weltraum transportiert werden müssen, dann sind auch Masseneinsparungen von weniger als 100 %, wie dies im gezeigten Beispiel der Fall ist, kostenwirksam.

Stellt man nun die oben besprochenen Satellitenzellenteile zusammen, so ergibt sich eine typische Grundstruktur, so wie sie optimal in bezug auf die erwähnten Forderungen auszulegen ist (Fig. 13). Die abgebildete Satellitenzelle hat eine Masse von 9 kg und ist damit bei gleicher mechanischer und thermischer Belastbarkeit ca. 5 - 7 kg leichter als wenn sie aus konventionellen Werkstoffen (Stahl, Titan, Aluminium, Magnesium) gefertigt worden wäre.

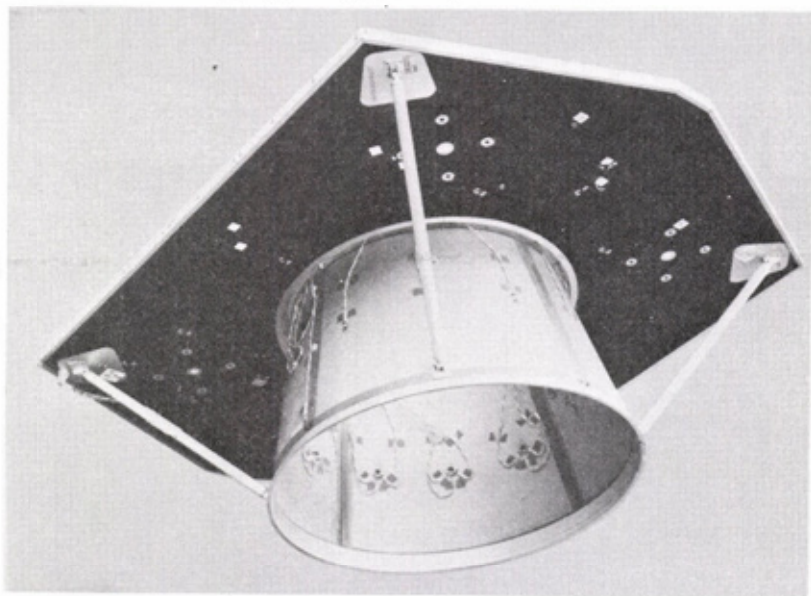

Fig. 13: Satelliten-Grundzelle

Zusammengesetzt aus dem Beryllium-Konus (Fig. 11) 4 Bor/Aluminium-Stützen (Fig. 12) und einer Kohlefaser/Expoxydharz-Geräteplattform.

Es muss an dieser Stelle wohl darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklungsaufwendungen, ausgedrückt in Arbeitszeit und Investitionen, die unerlässlich sind, um neue Werkstoffe auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen, zu optimieren und reproduzierbare Eigenschaften in der Herstellung zu erzielen, beträchtlich sind. Auch der Konstrukteur muss in enger Zusammenarbeit mit den Mathematikern neue Gestaltungslösungen finden, um solche Materialien mit meist anisotropischen Eigenschaften effizient einsetzen und nutzen zu können. Der minuziösen Fertigungskontrolle und lückenlosen Dokumentation der Verfahren und Ergebnisse kommt dabei besondere Bedeutung zu. Dies ist auch der Grund dafür, dass nur Unternehmen mit langjähriger, kontinuierlicher Erfahrung in der Lage sind, die neuen Werkstoffe technisch richtig und kostenwirksam einzusetzen.

Es ist vorhin erwähnt worden, dass auch die elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe den neuen Erfordernissen der Raumfahrttechnik genügen müssen. Es kann in diesem Zusammenhang als Beispiel genannt werden, dass der Heckteil der Nutzlastverkleidung der Trägerrakete ARIANE, die unter Leitung von Contraves AG in der Schweiz entwickelt wurde und gebaut wird, für Radiowellen durchlässig sein muss und demzufolge aus nichtmetallischen Werkstoffen aufgebaut ist (Fig. 14, 15). Es war eine schwierige Aufgabe, diese Forderung zu erfüllen, ohne gleichzeitig die Biegesteifigkeit der Baugruppe so zu verringern, dass die dynamischen Verformungen der Nutzlastverkleidung im Fluge unzulässig gross geworden wären. Die Lösung besteht darin, dass ein Mischfaser-Sandwich-Verband (Kevlar/Glas und Epoxydharz, mit Nomex-Wabe) entwickelt werden musste.

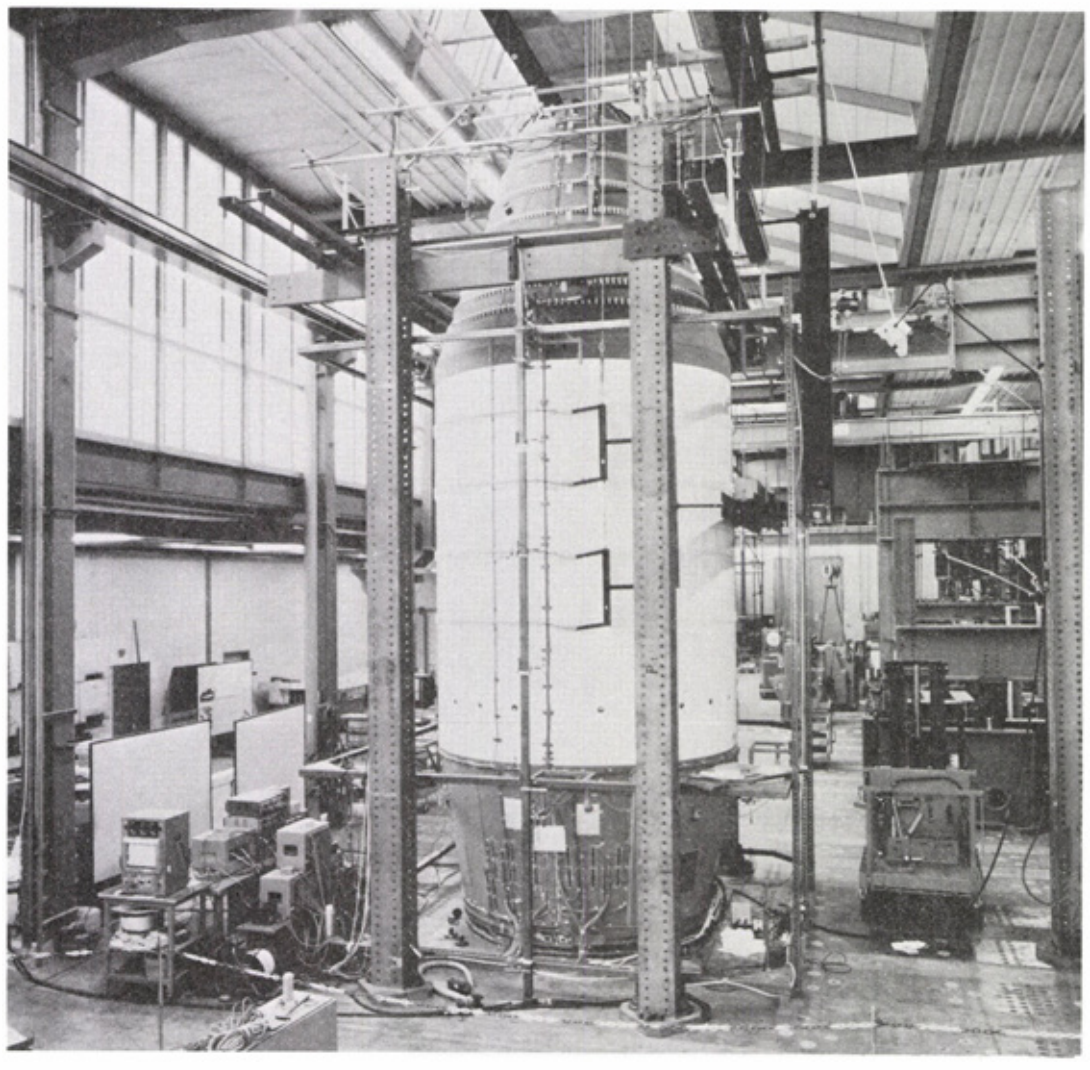

Fig. 14: Nutzlastverkleidung für die Trägerrakete ARIANE. Statische Belastungsprüfung in der EMPA, Dübendorf.

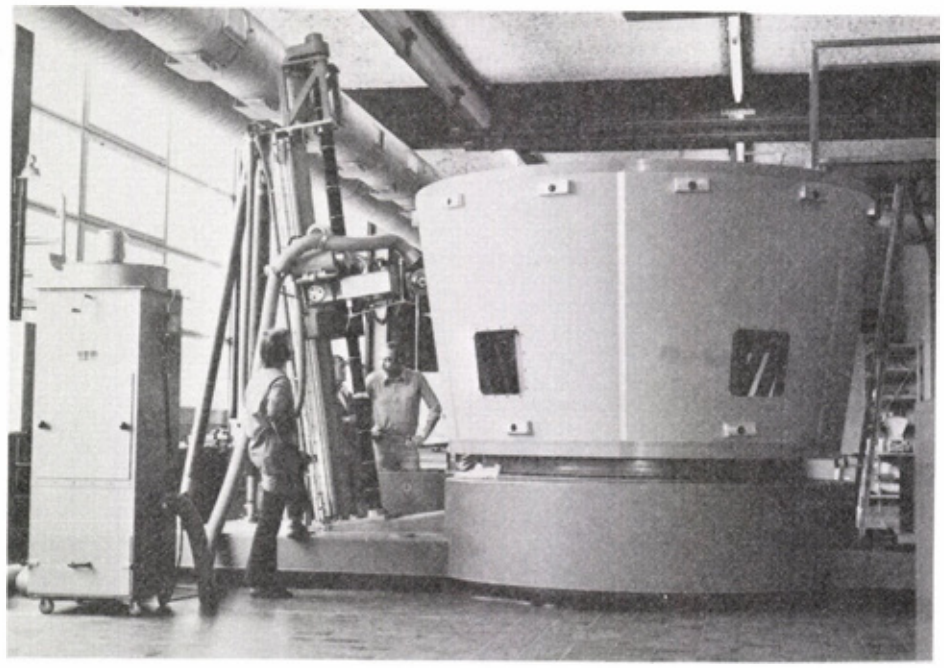

Fig. 15: Nutzlastverkleidung für die Trägerrakete ARIANE

Zusammenbau der konischen Schalen aus Kevlar/Glas/Epoxydharz-Verbundstoff mit Nomex-Wabenkern. Durchmesser am oberen Flanschring 3.2 Meter.

Die in den letzten drei Jahren vollzogene Entwicklung der Nutzlastverkleidung für ARIANE hat eine ganze Reihe interessanter technologischer Aufgaben gestellt. Dazu gehören auch die Trennsysteme, die so ausgelegt werden mussten, dass die per Funkkommando ausgelöste Absprengung der Nutzlastverkleidung von der Trägerrakete mit höchstmöglicher Zuverlässigkeit (0,996) funktioniert. Die Trennsysteme zur Lösung der Verbindungen zwischen der Nutzlastverkleidung und der Rakete einerseits und der beiden Halbschalen der Nutzlastverkleidung andererseits werden pyrotechnisch betätigt. Die dabei in die Schalen geleiteten Schockbelastungen erzeugen Schwingungen ähnlich denjenigen einer Seifenblase bei der Ablösung vom Blasrohr. Die Deformationen der Schalenhälften und die Relativbewegungen zwischen Rakete, Nutzlast (Satellit) und den beiden abgeschossenen Verkleidungsschalenhälften müssen peinlich genau berechnet werden, um mögliche Berührungen vorauszusehen und gezielte Massnahmen für eine saubere Abtrennung der Nutzlastverkleidung einzuleiten.

3. Folgerungen

Damit wäre der Kreis geschlossen. Von den Management- und Kontrollmethoden für komplexe Entwicklungsvorhaben über die Verfahren der Verhaltensvoraussage eines neuen Gerätes im Betrieb bis zu neuartigen Werkstoffen, die ganz bestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, damit beispielsweise die geforderte Präzision eines Messinstrumentes erreicht wird, spannt sich der Bogen möglicher Erfahrungsübertragungen aus der Raumfahrttechnik in die industrielle Produktion.

Es ist nicht neu, dass der Drang der Menschen, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, seit jeher eine der treibenden Kräfte des technischen Fortschrittes war, und fast immer konnten die Ergebnisse der Anstrengungen auch zur Verbesserung der Gegenstände des täglichen Gebrauchs genutzt werden.

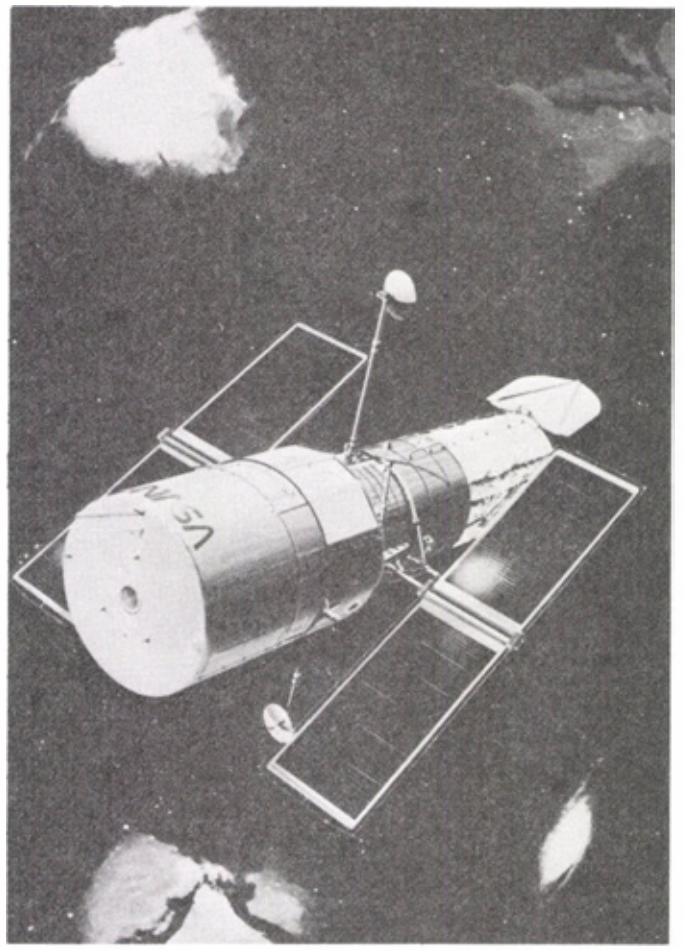

Fig. 16: SPACE TELESCOPE

Astronomisches Fernrohr, das 1983 in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht wird.

Im Jahre 1983 ist der Transport des bisher leistungsfähigsten astronomischen Fernrohrs mittels Space Shuttle in den Weltraum geplant. Das riesige und vielseitig nutzbare Gerät, Fig. 16 (Spiegeldurchmesser 2.4 m), wird es möglich machen, in der Erforschung des Weltalls einen weiteren, grossen Schritt voranzukommen, denn die Sterne, die man zu entdecken hofft, sind soweit entfernt, dass ihre Strahlung, die uns heute erreicht, zur Zeit der Entstehung des Universums ausgesandt worden sein muss.

Die vorgesehenen Messungen sind nur durchführbar, wenn mit dem Gerät bezüglich Formstabilität und Ausrichtegenauigkeit Werte erreicht werden, die zwar möglich scheinen, aber durch neuartige konzeptionelle Lösungen und geschickten Einsatz der Werkstoffe innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit und der bewilligten Mittel auch zu realisieren sind.

Es ist sicher für Raumfahrtprojekte charakteristisch, dass ausgehend von spekulativen Vorstellungen ein Produkt entsteht, das im Rahmen der zeitlichen und finanziellen Vorgaben (Festpreis) die technischen Leistungen erbringt, die gefordert werden.

Welcher Art das Vorhaben auch sei, die Entwicklung eines neuen industriellen Produktes muss innerhalb fester Grenzen von Zeit und Mitteln unter Kontrolle gehalten werden. Dazu, dieses Ziel zu erreichen, hat die Raumfahrttechnik wertvolle Beiträge geleistet.