

Sojus und Apollo: Vor dem gemeinsamen Flug

Igor Judin

Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR

Am 15. Juli 1975 findet der gemeinsame Flug eines sowjetischen Raumschiffes des Typs Sojus und eines amerikanischen Apollo-Raumschiffes statt. Es ist der erste gemeinsame Flug von Raumschiffen verschiedener Länder. Durchgeführt wird er auf Grund eines Abkommens zwischen der UdSSR und den USA über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums zu friedlichen Zwecken.

Das Sojus-Raumschiff ist ein Orbital-Mehrzweckraumfahrzeug, das die Raumschiffe vom Typ Wostok und Woščod abgelöst hat. Mit Sojus-Raumschiffen absolvierten sowjetische Kosmonauten zahlreiche Flüge, darunter Gruppenflüge, führten komplizierte Such-, Annäherungs- und Kopplungsmanöver auf Umlaufbahnen aus, erfüllten ein umfangreiches Programm wissenschaftlicher Forschungen und technischer Experimente und erprobten zahlreiche Bordsysteme. Sojus-Raumschiffe dienen zur Montage der ersten kosmischen Experimentalstation des Typs Salut, und sie werden heute für deren Versorgung sowie für die Beförderung von Besatzungen als Raumtransporter eingesetzt. In den Raumschiffen des Typs Sojus sind Elemente eines Raumtransporters und einer Orbitalstation vereinigt. Das befähigt sie,

die neue Aufgabe zu lösen: Rendezvous und Kopplung mit dem Raumschiff eines anderen Landes auf einer Umlaufbahn.

Wir befinden uns in der Montage- und Prüfhalle. Das Sojus-Raumschiff steht senkrecht, seine drei Einheiten — Geräte- und Antriebseinheit, Rückkehrinheit und Orbitaleinheit — sind gleichsam übereinandergestellt. Die Geräte- und Antriebseinheit ist zylinderförmig, mit konischer Umhüllung und selbst wieder in drei kleinere Zellen aufgeteilt: die Übergangs-, die Geräte- und die Antriebszelle. Am Tragwerk der Übergangszelle — im Massenmittelpunkt des Raumschiffes — befinden sich die meisten Triebwerke für das Anlegen und die Orientierung.

Die Aggregate des Systems für die Wärmeregulierung, die Stromversorgung, die Apparaturen für die Funkverbindung und die Telemetrie, die Geräte des Systems für die Orientierung und die Flugsteuerung sind in der zylinderförmigen, hermetisch abgeschlossenen Gerätezelle untergebracht.

In der Antriebszelle befinden sich Triebwerke für Kurskorrekturen und für das Bremsen während der Rückkehr, Triebwerke für das Anlegen und die Orientierung, ferner Treibstoffbehälter, die Hydroaggregate des Wärmeregulierungs-

systems, der Bordakku. Die Triebwerksanlage des Sojus-Raumschiffes besteht aus einem Haupt- und einem Reservetriebwerk mit einer Schubkraft von je 400 Kilopond. Das Raumschiff verfügt außerdem über 14 Triebwerke für das Anlegen und die Orientierung mit einer Schubkraft von je 13 Kilopond sowie über acht Orientierungstriebwerke mit je 1,5 Kilopond Schubkraft.

An der Geräte- und Antriebseinheit sind Solarzellenausleger mit einer Nutzfläche von etwa neun Quadratmeter angebracht. Außen an der Geräte- und Antriebseinheit befinden sich Antennen sowie optische Geräte, die die Annäherung an andere Raumflugkörper erleichtern sollen. Am Plattenrand der Solarzellenausleger sind zur Orientierung Bordleuchtfeuer weißer, roter und grüner Farbe installiert, die bei der Kopplung von Raumschiffen gebraucht werden. An der Geräte- und Antriebseinheit sind auch mehrere Geber montiert, die zum Flugsteuersystem des Raumschiffes gehören.

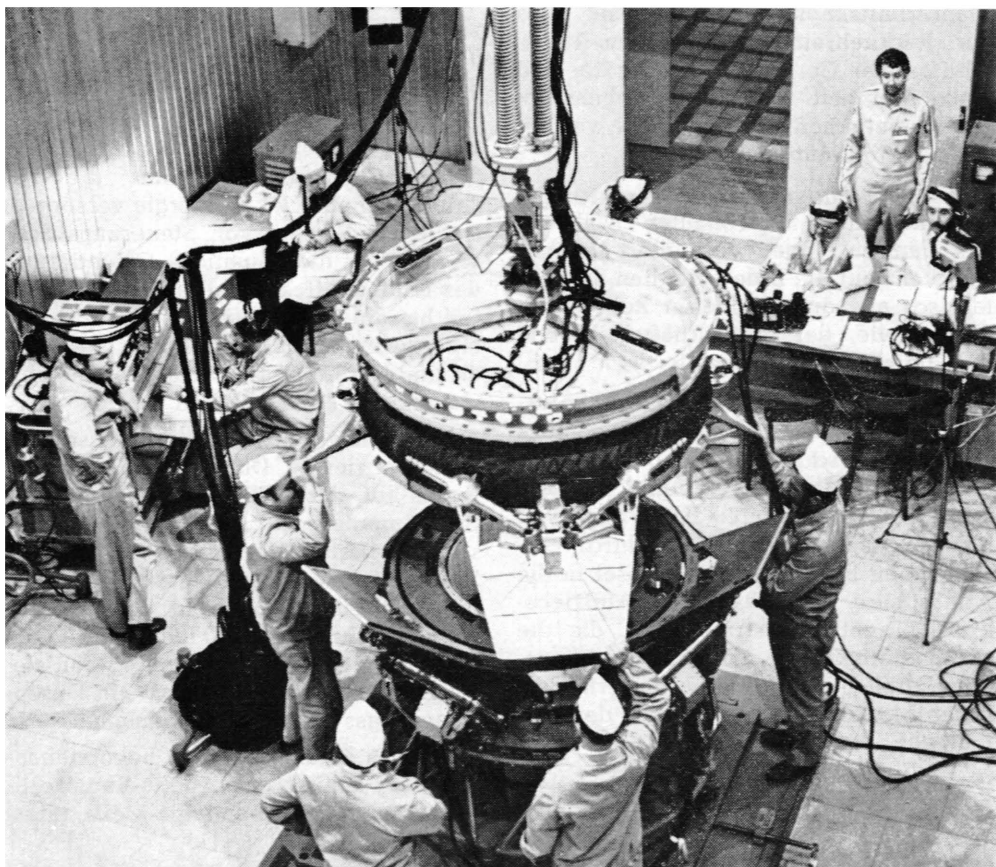
Die Rückkehrinheit wird oft als die Kabine der Kosmonauten bezeichnet. Sie ist der Kommandostand, der Arbeitsplatz der Besatzung bei der Steuerung des Raumschiffes während des Fluges. Dort befindet sich die Besatzung beim Flug in die Umlaufbahn und bei der Rückkehr zur Erde, und dort befinden sich auch die Hauptsteuertpulte.

Die Rückkehrinheit besteht aus verhältnismäßig wenigen Einzelteilen: aus zwei Beobachtungsfenstern mit feuerfesten Scheiben, einer optischen Visiervorrichtung, mit deren Hilfe man andere Raumflugkörper beim Anlegen und bei der Kopplung beobachten sowie die eigene Vertikale und die Richtung des Geschwindigkeitsvektors nach dem „Lauf der Erde“ bestimmen kann. Unter dem „Lauf der Erde“ versteht man die sichtbare Bewegung von Punkten der Erdoberfläche auf dem Bildschirm der Visiervorrichtung.

Die Rückkehrinheit erinnert in ihrer Form an einen Kraftfahrzeugscheinwerfer. Das kommt nicht von ungefähr: Diese Form garantiert bei einer bestimmten Lage des Massenmittelpunktes des Raumschiffes einen aerodynamischen Auftrieb beim Niedergehen. Die Ausnutzung der aerodynamischen Eigenschaften während des Abstiegs erlaubt es, die

Im Institut für Raumforschung der sowjetischen Akademie der Wissenschaften werden die neuentwickelten Kopplungsaggregate des Sojus- und des Apollo-Raumschiffes getestet

Foto: W. Tschernow



Überbelastung auf drei bis vier Einheiten gegenüber den acht bis zehn Einheiten beim Flug auf einer ballistischen Bahn zu verringern. Außen ist die Rückkehrereinheit mit einem sehr festen, wärmebeständigen Belag überzogen; ihr unterer Teil, der bei der Rückkehr einer besonders intensiven aerodynamischen Überhitzung ausgesetzt wird, ist mit einem Hitzeschild verkleidet.

In der *Orbitaleinheit* erholt sich die Besatzung, hier nimmt sie aber auch wissenschaftliche Experimente vor. Außerdem steigt sie von dieser Einheit aus in andere Raumflugkörper um. An der oberen Halbkugel der Orbitaleinheit befindet sich ein Spant, an dem ein eigens für den gemeinsamen Flug konstruiertes Kopplungsaggregat angebracht ist. Die Orbitaleinheit verfügt über zwei Beobachtungsfenster, eine Seitenluke zum Einsteigen der Besatzung und eine zweite Luke für das Umsteigen in die Rückkehrereinheit.

In der Orbitaleinheit können sich die Kosmonauten nur nach dem Eintritt in die Umlaufbahn aufhalten. Die Zelle hat nicht die Festigkeit der Rückkehrereinheit, sie hat auch keine feuerfesten Scheiben an den Beobachtungsfenstern. Das ist auch nicht nötig: Wenn das Raumschiff zur Erde zurückkehrt, trennt sich die Orbitaleinheit ebenso wie die Geräte- und Antriebseinheit von der Rückkehrereinheit und verbrennt beim Eintauchen in die Erdatmosphäre.

Der Kommandostand des Sojus-Raumschiffes erinnert an die Kanzel eines Flugzeuges. Vor zwei Sesseln (in der Mitte der Sitz des Kommandanten, rechts davon ein Sitz für die Bordingenieure), befindet sich die Armaturentafel. Rechts und links von der Armaturentafel sind zwei identische Kommando-Signal-Vorrichtungen (KSV) installiert. Mit ihrer Hilfe werden bei Steuerung des Raumschiffes von Hand die erforderlichen Kommandos für die Automatik gegeben und die Ausführung dieser Kommandos kontrolliert. Die Systeme des Raumschiffes lassen sich sowohl gleichzeitig mit den beiden Kommando-Signal-Vorrichtungen als auch mit jeder einzelnen von ihnen steuern.

Da die Rückkehrereinheit und die Orbitaleinheit Wohnzellen sind, wird in ihnen eine Lufttemperatur von 20 ± 5 Grad Celsius aufrechterhalten.

Das Volumen der Wohnzellen beträgt etwa zehn Kubikmeter. Die Luft wird von einer Regenerationsanlage in der Orbitaleinheit gereinigt, die unmittelbar nach dem Eintritt des Raumschiffes in seine Umlaufbahn zu arbeiten beginnt. Vor dem Eintritt in die Umlaufbahn und vor der Landung arbeitet die Regenerationsanlage der Rückkehrereinheit.

Die Luft wird aus den Wohnzellen mit einem Ventilator in die Regenerationsanlage geblasen und dort von Kohlendioxid und Staub gereinigt und mit Sauerstoff angereichert. Die Signale für das Ein- und Ausschalten der Anlage gibt ein Gasanalysator, der den Gehalt an



Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasserdampf in der Atmosphäre des Raumschiffes ständig mißt. Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in den Wohnzellen des Raumschiffes werden in den vorgegebenen Bereichen durch einen Kondensationswärmeumwandler aufrechterhalten.

Das amerikanische Raumschiff, das an dem gemeinsamen Flug teilnimmt, ist im wesentlichen eine Modifikation jenes Apollo-Raumschiffes, das für die Landung der Astronauten auf dem Mond entwickelt worden war. Diese Modifikation besteht aus drei Haupteinheiten: der Mannschaftskapsel, dem Geräteteil und der Übergangs-(Kopplungs-)Zelle. Die Mannschaftskapsel entspricht in etwa der Rückkehrereinheit des Sojus-Raumschiffes, der Geräteteil der Geräte- und Antriebseinheit. Über ein Gegenstück zur sowjetischen Orbitaleinheit verfügt das Apollo-Raumschiff nicht.

Die *Mannschaftskapsel*, in der sich die amerikanischen Astronauten während des ganzen Fluges vom Start bis zur Rückkehr auf die Erde aufhalten, besteht faktisch aus drei kleineren Zellen: der Vorderzelle, der Mannschaftszelle und der Hinter- oder Bodenzelle.

Wie in der Rückkehrereinheit des Sojus-Raumschiffes sind alle Ausrüstungen der Apollo-Mannschaftskapsel so installiert, daß sich der Massenmittelpunkt der Kapsel in einer bestimmten Entfernung von der Längsachse befindet. Dadurch entsteht beim Eintauchen der Kapsel in die Atmosphäre eine bestimmte Auftriebskraft. Orientierungstriebwerke, die die Mannschaftskapsel rund um die Längsachse drehen, ermöglichen die erforderlichen Manöver beim Verlassen der Umlaufbahn.

Die Kosmonauten besteigen und verlassen die Mannschaftszelle über eine Luke

Die Raumfahrer Leonow (UdSSR), Brand (USA) und Kubassow (UdSSR) beim gemeinsamen Training in einem Sojus-Raumschiff
Foto: APN

in der Seitenwand. In die Übergangs-(Kopplungs-)Zelle gelangen sie während des gemeinsamen Fluges durch einen Tunnel und eine Luke im oberen Teil der Zelle, die vier Fenster — zwei vorne und zwei seitlich — hat.

Unter der Mannschaftszelle sind — in der Hinter- oder Bodenzelle — zehn von zwölf Düsentriebwerke installiert, die die räumliche Lage der Kapsel bei der Rückkehr steuern. Die beiden anderen Triebwerke befinden sich in der Vorderzelle. Dort sind auch die Behälter für den Treibstoff und das komprimierte Gas für alle zwölf Triebwerke sowie die Trinkwasserbehälter untergebracht.

Im *Geräteteil* sind das Haupttriebwerk, Treibstoffbehälter, Batterien, die das Raumschiff mit Elektroenergie versorgen, sowie ein System von Steuerungstriebwerken für die räumliche Orientierung des Raumschiffes installiert. Der Geräteteil hat ein mehrschichtiges Gehäuse aus einer Aluminiumlegierung. In die Wände sind Kühlrohre eingebaut, die die entstehende Wärme ableiten.

Am Geräteteil des Apollo-Raumschiffes fällt die riesige Düse des Haupttriebwerks auf, das während des Fluges die Schubimpulse für alle größeren Geschwindigkeitsänderungen gibt. Jede Änderung der Orbitalgeschwindigkeit führt zu einer Änderung der Umlaufbahn. Während des Fluges wird die räumliche Orientierung und Stabilisierung des Raumschiffes durch ein Düsensteuerungssystem wahrgenommen.

Als neues Element für den bevorstehenden Flug erhielt das Apollo-Raumschiff eine *Übergangs-(Kopplungs-)Zelle*, einen

Zylinder von 1,6 Meter Durchmesser und 3,15 Meter Länge. An beiden Enden sind Kopplungsvorrichtungen montiert: an einem Ende eine Kugel für die Verbindung mit dem Raumschiff, am anderen ein neues Aggregat für die Kopplung mit dem Sojus-Raumschiff. Die einzigen Außenelemente dieser Zelle sind Nachrichtenantennen und vier Kugelbehälter mit Sauerstoff und Stickstoff für das Atmungssystem, das beim Umsteigen der Raumfahrer aus einem Raumschiff in das andere in Funktion tritt. Sauerstoff und Stickstoff werden davon abhängig zugeführt, wohin die Raumfahrer umsteigen: aus dem sowjetischen Raumschiff ins amerikanische oder umgekehrt. Innerhalb der Übergangszelle ist ein Sende-Empfangsgerät für den Sprechverkehr mit der Sojus-Besatzung installiert.

Die Übergangs-(Kopplungs-)Zelle, die sich beim gemeinsamen Experiment im Bugteil des Apollo-Raumschiffes befindet, wird beim Start an der Gegenseite — zwischen der zweiten Stufe der Trägerrakete und der Haupteinheit des Raumschiffes — Platz finden. Nachdem die Umlaufbahn erreicht ist, werden die amerikanischen Astronauten das Raumschiff an die Übergangszelle koppeln. Zu diesem Zweck trennen sie die Haupteinheit des Raumschiffes von der Trägerrakete und drehen sie um 180 Grad, nähern sich der Übergangszelle und koppeln sie an. Sodann wird die Übergangszelle — selbstverständlich zusammen mit dem Raumschiff — von der Trägerrakete endgültig getrennt, und das Apollo-Raumschiff ist bereit, die Annäherungsmanöver mit dem Sojus-Raumschiff auszuführen.

Bei dem bevorstehenden Experiment wird das Apollo-Raumschiff die aktive Rolle übernehmen. Deshalb wird für die Funkortung- und -orientierung ein Apollo-Sendeempfänger an Bord des Sojus-Raumschiffes installiert. Außerdem wird das Sojus-Raumschiff mit zwei Impulsleuchtfeuern ausgestattet, deren Licht auf eine Entfernung von 50 Kilometer zu sehen ist.

Die für die Orientierung im Annäherungsbereich erforderlichen Angaben wird die Apollo-Besatzung mit Hilfe eines Sextanten erhalten, mit dem die Leuchtfeuer anvisiert werden. Informationen über die Entfernung gibt ein UKW-Antwortsender, der ebenfalls an Bord des Sojus-Raumschiffes installiert ist.

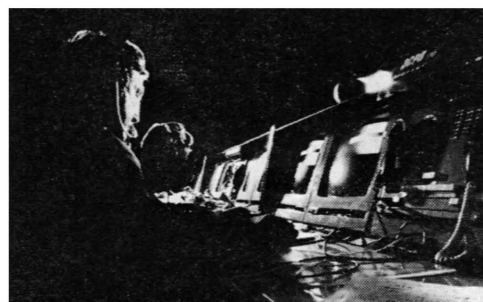
Vor der Berührung, für die eine besonders präzise Orientierung erforderlich ist, werden die Raumfahrer die Lage der Raumschiffe mittels einer Apollo-Kopplungszielscheibe kontrollieren. Diese ist an der Orbitaleinheit des Sojus-Raumschiffes angebracht und wurde bereits bei den Apollo-Mondflügen für die Kopplung der Haupteinheit mit der Mondfähre benutzt.

Generalprobe auf der Erde

In Moskau absolvierte das Personal des sowjetischen und des amerikanischen Raumflugleitentrums das Schlußtraining. Dabei wurde die Einsatzbereitschaft der Fachleute beider Leitzentren unter wirklichkeitsnahen Bedingungen geprüft. Das Flugleitpersonal eines jeden Landes war genauso zusammengesetzt wie bei einem wirklichen Flug. Im amerikanischen Leitzentrum war eine sowjetische und im sowjetischen eine amerikanische Beratergruppe eingesetzt. Am Training beteiligten sich je zwei Raumschiffbesatzungen: eine Haupt- und eine Ersatzcrew. In Übereinstimmung mit dem Flugprogramm wurden die gemeinsamen Etappen — Annäherung, Ankoppelung, Umsteigen der Besatzung und Abkoppeln — durchgespielt. Die beiden Zentren waren durch Fernsprecher, Fernschreiber, Bildtelegrafen und Fernsehen miteinander verbunden.

„Bis zum Beginn des Funkkontakts sind es noch zehn Minuten“, schallt es aus den Lautsprechern, „das Personal wird gebeten, sich an die Arbeitsplätze zu begeben.“

Langsam, wie in einem Lichtspieltheater, erlischt im Flugleitsaal das Oberlicht. Die Konstrukteure der einzelnen Systeme, die an den Pulten Platz nehmen, und die Flugleiter bilden zusammen mit den Raumfahrern, die sich während des Trainings in Raumschiffattrappen aufhalten, ein gut eingespieltes Team, bei dem die Rollen ganz genau verteilt sind. Als „Partitur“ dient dabei die Flugdokumentation. Manchmal hört man im



Im sowjetischen Flugleitzentrum
Foto: O. Iwanow, APN

Saal auch englisch sprechen, wenn sich die sowjetischen Fachleute mit ihren amerikanischen Kollegen auf dem anderen Kontinent unterhalten.

Einem Laien fällt es schwer, das Training von einem „echten“ Flug zu unterscheiden. Auf einem überdimensionalen Bildschirm leuchtet über Ozeanen und Erdteilen die Flugtrasse von Sojus. Ein roter Punkt gibt darauf die jeweilige Position des Raumschiffes an. Auf dieser Weltkarte sind auch die Umriss der schwimmenden Beobachtungsstellen eingezeichnet: der Forschungsschiffe der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. An den Küsten Kanadas hat die „Kosmonaut Juri Gagarin“, im Karibischen Meer die „Akademik Sergej Koroljow“ Posten bezogen. Alles, was auf der Erde nicht nachgebildet werden kann, wird durch entsprechende Geräte simuliert. Allerdings beteiligen sich die über das ganze Land verstreuten Kontrollstellen nicht an der Übung. Die Funkkontakte entsprechen jedoch bis auf Sekundenbruchteile genau den wirklichen „Funkfenstern“.

Es gibt sogenannte Zonen mit beschränkter Funksicht. Obwohl die an Bord von Sojus

installierte Kurzwellenapparatur global, das heißt während des ganzen Fluges funktioniert, so daß der Funksprechverkehr auch außerhalb der Funksicht ermöglicht wird, ist bei der Durchgabe von Befehlen und beim Abrufen der Daten von Bord des Raumschiffes eine direkte Verbindung sicherer. Die Benutzung des Ultraschallbereichs verbessert dabei wesentlich die Möglichkeiten. Bei der Flughöhe von Sojus entspricht die direkte Sicht einer Entfernung von rund 2000 Kilometer. Beim Sojus-Apollo-Flug wird es keine Funkstille geben, die Verbindung wird bei der Erdumkreisung nicht abreißen. Beim Überfliegen des Territoriums der Sowjetunion wird das Raumschiff von Bodenstellen aus verfolgt, die einen kontinuierlichen Funkverkehr gewährleisten.

Der Funkkontakt hält an. Die Daten von Bord des Raumschiffes passieren ein „Sieb“ aus Rechenanlagen. Das Durcheinander der Funksignale wird dabei im Nu in eine verständliche Sprache übersetzt. Derart entscheidend, laufen die Informationen über die korrekte Arbeit der Bordsysteme zu den Pultmonitoren, wo sie dann registriert werden.

Scheinbar ist alles so, wie es auch im Juli sein wird. Jedoch gibt es einen Unterschied. Er besteht in der Vielfalt außerordentlicher, sogenannter außerplanmäßiger Situationen, die beim Training absichtlich herbeigeführt werden. Eine besondere Gruppe, eine Art „Schattenkabinett“, erfindet und simuliert verschiedenartige Pannen. Um sie zu beheben, müssen in der Regel beide Leitzentren ihr Vorgehen koordinieren. Einmal handelt es sich um vorausgeplante Situationen, bei denen die Maßnahmen bereits ganz genau geregelt sind, dann werden auch aus dem Stegreif völlig neue Situationen eingefügt. Das Ganze ist zwar ein „Spiel“, das aber zum Training gehört.

Die ersten „Flugstunden“: Um 15.20 Uhr Moskauer Zeit startete programmgemäß das Sojus-Raumschiff. Zur Besatzung gehören Anatoli Filiptschenko als Kommandant und Nikolai Rukawischnikow als Bordingenieur. Die Meldung über das Einsteuern in die Flugbahn besteht aus einem einzigen Satz: „Alles in Ordnung, keine Abweichungen“.

Das Geschehen im Leitzentrum wird per Fernsehen nach Moskau übertragen. Umgekehrt ist auf Bildschirmen des amerikanischen Zentrums der Kontrollraum in Moskau zu sehen. Das Einsteuern ist beendet, Houston gratuliert den sowjetischen Kollegen. Gleich darauf gibt das „Schattenkabinett“ eine außerordentliche Situation durch: Die Meßergebnisse zeigen, daß die Sojus-Flugbahn zu tief verläuft. Am Perigäum streift das Raumschiff beinahe die Atmosphäre. Moskau meldet nach Houston: „Flugbahn zu tief, wir wollen sie anheben.“ Nun ergeht an die Besatzung des Raumschiffes der Befehl, eine außerplanmäßige Bahnkorrektur mit Hilfe der Handsteuerung vorzunehmen. Dieser überaus wichtige Auftrag wird von der Besatzung einwandfrei ausgeführt. Jetzt kann der Flug programmgemäß fortgesetzt werden. Aber schon ergibt sich eine neue Schwierigkeit: Beim Messen der Entfernung hat sich gezeigt, daß die Koppelungszielscheibe, die bei der Annäherung der Raumschiffe verwendet wird, nicht ausgefahren wurde. Wieder wird eine optimale Lösung gesucht.

Bei jedem einzelnen System muß mit „kleineren Pannen“ gerechnet werden. Um unter solchen absichtlich erschwerten Bedingungen den Flug programmgemäß fortzusetzen, müssen sowohl die Besatzung als auch das Personal der Flugleitzentren große Konzentration und Findigkeit an den Tag legen. Das Mai-Training war die Generalprobe für den Juli-Flug.

Stanislaw Chabarow