# ENTWICKLUNG DES RAKETENBAUS UND DER RAUMFAHRT IN DER UdSSR





Walentin Petrowitsch Gluschko

Der Verfasser der vor- ser) (1935-1940). liegenden Schrift Akade- Flüssigkeitsraketentriebwermiemitalied W. P. Glusch- kreihe RD-1 ko gilt als Begründer des (1939-1946). sowietischen Raketentrieb- tenreihe werkbaus und Pionier der 1933) u. a. Ständiger Lei-Raketentechnik. Er nahm ter der Entwicklungsarbeitheoretische und experi- ten an Flüssigkeits- und mentelle Forschungen vor, elektrischen Raketentriebdie wichtigste Probleme werken im GDL-OKB ist der Entwicklung von Flüs- W. P. Gluschko. Konsigkeitsraketentriebwerbetrafen. W. Gluschko ist Konstrukteur nen alle bislang zu Raumdes ersten elektrothermi- flügen eingesetzten schen Raketentriebwerks wjetischen der und der ersten sowjeti- APN-Verlag hofft, daß der schen Flüssigkeitsraketen- Leser, der sich für die triebwerke (1930-1931); Entwicklung des Raketenvon ihm stammen in die- baus und der Raumfahrt ser Reihe von Versuchs- in der UdSSR interessiert, triebwerken ORM-1 bis (1930-1938), die Gasge- ribie und großer Sachneratoren GG-1 bis GG-3 kenntnis einen geschichtli-(die letzteren arbeiteten chen Rückblick gewährt. mit dem Gemisch Salpe- manches Wertvolle finden tersäure - Kerosin/Was- wird.

die bis RD-3 die Rake-(1930leistungsstarker strukteur P. Raketenantriebe, mit deso-Trägerrake-(1929-1933) ten ausgestattet sind. Der ORM, in diesem Büchlein, das ORM-102 mit wissenschaftlicher Ak-

### W. P. Gluschko

Entwicklung des Raketenbaus und der Raumfahrt in der UdSSR Dem 50. Jahrestag der Gründung des Gasdynamischen Laboratoriums (GDL) [1921—1971] gewidmet

### UdSSR-Heimat der Raumfahrt

Am 4. Oktober 1957 wurde dank der hingebungsvollen Arbeit des Sowjetvolkes zum erstenmal ein künstlicher Satellit in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht.

So brach in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit die Ära der Weltraumfahrt an.

Die Entwicklung von Raketen-Raumfahrtsystemen schritt in den letzten 15 Jahren mit dem Eindringen des Menschen in das Weltall in einem ungestümen Tempo voran und drückte vielen Teilgebieten der menschlichen Tätigkeit den Stempel auf.

Der Traum vom Vorstoß ins Weltall, das Streben des Menschen nach anderen Planeten reicht in die Jahrtausende zurück. Die ersten primitiven Pulverraketen entstanden schon in uralten Zeiten, zunächst für Feuerwerke, später für Kriegszwecke bestimmt. Der Gedanke, Raketen für den Flug des Menschen zu fremden Himmelskörpern anzuwenden, findet sich bereits in Romanen französischer Autoren: Cyrano de Bergerac "Voyage dans la lune" (1649), Achille Eyraud "Voyage a Vénus" (1865), Jules Verne "Die Reise um den Mond" (1870). In der Schrift "Mundi systemate" (1731) von Isaac Newton wurde der Start eines Körpers von der Erdoberfläche in eine Bahn um die Erde durch das Erteilen der dazu notwendigen Geschwindigkeit beschrieben. Die Entwicklung eines bemannten künstlichen Erdsatelliten und seine praktische Anwendung schildert der amerikanische Schriftsteller Edward E. Hale in "The Brik Moon" (1869—1870). Der Gedanke von künstlichen Erdsatelliten, die mit Raketen aus Kanonen geschossen werden könnten, wurde zum erstenmal von Jules Verne im Roman "Les cinq cents millions de la Bégum" (1879) geäußert.

Der erste bekannte nicht auf Romanphantasien beruhende sondern wissenschaftlich erarbeitete Entwurf eines lenkbaren Raketenflugapparats stammt von dem Wissenschaftler und Revolutionär Nikolai Kibaltschitsch (1881). 1893 unterbreitete der deutsche Erfinder Hermann Ganswindt das Projekt eines "Weltenfahrzeugs", das durch intermittierende Pulverexplosionen angetrieben werden sollte.

Begründer der Raumfahrt und Schöpfer der Raketenflugtheorie, der die Grundprinzipien für den Aufbau von Raketen-Raumflugsystemen formulierte und die ersten wissenschaftlichen Pläne für das Eindringen des Menschen in den interplanetaren Raum und für die Erschließung des Weltraums erarbeitete, war Konstantin Ziolkowski. Die von ihm 1903 veröffentlichte Abhandlung "Erforschung des Weltraums mittels Reaktionsapparaten" und spätere Ergänzungen lieferten einen grundlegenden Beitrag zum Weltschatz der Wissenschaft.

Die theoretischen Arbeiten von K. E. Ziolkowski wurden in UdSSR (darauf kommen wir noch ausführlicher zurück) wie im Ausland durch wissenschaftliche Forschungen bestätigt und ergänzt: in Frankreich von Robert Esnault — Peltérie (1913), in den USA von Robert Goddard (1919), in Deutschland von Hermann Oberth (1923) und von anderen hervorragenden Wissenschaftlern.

Konstantin Ziolkowski hat die Erfüllung seines Traums nicht mehr erlebt. Der Vorstoß in den Weltraum ereignete sich 22 Jahre nach dem Tode des großen Gelehrten.

Mehr als ein halbes Jahrhundert war von der Veröffentlichung der klassischen Arbeit Ziolkowskis bis zu dem in der Menschheitsgeschichte bedeutsamen Tag verstrichen, da dank den Bemühungen und dem Talent des Sowjetvolkes die Fesseln der Erdgravitation zum ersten Mal abgestreift wurden. Dem Menschen erschloß sich eine neue unermeßliche Welt voller Geheimnisse: die Welt der Sterne und der Schwerelosigkeit.

Alle Sowjetmenschen empfinden berechtigten Stolz über solche Pionierleistungen ihres Landes wie die Flüge der Erd-, Sonnen- und Mondsatelliten, der automatischen Stationen zum Mond, zur Venus und zum Mars, das Erreichen dieser Himmelskörper durch automatische Stationen und deren weiche Landung, die Aufnahme der Mondrückseite und die Übermittlung von Mondpanoramafotos zur Erde, die Umfliegung des Mondes und die Rückführung des automatischen Apparats zur Erde, die Zustellung von Mondproben durch einen Roboter, die Untersuchung Mondoberfläche mit automatischen Mondfahrzeugen, die Raumflüge mit Kosmonauten (unter ihnen eine Frau), im Alleingang oder im Verband, in Einmann- oder Mehrmann-Raumschiffen, der Ausstieg eines Kosmonauten in den freien Raum, die Schaffung einer lenkbaren Versuchsorbitalstation und viele andere Erfolge. Das Interesse dafür, wo und wie der heute in so stürmischer Entwicklung begriffene sowjetische Raketenbau entstanden ist, wann, von wem und welche Probleme gestellt gelöst wurden, hat somit alle Ursache.

Vorliegende zweiteilige Ausgabe legt die Entwicklungsgeschichte der sowjetischen Raketentechnik und Kosmonautik kurz dar. Im ersten Teil "An den Quellen" wird der Bogen von den Ursprüngen bis 1945 gespannt. Der zweite Teil "Erstürmung des Alls durch Raketensysteme" erstreckt sich über die Periode nach Kriegsschluß bis heute.

## An den Quellen des sowjetischen Raketenbaus und der Kosmonautik

Die Entwicklung der Pulverraketen in Rußland hat ihre eigene Geschichte. Ohne auf die vorerst noch wenig erforschte Anfangsperiode einzugehen, ist zu erwähnen, daß um 1680 in Moskau eine Raketenlehranstalt gegründet wurde, welche in großer Anzahl Raketen herstellte. Im 18. und 19. Jahrhundert wurden Pulverraketen von der russischen Armee und Flotte eingesetzt.

Einen bedeutenden Beitrag zur Ausarbeitung der Theorie, der Konstruktion und der Technologie der Pulverraketen leisteten die hervorragenden russischen Artilleristen und Wissenschaftler: A. D. Sassjadko (1779—1837), K. I. Konstantinow (1817—1871), Leiter der Petersburger Raketenfabrik, von dem das Standardwerk "Über die Kampfraketen" (1861) stammt, M. M. Pomorzew (1851—1916), N. I. Tichomirow (1860—1930), Gründer des Gasdynamischen Laboratoriums (1921), und viele andere.

1814 begann A. D. Sassjadko mit der Arbeit an verschiedenen Bauarten von Kampfraketen. Bereits 1817 konnte er vortreffliche Raketenkonstruktionen in Petersburg vorführen, die eine Flugweite von 2 670 m erreichten. Die Raketen wurden in Mogiljow in einem von Sassajdko eigens zu diesem Zweck gegründeten pyrotechnischen Laboratorium hergestellt. Die Arbeiten von A. D. Sassjadko und anderen Erfindern der Pulverkampfraketen wurden im Jahre 1826 mit der Schaffung einer ständigen Raketenanstalt in Petersburg gekrönt, die die Massenproduktion von Raketen für die russische Armee aufnehmen sollte.

Ingenieur K. A. Schilder erarbeitete 1834 das Projekt eines mit sechs Raketen bestückten U-Bootes. Die Raketen sollten unter wie über Wasser gestartet werden können.

- K. I. Konstantinow, seit 1849 Kommandeur der Petersburger Raketenanstalt und seit 1850 Kommandeur des Petersburger Raketenbetriebs, hielt 1859 bis 1861 für Artillerieoffiziere Vorlesungen über Pulverkampfraketen. Ab 1867 leitete er den Raketenbetrieb in Nikolajew. Er schuf die Grundlagen der Lehre von den Kampfraketen. Von 1847 an wirkte er systematisch an der Erforschung, Vervollkommnung und Produktion von Raketen mit. Er untersuchte ihre ballistischen Eigenschaften, entwickelte für das 19. Jahrhundert unglaublich perfekte Konstruktionen mit Flugweiten von 4—5 km.
- K. I. Konstantinow machte die Feststellung: "Zu jedem Zeitpunkt der Treibsatzverbrennung gleicht die der Rakete verliehene Bewegungsgröße der Bewegungsgröße der ausströmenden Gase." Unabhängig von K. I. Konstantinow kam auch K. E. Ziolkowski auf diese Gleichung, der daraus die Grundgleichung der Raketendynamik ableitete. K. I. Konstantinow hat eine große Anzahl von wissenschaftlichen Beiträgen über verschiedenen Fragen

der Technik verfaßt und eine Reihe von Artilleriegeräten erfunden: das elektroballistische Gerät zur Messung der Geschoßgeschwindigkeit, das Gerät zur Messung der Flughöhe von Signalraketen, den optischen Entfernungsmesser, das ballistische Raketenpendel usw. Seine Hauptwerke sind: Beiträge in der "Artillerie-Zeitschrift" (1845—1867) und im "Sammelband der Schiffahrt" (1854—1866), die Bücher "Kampfraketen" (1857) und "Über die Kampfraketen", — Vorlesungen an der Michailowski-Artillerieakademie (1864).

M. M. Pomorzew arbeitete von 1902 bis an sein Lebensende an Pulverraketen mit Stabilisierungsflächen verschiedener Form (diese Raketen erreichten eine Flugweite von 8 bzw. 9 km) sowie an einer Druckluftrakete. Bei Testflügen, welche er im Aerodynamischen Institut in Kutschino durchführte, wurde die in der Raketenstahlkammer bis zu 100—125 atm zusammengepreßte Luft benutzt, in die man als Brennstoff Benzin oder Äther einspritzte.

Eine enorme Arbeit an der Verwirklichung seines Entwurfs einer Gyroskoprakete leistete in den Jahren 1909—1912 N. W. Gerassimow.

Die Unbeständigkeit des Verbrennungsablaufs bei Schwarzpulver, mit dem die Raketen gefüllt wurden, und seine geringe Wirksamkeit machten die Forschung nach anderen Pulver ohne diese Nachteile erforderlich. I. P. Grawe schlug 1915 zum erstenmal vor, gepreßte langbrennende Explosivkörper aus rauchlosem Schießbaumwollpulver in Raketen zu verwenden. 1916 fertigte er in der Pulverfabrik Schlüsselburg aus einer Schießbaumwollmasse zylinderförmige Explosivkörper mit einem Durchmesser von 70 mm an und erprobte sie. Infolge der Verwendung von flüchtigen Lösungsmitteln konnten jedoch keine stabilen Eigenschaften und unveränderliche Formen erzielt werden. Stabiles Schießbaumwollpulver mit nichtflüchtigem Lösungsmittel (Trotyl und später Nitroglyzerin) wurde von S. A. Serikow erarbeitet und im Gasdynamischen Laboratorium hergestellt.

N. I. Tichomirow, Chemieingenieur, Gründer und Leiter des Gasdynamischen Laboratoriums (GDL), entwickelte als erster in der UdSSR Raketengeschosse mit rauchlosem Pulver. Er beschäftigte sich seit 1894 mit dem Problem der Schaffung von Pulverraketengeschossen. 1912 legte er einen Entwurf vor, der 1916 von einer Expertengruppe unter Leitung von N. E. Shukowski positiv beurteilt wurde. Am 1. März 1921 wurde mit der Gründung des Laboratoriums begonnen. Er bekam von der Militärbehörde Geldmittel und in Moskau ein zweigeschossiges Gebäude zugewiesen, in dem er ein Laboratorium mit Werkstatt (15 Werkbänke) einrichtete. Die Entwicklung von rauchlosem Pulver für Explosivkörper mit festen Lösungsmitteln und der Start von Versuchsraketen wurden in Leningrad durchgeführt. 1925, als dieses Pulver unter Leitung von N. I. Tichomirow geschaffen worden war, wurde das Laboratorium ganz nach Leningrad verlegt. Nach den ersten erfolgreichen Raketen mit rauchlosem Pulver wurde das Tichomirow-Laboratorium für Rückstoßbewegung im Juli 1928 wesentlich erweitert. Es bekam die Bezeichnung GDL.

Dieses Laboratorium, die erste sowjetische wissenschaftliche Forschung- und experimentelle Konstruktionsstätte, unterstand dem Militärwissenschaftlichen Forschungskomitee beim Revolutionären Militärrat der UdSSR. Das GDL befand sich auf dem wissenschaftlichen Artillerie- übungsplatz bei Leningrad und nahm die Hälfte eines großen hellen eingeschossigen Gebäudetrakts ein. Außerdem verfügte es über etliche Räumlichkeiten: eine Maschinenwerkstatt auf dem Schießplatz, die Laboratoriumsverwaltung im Zentrum der Stadt, in Grebnoj port (Ruderhafen) auf der Wassiljew-Insel Räume für die Herstellung von Brennkörpern mit rauchlosem Pulver für Raketengeschosse im Gebäude des Wissenschaftlich-technischen Laboratoriums der Seebehörde, auf dem Kommandanten-Flugplatz und anderorts.

Anfangs 1933 bestand das GDL bei einem Personalbestand von 200 Mitarbeitern aus 5 Abteilungen und Werkstätten, die in Leningrad an 6 verschiedenen Stellen untergebracht waren.

Die von N. I. Tichomirow eingeleitete Entwicklung von Pulverraketengeschossen in der ersten Abteilung des GDL wurde von den hervorragenden Artillerieingenieuren B. S. Petropawlowski, G. E. Langemak, W. A. Artemjew u. a. vollendet. Die von ihnen geschaffenen mit rauchlosem Pulver arbeitenden Raketengeschosse verschiedenen Kalibers bestanden 1932—1933 Gelände- und Truppenerprobungen. Später wurden sie nach Vervollkommnung im wissenschaftlichen Institut für Rückstoßantrieb (RNII) 1941—1945 an den Fronten des Großen Vaterländischen Krieges in den "Katjuscha" genannten mobilen Raketenwerfern weitgehend und wirkungsvoll eingesetzt. Gegen Ende des Großen Vaterländischen Krieges kämpften an den Fronten 40 selbständige Abteilungen, 105 Regimenter, 40 Brigaden und 7 Divisionen der Raketenartillerie unter dem Namen Garde-Granatwerfertruppen.

1930—1933 wurden im GDL Raketengeschosse mit 82 mm, 132 mm, 245 mm und 410 mm sowie kleineren Kalibern für Hilfszwecke ausgearbeitet. Gegen Ende 1933 waren im GDL insgesamt 9 Arten von Raketengeschossen entwickelt und amtlich geprüft, wie in einem Bericht des Amtes für Militärerfindungen an den Bewaffnungschef der Roten Arbeiter-und-Bauern-Armee, M. N. Tuchatschewski, festgestellt wurde.

1927—1933 schuf die dritte Abteilung des GDL ein Startverfahren für leichte und schwere Flugzeuge (U-2, TB-1, TB-3) mit Hilfe von Pulverraketen. Dadurch verkürzte sich z. B. 1933 bei der staatlichen Musterprüfung eines Bombers TB-1, dessen Startraketen mit rauchlosem Pulver betrieben wurden, die Startrollstrecke um 77 Prozent.

W. A. Artemjew (1885—1962) arbeitete seit 1915 an der Entwicklung von Rauchpulverraketen. 1921—1933 gehörte er zum führenden Kader des GDL und ab 1934 der RNII (Wissenschaftliches Institut für Rückstoßantrieb). Er entwickelte 1931—1933 Pulvertriebwerke für Raketen der LenGIRD (Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung in Leningrad). Viele Konstruktionen seiner Raketen, die mit rauchlosem Pulver betrieben wurden, bestanden amtliche Prüfungen. B. S. Petropawlowski (1898—

1933) wirkte ab 1929 im GDL und war 1930—1931 dessen Leiter. G. E. Langemak (1898—1938) arbeitete von 1928 bis 1933 im GDL und war 1934 bis 1937 stellvertretender Direktor und Chefingenieur im Wissenschaftlichen Institut für Rückstoßforschungen.

Nach N. I. Tichomirow und B. S. Petropawlowski leiteten das GDL N. J. Iljin (1931—1932) und I. T. Klejmenow (1932—1933), die Wesentliches für die Entwicklung des Raketenbaus in der UdSSR leisteten.

Eine ganze Reihe von Erfindern und Konstrukteuren untersuchte seit langem die Möglichkeit, die Rückstoßbewegung für die wissenschaftliche Lösung des Problems eines Menschenflugs anzuwenden. 1849 entwarf der Militäringenieur I. I. Treteskij (1821—1895) Projekte für 3 Flugapparate "leichter als Luft", die durch Gas- oder Dampfrückstoß in Bewegung zu setzen wären. 1866 empfahl der Admiral der russischen Flotte N. M. Sokownin (1811—1894) in der Schrift "Das Luftschiff" einen rückstoßgetriebenen Ballon, welcher "auf eine ähnliche Weise wie eine Rakete fliegen soll".

1867 wurde N. A. Teleschow (1828—1895), Artilleriehauptmann a. D., das Patent für ein rückstoßgetriebenes Deltaflugzeug erteilt, und im Jahre 1887 erläuterte F. R. Geschwend, ein Erfinder aus Kiew, in der Schrift "Allgemeine Grundlagen für den Aufbau eines Luftdampfers (Dampfflugzeugs)" den Entwurf eines Flugapparats mit Dampfstrahltriebwerk. Die von F. R. Geschwend entwickelten konzentrischen Düsenaufsätze wurden später als Meleaudüsen bekannt.

Als erster in Rußland arbeitete der bekannte Revolutionär N. I. Kibaltschitsch (1853—1881), Mitglied der Partei "Narodnaja Wolja" (Volkswille), an dem Projekt für einen bemannten Raketenflugapparat.

N. I. Kibaltschitsch studierte tiefschürfend Schriften über Sprengstoffe und Pulver in Russisch, Französisch, Deutsch und Englisch und bewies eine außerordentliche Erfindungsgabe. Zeitgenossen bekundeten: "Nichts für ungut, aber die staatlichen Techniker könnten viel von Kibaltschitsch lernen -- ein Mann von gewaltiger Belesenheit, hatte er mehr als zwei Jahre lang ein ausgezeichnetes Laboratorium in der Hand und eine Reihe von Versuchen hinter sich, welche die Experten, die mit Kibaltschitsch vor Gericht stritten, nicht einmal annäherend aufweisen konnten... Er hatte alle Eigenschaften von Nitroglyzerinpräparaten bestens studiert und in ihrem Gebrauch wahre Kunstfertigkeit erlangt." Vor der Verhaftung leitete er das Laboratorium des Exekutivkomitees der "Narodnaja Wolja". Ein begabter Erfinder, der sein Leben dem Kampf gegen den Zarismus hingab, erarbeitete Kibaltschitsch im März 1881 während einer kurzen Haftzeit vor der Hinrichtung in Petersburg das "Projekt eines Luftfahrtgeräts", bei dem es sich eigentlich um einen Pulverraketenflugapparat handelte. In seinem Entwurf prüfte Kibaltschitsch solche technischen Fragen wie der Aufbau eines Pulverraketenantriebs, die Steuerung des Raketenapparats mittels schwenkbarer Brennkammer, der programmäßigen Verbrennungsvorgang für den ununterbrochenen Aufstieg bzw. für den Schwebeflug in einer bestimmten Höhe und die Flugstabilisierung.

Zwei Jahre später, 1883 beschrieb K. E. Ziolkowski (1857—1935) in der Arbeit "Freier Weltraum" zum erstenmal sein Raumschiff mit Rückstoßantrieb. 1895 wurde in Moskau sein Werk "Träume über die Erde und den Himmel" veröffentlicht, in dem wiederum der Gedanke von der Schaffung eines künstlichen Erdsatelliten geäußert wurde.

In der Petersburger Zeitschrift "Wissenschaftliche Rundschau" erschien im Mai 1903 Ziolkowskis klassische Schrift "Erforschung des Weltraums mittels Reaktionsapparaten", die zeigte, zu welchen Höhen sich ein Genie aufzuschwingen vermag. In dieser Schrift wurden erstmalig die Grundlagen der Raketenflugtheorie mit größter Klarheit und Prägnanz dargelegt und die Aufbauprinzipien der Rakete und des Flüssigkeitstriebwerks beschrieben. Später veröffentlichte der Gelehrte unter demselben Titel wertvolle Ergänzungen zu diesem Werk (Petersburg 1911 und 1912. Kaluga 1914 und 1926). In ihnen entrollte er einen eindrucksvollen und ausführlichen Plan für den Vorstoß des Menschen in den Weltraum, für die Besiedlung des interplanetaren Raums, für die Benutzung der Himmelskörper und für die Verwertung der praktisch unerschöpflichen Sonnenenergie. K. E. Ziolkowski beschrieb da außerdem die Idee eines elektrischen Raketenantriebs, in dem die Ausströmungsprodukte geladene Teilchen sind. Er wies auch auf die Vorteile der Entwicklung eines Raketentriebwerks mit Kernenergie hin. Das war aber noch Zukunftsmusik. Vorderhand empfahl der Wissenschaftler, Raketen mit flüssigem Treibstoff zu bauen, in denen als Oxydator flüssige Komponenten Sauerstoff, Ozon und Stickstoffpentoxid und als Brennstoffe Wasserstoff, Methan, Kohlenwasserstoffe, Benzol, Benzin, Terpentinöl und andere Flüssigstoffe dienen sollten.

In der Folgezeit verfaßte K. E. Ziolkowski noch eine ganze Reihe von Abhandlungen über Raumflugprobleme.

Der Rückstoßflug beschäftigte auch den Wissenschaftler und Erfinder S. S. Neshdanowskij (1850—1940). Bereits 1880 kam er auf den Gedanken, daß es möglich wäre, einen rückstoßgetriebenen Flugapparat zu bauen. 1882—1884, als er sich mit Forschungen über die Rückstoßantriebsenergie befaßte, untersuchte er in einem Manuskript die Anwendung einer explosiven Mischung aus zwei Flüssigkeiten — Brennstoff (Kerosin) und Oxydator (Stickstoffdioxid, Salpetersäure) — als Energiequelle.

Später arbeiteten in der UdSSR die Erfinder A. W. Ewald, A. P. Fjodorow und viele andere an dem Problem des Rückstoßfluges.

A. P. Fjodorow (geb. 1872) veröffentlichte 1896 in Petersburg die Schrift "Neues Prinzip der Luftfahrt ..."; darin schilderte er die Ausführung eines Raketenapparats zur Bewegung in einem Raum ohne Atmosphäre als Stützungsmedium. Als Arbeitsmittel schlug er vor: Dampf, Preßluft oder Kohlensäuregas. Diese Arbeit veranlaßte K. E. Ziolkowski zu eingehenden Forschungen, die mit der Entwicklung der Grundlagen der Raketendynamik gekrönt wurden.

Einige Elemente der Strahltriebwerkstheorie für Hochseeschiffe wurden von dem Vater der russischen Luftfahrt N. E. Shukowski (1847—

1921) entwickelt, wie seine Schriften "Über die Rückwirkung der aus- und einströmenden Flüssigkeit" (1882, 1885) und "Zur Theorie der durch die Reaktionskraft des Wassers angetriebenen Schiffe" (1908) bezeugen.

Der bedeutende russische Gelehrte I. W. Mestscherski (1859—1935) berichtete in einem 1893 in der Petersburger Mathematikgesellschaft gehaltenen Vortrag "Ein Sonderfall des Paul-Guldin-Theorems" über seine Untersuchungen zur Theorie der Bewegung von Körpern mit veränderlicher Masse. In dem veröffentlichten Werk "Dynamik eines Punktes mit veränderlicher Masse" (1897) nannte Mestscherski als Beispiel die Bewegungsgleichung einer senkrecht startenden Rakete. Diese Forschungen wurden durch den Aufsatz "Allgemeine Bewegungsgleichung für einen Punkt mit veränderlicher Masse" (1904) ergänzt. Darin legte er die allgemeine Bewegungstheorie eines Punktes mit veränderlicher Masse zuerst für die Abtrennung (bzw. für den Anschluß) von Teilchen und dann für gleichzeitige Abtrennung und Anschluß von Teilchen dar.

Im Jahre 1918 wurde sein Aufsatz über die Bewegung eines Systems von Punkten mit veränderlichen Massen "Aufgaben der Dynamik der veränderlichen Massen" veröffentlicht. Somit formulierte I. W. Mestscherski die Grundgleichungen der Raketendynamik.

1915 erschien in Petrograd das bemerkenswerte Buch "Interplanetare Reisen" von J. I. Perelman (1882—1942), der sich durch seine populärwissenschaftliche Tätigkeit einen Namen gemacht hat. Diesem Buch, das innerhalb von 20 Jahren 10 Auflagen erlebte, lag ein im Jahre 1913 von Perelman gehaltener Vortrag unter demselben Titel zugrunde. Darin wurden alle aus der Literatur bekannten Verfahren für den Flug von Menschen in das Weltall einer wissenschaftlich kritischen Betrachtung unterzogen: die Kanone von Jules Verne, das gegen Schwerkraft abschirmende Kevorit von Herbert Wells und im Gegensatz dazu ein hypothetisch für die Gravitation transparenter Stoff, ferner Lichtdruckschirme, welche die Rückstoßwirkung der Sonnenstrahlung verwerten, und schließlich die Rakete von Ziolkowski. Aus seiner Analyse zieht J. I. Perelman den Schluß, daß die Rakete das einzige sichere Mittel für den Vorstoß des Menschen in den Weltraum ist.

J. I. Perelmans Feder entstammen auch die populärwissenschaftlichen Werke "Der Flug zum Mond" (1924), "Ziolkowski" (1924), "Mit der Rakete zum Mond" (1930), "Zu den Planeten mit einer Rakete" (1933) u. a.

In der vorrevolutionären Entwicklungsperiode der Raketenwissenschaft und -technik war in Rußland der Konservatismus der zaristischen Regierung dem Neuen und Progressiven im Wege. Die Schriften mit den prophetischen Forschungen von N. I. Kibaltschitsch lagen bis zur Revolution von 1917 in Archiven der zaristischen Ochranka (Geheime Staatspolizei) verborgen, und den brillanten Studien K. E. Ziolkowskis blieb jede Unterstützung versagt. Erst nach der Errichtung der Sowjetmacht erhielt N. I. Tichomirow die Möglichkeit, das Laboratorium für Rückstoßbewegung zu gründen.

Die Große Sozialistische Oktoberrevolution leitete eine Wende in der

Entwicklung des sowjetischen Raketenbaus ein. K. E. Ziolkowski wurde zu dieser Zeit gerade 60 Jahre alt. In den 18 Jahren, die ihm in der Sowjetzeit zu leben vergönnt waren, erarbeitete und veröffentlichte er bedeutend mehr theoretische Abhandlungen als vor der Revolution.

Die Schüler und Nachfolger Ziolkowskis haben seine theoretischen Forschungen weiterentwickelt und ergänzt, sie konnten experimentelle Arbeiten auf dem Gebiet der Raketentechnik in speziell geschaffenen Laboratorien, Instituten und Konstruktionsbüros durchführen.

K. E. Ziolkowski ist in die Geschichte der Erschließung des Weltalls mit Recht als Begründer der Rückstoßbewegungstheorie und Schöpfer der Grundlagen eingegangen, auf denen dieser neue Zweig der Wissenschaft und Technik aufbaut, als begeisterter Propagandist des Raumfluges, als Erfinder, Denker, großer Gelehrter und Patriot.

In den Jahren 1917-1919 vollendete der begabte Forscher J. W. Kondratjuk (1897—1942) die erste Etappe seiner Arbeit an den Grundproblemen der Rückstoßbewegung, dargelegt in dem Werk "Denen, die lesen werden, um zu bauen". 1929 veröffentlichte er in Nowosibirsk seine theoretischen Abhandlung "Bezwingung des Weltraums", die die Arbeiten von K. E. Ziolkowski teilweise wiederholte und ergänzte. Eine Reihe Fragen der Raketendynamik und des Raketenbaus fand in diesen Werken eine neue Lösung. Unabhängig von K. E. Ziolkowski, dessen Forschungen ihm unbekannt waren, leitete Kondratjuk nach einer originellen Methode die Grundgleichungen der Raketenbewegung ab. In seinen Werken behandelt er folgende Probleme: die energetisch günstigsten Flugbahnen Raumfahrt, Theorie der mehrstufigen Raketen, interplanetare Parkstationen als Planetensatelliten für die Raketenbetankung, ökonomisch günstige Raketenlandung auf einem Himmelskörper mit Bremsung durch dessen Atmosphäre und vieles andere. Kondratjuk empfahl Flüge zum Mond und zu anderen Planeten mit Umlaufbahnflug und nachfolgender Trennung einer kleinen Start- und Landekapsel als energetisch günstigste Lösung. Ebenso weitblickend war sein Vorschlag, das Gravitationsfeld der Himmelskörper bei einem Flug im Sonnensystem zur Nachbeschleunigung bzw. Bremsung der Raumschiffe zu benutzen. Er schlug vor, gewisse Metalle. Metalloide und ihre Hydride, z. B. Borwasserstoff, als Treibstoffe zu verwenden.

Ein anderer bedeutender Vertreter der sowjetischen Richtung des Raketenbaus war F. A. Zander (1887—1933). Er widmete sein Leben der Lösung von Problemen der Raketentechnik. 1907 nahm er seine theoretischen Untersuchungen und etwas später Ingenieurberechnungen auf. 1921 legte Zander der Moskauer Erfinderkonferenz das Referat über den Entwurf eines Raumschiff-Flugzeugs vor. 1924 veröffentlichte er in der Zeitschrift "Technik und Leben" den Artikel "Flüge zu fremden Planeten", in dem er eine seiner grundlegenden Ideen darlegte: das Zusammenwirken einer Rakete mit einem Flugzeug zum Starten von der Erde mit nachfolgender Verbrennung der Flugzeugkonstruktion als Treibstoff in der

Brennkammer des Raketentriebwerks zur Verlängerung der Raketenflugweite.

Im Jahre 1930 fertigte F. A. Zander aus einer einfachen Lötlampe das erste sowjetische Laborstrahltriebwerk von neuem Typ, dem er die Bezeichnung OR-I (Versuchsraketentriebwerk) gab. Das Triebwerk arbeitete mit Preßluft und Benzin und erzeugte einen Schub von 145 g. Später entwickelte Zander Flüssigkeitstriebwerke für den Betrieb mit flüssigem Sauerstoff und Benzin.

In seinen Manuskripten erörterte F. A. Zander folgende Fragen: Benutzung der Atmosphäre beim Starten und Landen, die Möglichkeit von Flügen unmittelbar im interplanetaren Raum mit Hilfe von Lichtdruck, Bestimmung der Raumflugbahnen und eine Reihe anderer Probleme auf dem Gebiet des Raumfluges.

Seine theoretischen Untersuchungen verschiedener Fragen des Aufbaus und des Raumflugs von Flugzeugraketen, die Suche nach optimalen thermodynamischen Zyklen für Strahl- und Luftstrahltriebwerke sowie die Vorschläge zur Verbrennung einiger Metalle und ihrer Legierungen sind in dem 1932 herausgegebenen Buch "Probleme des Fluges mit Hilfe von Rückstoßapparaten" zusammengefaßt.

Der bedeutende sowjetische Aerodynamiker W. P. Wettschinkin (1888—1950) arbeitete seit 1921 an Problemen des Rückstoßfluges im Bereich der Atmosphäre und im interplanetaren Raum. 1921 bis 1925 hielt er Vorträge zu diesem Thema. 1925—1927 entwickelte Wettschinkin die Flugdynamik von Flügelraketen und Strahlflugzeugen. Das ist das Thema seiner Schriften: "Vertikale Bewegung von Raketen" (1935), "Flug der Flügelrakete mit Überschallgeschwindigkeiten" (1937) u. a. Durch seine öffentliche wissenschaftlich-technische Arbeit trug W. P. Wettschinkin zur Propagierung und Entwicklung der Ideen interplanetarer Flüge, zur Entwicklung der Arbeiten auf dem Gebiet der Raketentechnik bei.

Im April 1924 wurde in Moskau bei der Militärwissenschaftlichen Gesellschaft der Akademie der Luftflotte (jetzt Shukowski-Ingenieurakademie der Luftwaffe) eine Sektion für den interplanetaren Verkehr gegründet. Im gleichen Jahr wurde sie in die Gesellschaft zur Erforschung des interplanetaren Verkehrs (OIMS) unter dem Vorsitz von G. M. Kramarow umgebildet. Diese Gesellschaft hatte ein Statut und vereinte etwa 200 Mitglieder. An ihrer Arbeit nahmen teil: K. E. Ziolkowski, F. A. Zander, W. P. Wettschinkin und andere. Sie existierte ungefähr ein Jahr und spielte in der Propagierung von Raumfahrtideen in der UdSSR eine bemerkenswerte Rolle.

Im Jahre 1925 wurde in Kiew von Akademiemitglied D. A. Grawe ein Zirkel für Erforschung und Erschließung des Weltraums gegründet. Seinem wissenschaftlich-technischen Rat gehörten an: Akademiemitglied B. I. Sresnewskij, E. O. Paton, K. K. Seminskij, W. I. Schaposchnikow und andere Wissenschaftler und Ingenieure. Dieser Zirkel und die Erfindersektion der Kiewer Vereinigung der Ingenieure und Techniker veran-

stalteten am 19. Juni 1925 die erste Ausstellung über das Problem der Weltraumforschung. Die Ausstellung erfreute sich starken Zuspruchs, für ihre Besucher hielten Wissenschaftler Vorlesungen über die Erschließung des Weltraums.

In der UdSSR entstanden zahlreiche Zirkel zum Studium von Raumflugproblemen. Am 14. Juni 1925 richtete Akademiemitglied D. A. Grawe ein Grußschreiben an diese Enthusiasten der Raketentechnik.

Von April bis Juni 1927 veranstaltete die Vereinigung der Inventionisten (russische Abkürzung AIIS) in Moskau die erste internationale Ausstellung von Entwürfen interplanetarer Flugapparate. Dort waren Arbeiten von Konstantin Ziolkowski (UdSSR), Robert Goddard (USA), Hermann Oberth, Walter Hohmann und Max Valier (Deutschland), Friedrich Zander (UdSSR), Robert Esnault-Peltéri (Frankreich) und vielen anderen zu sehen.

Ende 1928 wurde in Leningrad an der Technischen Hochschule für Verkehrswesen (jetzt Leningrader Obraszow-Institut für Eisenbahningenieure) eine Raumfahrtsektion gegründet. Zum Vorsitzenden der Sektion wurde der Dekan der Flugverkehrsfakultät, Professor N. A. Rynin (1877—1942), berufen, und Mitglieder waren Dozenten, Ingenieure und Studenten.

1929 schlug N. A. Rynin in der Presse vor, ein nationales oder internationales Forschungsinstitut der Raumfahrt zu gründen, wobei er dessen Struktur und Aufgaben ausführlich darlegte. N. A. Rynin leistete eine wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Raketentechnik und erforschte die Beschleunigungseffekte bei der Einwirkung von Trägheits-Andruckbelastungen auf den Tierorganismus. Bekannt geworden ist er aber besonders als Verfasser der 1928-1932 in 9 Büchern erschienenen einzigartigen Raumfahrtenzyklopädie. Er sammelte und beschrieb mit größter Akribie seit altersher überlieferte Sagen und Legenden, die einen Gedanken vom Raumflug enthielten, die utopische Schilderungen von Schriftstellern, theoretische und experimentelle Untersuchungen von Wissenschaftlern. Ein besonderer Band galt dem wissenschaftlichen Nachlaß K. E. Ziolkowski. Dieses Standardwerk war ein für jene Zeit wertvolles Hilfsmittel für alle, die auf dem Gebiet der Raketentechnik zu arbeiten begannen. Den Abschluß der Ausgabe bildete eine umfangreiche Bibliographie. Das dreibändige Werk erschien in 9 Lieferungen: Bd. I, H. 1 -Träume, Legenden und erste Phantasien; Bd. I, H. 2 - Raumschiffe in Zukunftsromanen; Bd. I, H. 3 - Strahlungsenergie in der Phantasie von Romanschriftstellern und in Projekten von Wissenschaftlern; H. 4 - Raketen und Triebwerke mit direkter Rückstoßwirkung; Bd. II, H. 5 — Theorie der Rückstoßbewegung; Bd. II, H. 6 — Superflugzeuge und Superartillerie: Bd. III, H. 7 — Der russische Erfinder und Wissenschaftler K. E. Ziolkowski. Sein Leben, Werk und Raketen; H. 8 — Raumflugtheorie; Bd. III, H. 9 — Astronavigation; Chronologie und Bibliographie.

Obwohl das zusammengetragene Material nicht immer kritisch genug

analysiert wurde, steht sein historischer und bibliographischer Wert außer Zweifel. Nach dem Erscheinen seiner Enzyklopädie sammelte N. A. Rynin noch viele neue und interessante Unterlagen für eine zweite, wesentlich erweiterte Auflage, die jedoch nicht verwirklicht wurde. N. A. Rynin starb 1942.

Seit 1934 wurden wissenschaftliche und zahlreiche gemeinverständliche Werke zur Kosmonautik von A. A. Sternfeld veröffentlicht. Sie erschienen auch in 35 Ländern der Welt in 31 Sprachen. Seine Hauptwerke sind "Einführung in die Kosmonautik" (1937) und "Künstliche Erdsatelliten" (1956, 1958). Sternfeld wurden zweimal (1934 und 1963) internationale Preise für Austronautik verliehen.

Experimentelle Forschungen zur Entwicklung von elektrischen und Flüssigkeitstriebwerken begannen in der UdSSR am 15. Mai 1929, als auf den Vorschlag des Verfassers hin im Rahmen des Gasdynamischen Laboratoriums (zweite Abteilung des GDL) in Leningrad die erste Versuchsund Konstruktionsabteilung geschaffen wurde und ihre praktische Tätigkeit aufnahm.

1921 begeisterte sich der Verfasser für Fragen der Raumfahrt. 1930 schlug er als Treibstoffkomponenten für Flüssigkeitstriebwerke Salpetersäure, Lösungen von Stickstofftetroxid in Salpetersäure, Tetranitromethan, Wasserstoffsuperoxid, Überchlorsäure und Beryllium sowie als Dreistoffsystem Sauerstoff mit Wasserstoff und Beryllium, Pulver mit dispergiertem Beryllium vor. Später untersuchte der Verfasser diese Komponenten. Er entwickelte eine profilierte Düse und keramische Isolation der Brennkammer durch eine Zirkoniumoxidschicht (1930) sowie eine Kardangelenkaufhängung des Flüssigkeitstriebwerks zur Steuerung des Raketenfluges (1931). Von ihm wurde 1931 eine chemische Zündung und ein selbstentzündlicher Treibstoff für Flüssigkeitstriebwerke vorgeschlagen und seit 1933 eingesetzt; er erarbeitete für ein Flüssigkeitstriebwerk mit einem Schub von 300 kp ein doppelwirkendes Kolben-Pumpenaggregat mit Betätigung durch aus der Brennkammer abzuführende Gase (1931—1933) und ein Turbopumpenaggregat mit Zentrifugalpumpen (1933). Von dem Verfasser stammt das Verfahren zur Effektivitätssteigerung des Treibstoffs für Flüssigkeitstriebwerke durch Erhöhung seiner Dichte mittels kühlung und Beifügung eines schweren inaktiven Zusatzes. 1933 empfahl er Lösungen von Fluor in Sauerstoff als Oxidator, Fluor-Wasserstoff-Treibstoff, Lösungen von Kerosin in Pentaboran als Brennstoff und vieles andere.

In den Jahren 1929—1933 wurde in der zweiten Abteilung des GDL erstmalig die prinzipielle Betriebsfähigkeit eines elektrischen Raketentriebwerks (ERD) erwiesen, das als Arbeitsstoff mit festen oder flüssigen Leitern (Metalldrähten bzw. Flüssigkeitsstrahlen, die pausenlos zugeführt werden) zu speisen war, die in der Brennkammer mit einer Düse durch elektrischen Strom mit einer vorgegebenen Frequenz zur Explosion gebracht werden.

Die im GDL begonnenen Arbeiten an einem elektrischen Raketentrieb-

werk werden heute fortgesetzt. Zum ersten Mal in der Welt wurden von der Sowjetunion unter realen Flugbedingungen auf kosmischen Bahnen elektrische Ionen- und Plasmaantriebe in dem 1964 gestarteten Raumschiff Woßchod I und dem unbemannten Raumflugkörper Sonde 2 eingesetzt.

Das Versuchs-Raketentriebwerk ORM mit einem Schub von 6 kp erprobte man mit einer im frühzeitig zubereiteten Mischung aus einem flüssigen Oxydator und einem flüssigen Brennstoff, die in einer Brennkammer mit Düse verbrannt wurden; die Prüfung der Triebwerke ORM-I mit 20 kp Schub, ORM-2 und die Folgetypen geschah bei getrennter Einspritzung von Oxydationsmittel und Brennstoff. 1931 wurden am Prüfstand 46 Brennversuche von den ersten sowjetischen Flüssigkeitstriebwerken mit Stickstofftetroxid, Toluol und Benzin vorgenommen.

1932 wurden verschiedene Bauarten an Versuchstriebwerken (ORM-4 bis einschließlich ORM-22) zur Ermittlung der Zündungsart, des Anlaßverfahrens und des Gemischbildungssystems bei der Erprobung mit verschiedenen Treibstoffen entwickelt. Bei 53 Prüfstandversuchen mit diesen Triebwerken im Jahre 1932 benutzte man als Oxydatoren flüssigen Sauerstoff, Stickstofftetroxid, Salpetersäure, Lösungen von Stickstofftetroxid in Salpetersäure und als Brennstoffe Benzin, Bensol, Toluol, Kerosin. 1933 wurden mit Salpetersäure-Kerosin-Kombinationen arbeitende Triebwerke (ORM-23 bis einschließlich ORM-52) mit pyrotechnischer und chemischer Zündung gebaut und am Prüfstand erprobt. Die Versuchstriebwerke ORM-50 mit 150 kp Schub und ORM-52 mit 300 kp Schub bestanden 1933 die offiziellen Prüfstanderprobungen.

Gegen Ende 1933 wurden im GDL die Hauptschwierigkeiten in der Entwicklung von störungsfrei funktionierenden Flüssigkeitstriebwerken mit hohen Kenndaten überwunden. Betriebsgünstige Treibstoffe und widerstandsfähige Konstruktionsstoffe wurden ausgewählt. Systeme der pyrotechnischen und chemischen Zündung, die Konstruktion der Fliehkraftzerstäuber, das System der regenerativen Durchlaufkühlung der spiralberippten Düsen durch Treibstoff, die Kühlung der Kammer mittels eines inneren Brennstoffschleiers und vieles andere entwickelt. Der Betriebsdruck in der Brennkammer betrug 20-25 atm, der spezifische Impuls bis 210 sec und der Schub etwa 300 kp. Die Triebwerke konnten mehrfach angelassen werden. Zum Beispiel bestand 1933 das in Einzelausführung hergestellte Triebwerk ORM-50 erfolgreich 3 Betriebsausreifungs- und eine Abnahmeprüfung zur Bestimmung der Betriebsdaten und später, 1934, 5 Prüfstanderprobungen mit der in der GIRD (Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung) konstruierten Rakete 05, für die besagter auch bestimmt war. Beim Anlassen auf dem Moskauer Versuchsgelände Nachabino verbrauchte es bei herabgesetztem Schub den gesamten Treibstoff aus den Tanks der Rakete, die infolge einer Störung in der Treibstoffzuführung, deren System nicht auf den Sollförderdruck kam, auf der Lafette festklemmte. Nach 10 Prüfungen mit einer Gesamtdauer von 314 sec bewahrte das Triebwerk seine Funktionstüchtigkeit.

Das Triebwerk ORM-52 zeichnete sich durch den zu jener Zeit größten Schub aus und war für Marinetorpedos, Flugzeuge sowie für die Raketen RLA-I, RLA-2 und RLA-3 bestimmt, an deren Entwicklung das GDL arbeitete. Von der Betriebssicherheit dieses Triebwerks zeugt die Tatsache, daß es bei 29 Starts im Laufe von insgesamt 533 sec mit einem Schub von 300—320 kp lief und dabei funktionstüchtig blieb.

Im Auftrag der Luftstreitkräfte wurde 1932 im GDL mit der Entwicklung von Versuchsbeschleuniger in Form von Flüssigkeitstriebwerken für das Flugzeug I-4 begonnen, die einen zusätzlichen Schub für die Luftschraubentriebwerke erzeugen sollten.

Der Chef der Bewaffnung der Roten Armee, M. N. Tuchatschewski, dem das GDL unterstellt war, wohnte einer Prüfung von Flüssigkeitstriebwerken bei. Er schrieb 1932 an den Leiter der Militärtechnischen Akademie der Roten Armee: "Besonders wichtige Perspektiven knüpfen sich an die Versuche des GDL mit dem Flüssigkeitstriebwerk, das vor kurzem im Laboratorium gebaut werden konnte."

W. P. Wettschinkin, der 1932 bei der Prüfung des mit Sauerstoff-Benzin-Treibstoff gespeisten Triebwerks ORM-9 im GDL anwesend war, schrieb: "Im GDL wurde der Hauptteil der Arbeit für die Ausführung einer Rakete — ein mit flüssigem Kraftstoff arbeitendes Triebwerk — geschafft... In dieser Hinsicht sind die Erfolge des GDL (hauptsächlich des Ingenieurs W. P. Gluschko) als hervorragend zu bewerten."

An der Entwicklung von elektrischen Raketentriebwerken und Flüssigkeits-Raketen-Triebwerken beteiligten sich im GDL tatkräftig begabte Ingenieure und Techniker: A. L. Malyj, W. I. Serow, J. N. Kusmin, I. I. Kulagin, E. S. Petrow, P. I. Minajew, B. A. Kutkin, W. P. Jukow, N. G. Tschernyschow, W. A. Timofejew, N. M. Muchin, I. M. Pankin u. a.

Die GDL-Abteilung für Entwicklung und Prüfung von elektrischen Raketentriebwerken und Flüssigkeitstriebwerken befand sich 1929—1930 in Leningrad im Gebäude des Elektrophysikalischen Instituts, 1930—1933 auf dem Wissenschaftlichen Artillerie-Versuchsgelände in Rshewka (bei Leningrad) sowie 1932—1933 im Admiralitätsgebäude und im Johannes-Ravelin der Peter-und-Pauls-Festung (Leningrad). Eine Hälfte des Gebäudetrakts auf dem Schießplatz Rshewka beherbergte das GDL, in der anderen befand sich ein bestens ausgestattetes chemisches Laboratorium für Forschungsarbeiten mit Treibstoffen für Flüssigkeitstriebwerke.

Im Herbst 1931 wurden bei Ossoaviachim (Gesellschaft zur Förderung des Flugwesens und des Luft- und Gasschutzes) eine Moskauer und eine Leningrader Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung (GIRD) gegründet, welche auf ehrenamtlicher Grundlage Enthusiasten des Raketenwesens vereinigten. Zu den Begründern und aktiven Mitarbeitern der am 18. November 1931 gebildeten MosGIRD gehörten F. A. Zander (erster Leiter), S. P. Koroljow, der alsbald Zander ablöste, B. I. Tscheranowskij, W. P. Wettschinkin und J. A. Pobedonoszew sowie Vertreter der Öffentlichkeit. MosGIRD entfaltete eine großangelegte Vortragstätigkeit, begrün-

dete 1932 einen Lehrgang über Rückstoßbewegungstheorie und nahm die Arbeit zur Entwicklung eines Flugzeug-Flüssigkeitsraketentriebwerks OR-2 und eines Raketenflugzeugs RP-1 auf.

Die MosGIRD, die die Bezeichnung Zentralanstalt erhielt, unterstützte die Arbeitsgemeinschaften und Zirkel zum Studium der Rückstoßbewegung in anderen Städten der UdSSR. 1934 wurde die MosGIRD in die Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung des Zentralrats von Ossoaviachim umgebildet, wobei ihr die Propaganda- und Bildungstätigkeit weiterhin zufiel. Sie setzte ihre Arbeit bis Ende der 30er Jahre erfolgreich fort und schuf eine Reihe von originellen Versuchsraketen geringer Abmessungen.

Mitbegründer und aktive Mitglieder der am 13. November 1931 gebildeten LenGIRD waren J. I. Perelman, N. A. Rynin, W. W. Rasumow (1890—1967; erster Vorsitzender der LenGIRD), die Ingenieure A. N. Stern und J. J. Tschertowskoi, die Physiker M. W. Gashala, I. N. Samarin und M. W. Matschinski sowie Vertreter der Öffentlichkeit. 1932 vereinte die LenGIRD über 400 Mitglieder. Einen bedeutenden Beitrag zur Gründung und Arbeit der LenGIRD leisteten die Mitarbeiter des Gasdynamischen Laboratoriums B. S. Petropawlowskij, W. A. Artemjew u. a. LenGIRD propagierte aktiv die Raketentechnik, veranstaltete Schaustarte kleiner Pulverraketen, schuf eine Reihe von originellen Entwürfen für Versuchsraketen (Fotorakete, Wetterrakete u. a.), insbesondere die Rakete Rasumow-Stern mit Flüssigkeits-Raketen-Umlauftriebwerk. 1932 organisierte LenGIRD einen Lehrgang für Theorie der Rückstoßbewegung. 1934 wurde die LenGIRD in eine Sektion für Rückstoßbewegung umgewandelt, welche unter Leitung von M. W. Matschinskij die Propagandaarbeit fortsetzte, die Einwirkung der Andruckbelastungen auf Tiere experimentell untersuchte und bis zum Ausbruch des zweiten Weltkrieges die Entwicklung und Prüfung von Flüssigkeitstriebwerken und Raketen als Modelle von origineller Bauart durchführte.

Nach dem Beispiel der Moskauer und der Leningrader entfaltete sich auch in Charkow, Baku, Tiflis, Archangelsk, Nowotscherkask, Brjansk und anderen Städten eine Bewegung für die Gründung von örtlichen GIRD. Eine große Rolle spielte dabei die Propagandatätigkeit von F. A. Zander, N. A. Rynin, W. P. Wettschinkin, W. O. Prjanischnikow und anderen.

Im Juni 1932 beschloß das Präsidium des Zentralrats von Ossoaviachim auf der Grundlage einer Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung (GIRD) eine Versuchsanstalt für die Entwicklung von Raketen und Raketentriebwerken in Moskau zu gründen. Als ständige Arbeitsstätte wurde der GIRD ein Keller in der Sadowo-Spasskaja-Straße 19 und Geldmittel zugewiesen. Zum Leiter der Gruppe wurde der Vorsitzende des wissenschaftlich-technischen Rates von MosGIRD, S. P. Koroljow (1906—1966), später weltberühmter Chefkonstrukteur von Raumraketensystemen, bestellt. In den Personaletat der GIRD wurde die Gruppe F. A. Zander übernommen, die vorher ehrenamtlich am Entwurf einer Anlage mit dem

Flüssigkeitstriebwerk OR-2 für das Raketenflugzeug RP-1 gearbeitet hatte. Seit August 1932 wurde GIRD durch die Verwaltung für Militärerfindungen der Roten Armee zusätzlich finanziert. Später wurden drei weitere Projektierungs- und Konstruktionsbrigaden gebildet: für die Entwicklung von ballistischen Flüssigkeitsraketen, für die Entwicklung von Staustrahltriebwerken und gasdynamischen Prüfanlagen und für die Entwicklung von Raketenflugzeugen und Flügelraketen. Ihre Leiter waren M. K. Tichonrawow, J. A. Pobedonoszew und S. P. Koroljow. Außerdem wurden eine Produktionsbrigade (Werkstatt) und eine Prüfstation organisiert.

In der GIRD wirkten auch andere begabte Ingenieure, die einen bemerkenswerten Beitrag zur Entwicklung der sowjetischen Raketentechnik leisteten: A. I. Poljarny, W. S. Sujew, J. S. Schtschetinkow, I. A. Merkulow, M. S. Kissenko, J. K. Moschkin und viele andere.

Das Mitarbeiterteam dieser Organisation ging, gestützt auf das wissenschaftliche Erbe der sowjetischen Gelehrten, an die Lösung der Aufgaben des experimentellen Raketenbaus.

Im Sommer 1932 und im Januar 1933 fanden im GDL die ersten persönlichen Kontakte seiner Mitarbeiter mit Vertretern der GIRD-Leitung aus Moskau statt: ihrem Chef S. P. Koroljow, seinem Stellvertreter J. S. Parajew, den Ingenieuren F. A. Zander, M. K. Tichonrawow, J. A. Pobedonoszew und anderen. Ihnen wurde am Prüfstand die Arbeit eines Flüssigkeitstriebwerks vorgeführt. Dieses Zusammentreffen von Mitarbeitern des GDL mit Moskauer Raketenbauern gab den Auftakt zu ihrer weiteren Gemeinschaftsarbeit. Im Laufe von mehr als 30 Jahren wurden alle von Sergej Koroljow entwickelten Flügelraketen, Flugzeugraketenantriebe, innerkontinentalen Langstrecken- und Interkontinentalraketen, hochleistungsfähige meteorologische und geophysikalische Raketen sowie alle Raumfahrtraketen mit Triebwerken bestückt, die von begabten Vertretern der aus dem Leningrader Gasdynamischen Laboratorium hervorgegangenen Triebwerkbauschule geschaffen wurden.

1933 setzten auf dem Versuchsgelände Nachabino bei Moskau Mitarbeiter der GIRD die nach einem Entwurf von M. K. Tichonrawow unter Leitung von S. P. Koroljow gebaute Rakete 09, die erste sowjetische Rakete mit Hybridtreibstoff, in Betrieb. Ihr Startgewicht betrug 19 kg, das Treibstoffgewicht 5 kg und die Länge 2,4 m. Das Triebwerk mit einem Schub von 25—33 kp und einem Druck in der Brennkammer von 5—6 atm arbeitete mit flüssigem Sauerstoff, der durch eigenen Dampfdruck in die Brennkammer strömte, und Benzin in fester Form (1—1,5 kg Benzin wurde in der Brennkammer untergebracht). Zum Abschuß dienten vertikale Führungsschienen. Beim ersten Start am 17. August 1933 erreichte die Rakete eine Höhe von etwa 400 m, begrenzt durch das Durchbrennen des Triebwerks, und eine Flugdauer von 18 sec. Beim zweiten Start im Herbst 1933 explodierte in 100 m Höhe das Triebwerk; 1934 aber unternahm diese Rakete (unter der Kennzahl 13) eine Reihe von erfolgreichen Flügen in Höhen bis 1 500 m.

In der GIRD wurden nach Entwürfen von F. A. Zander zwei Flüssig-

keitstriebwerke entwickelt: OR-2 für das schwanzlose Raketenflugzeug RP-1 von B. I. Tscheranowskij und das Triebwerk mit der Kennzahl 10 für die Rakete GIRD-X. Das erste von Zander konstruierte Flüssigkeitstriebwerk (OR-2) mit einem Sollschub von 50 kp, Wasserkühlung der Düse und Sauerstoffkühlung der Brennkammer wurde im Dezember 1932 in der GIRD hergestellt und im März 1933 mit Sauerstoff-Benzin-Treibstoff erprobt. Friedrich Zander selbst erlebte diese Erprobung nicht mehr, da er im selben Monat starb. Bei den ersten Prüfungen wurde das Triebwerk zerstört. Die Schüler Zanders bauten daraufhin die OR-2 um. Zur Herabsetzung der Gasetemperatur und zur Erleichterung der Kühlung wurde Benzin durch Äthylalkohol ersetzt und eine Keramikverkleidung der Kammer verwendet. Die Kennummer des Triebwerks lautete nun 02.

Am Flüssigkeits-Raketen-Triebwerk mit birnenförmiger sauerstoffge-kühlter Brennkammer (Kennummer 10) wurde seit Januar 1933 gearbeitet. Treibstoff bestand aus flüssigem Sauerstoff und Benzin. Bei den ersten Prüfungen (August 1933) brannte die Kammer durch; das machte eine Änderung der Konstruktion sowie den Ersatz von Benzin durch Alkohol erforderlich. Ab Oktober 1933 fanden Prüfungen mit einem Treibstoff aus flüssigem Sauerstoff und 78prozentigem Äthylalkohol statt. Dabei wurden folgende Leistungen erzielt: Schub etwa 70 kp, spezifischer Impuls 162—175 sec. Druck in der Brennkammer 8—10 atm, Betriebsdauer 16—22 sec.

Am 25. November 1933 startete die von der GIRD unter Leitung S. P. Koroljows entwickelte erste sowjetische Flüssigkeitsrakete GIRD-X mit dem Triebwerk 10. Der Vorentwurf dieser Rakete stammte von F. A. Zander. Ihr Startgewicht betrug 29,5 kg, das Treibstoffgewicht 8,3 kg, die Länge 2,2 m. Die Treibstofförderung erfolgte durch Verdrängung. Nach dem Start stieg die Rakete senkrecht in eine Höhe von 75-80 m, worauf sie infolge Zerstörung der Triebwerksbefestigung scharf von der Vertikale abwich und 150 m von der Startstelle abstürzte. Die Konstruktion der GIRD-X fand in den 1935-1937 gebauten vervollkommneten sowjetischen Raketen ihre weitere Entwicklung. Später arbeiteten an den Triebwerken von Zander seine Schüler, ohne daß jedoch der für die Weiterentwicklung erforderliche Stand erreicht werden konnte.

In der GIRD wurden von M. K. Tichonrawow auch andere ungelenkte Raketen gebaut und später geprüft: 07 und 05. Unter der Leitung von J. A. Pobedonoszew wurden Aufbauschemata für ein Staustrahltriebwerk ausgearbeitet und ein Windkanal für Strömungsgeschwindigkeiten bis zu Mach 3,2 gebaut.

GIRD funktionierte als Entwicklungsanstalt fast anderthalb Jahre lang. Die dort mit sowjetischen Raketen erzielten Testflugergebnisse gaben die Möglichkeit, die Grundrichtung für weitere Forschungen genauer zu bestimmen.

Im Laufe der Zeit wurde die Lösung von Raketenbauproblemen zu einem immer dringenderen Bedürfnis, so daß die entsprechenden Arbeiten auf eine breitere Basis gestellt werden mußten. 1931 wurde der Vorschlag eingebracht, das Gasdynamische Laboratorium in ein Gasdynamisches In-

stitut umzuwandeln, wobei das Schwergewicht auf die Arbeiten an Flüssigkeitsraketen gelegt werden sollte. In April 1932 trat die LenGIRD an M. N. Tuchatschewski mit dem Vorschlag heran, ein wissenschaftliches Institut zur Erforschung der Rückstoßbewegung auf der Grundlage der LenGIRD zu gründen, die mehr als 400 Ingenieure und Wissenschaftler vereinigte, die sich für diesen Fragenkreis interessierten. Ossoaviachim und GIRD in Moskau griffen den Gedanken von der Bildung eines solchen Instituts auf. Die Einrichtung eines solchen Instituts beschäftigte 1932 und 1933 M. N. Tuchatschewski, W. W. Kuibyschew, K. J. Woroschilow, G. K. Ordshonikidse und viele andere Persönlichkeiten. Am 21. September 1933 wurde in Moskau auf der Basis von GDL und GIRD das erste Wissenschaftliche Institut für Rückstoßforschungen (RNII RKKA) in der Welt gegründet.

Zum Chef des Instituts wurde I. T. Klejmenow (1898—1938) ernannt. Sein Stellvertreter war bis Januar 1934 S. P. Koroljow und anschließend G. E. Langemak. I. T. Klejmenow und G. E. Langemak, die früher das GDL leiteten, standen bis Ende 1937 an der Spitze des RNII und wirkten dank ihrer Tatkraft und ihrem Talent an der Entwicklung der Raketentechnik in der UdSSR.

Am 31. Oktober 1933 ging das Institut auf Beschluß des Rates für Arbeit und Verteidigung an die Industrie über. Dieser Beschluß würdigte in seinen einleitenden Worten die "Erfolge und großen Perspektiven der Anwendung von Strahltriebwerken und insbesondere von Flüssigkeits-Strahltriebwerke..."

Das Kollektiv des Instituts unterhielt ständige Verbindung mit K. E. Ziolkowski. Der Themenkreis des RNII erstreckte sich auf alle Hauptprobleme der Raketentechnik. Im Institut bildete sich ein schöpferisches Kollektiv heraus, das eine Reihe von ballistischen und Flügelversuchsraketen sowie Triebwerke für diese Raketen schuf.

1934—1938 erfolgten Testflüge mit Modellen verschiedener Raketen unternommen, zum Beispiel 06, 13, RDB-01, 48, 216 und 217, 1939 mit der Flügelrakete 212 von S. P. Koroljow (Triebwerk ORM-65). Das RNII führte umfassende Untersuchungen zur Entwicklung von Flügelraketen und andere für die Entstehung und die Entwicklung der sowjetischen Raketentechnik bedeutsame Arbeiten durch. 1937—1938 wurde das von Koroljow entwickelte Raketengleitflugzeug RP-318 mit Flüssigkeitstriebwerk ORM-65 am Boden geprüft, und 1940 unternahm der Flieger W. P. Fjodorow einen Flug mit diesem Raketenflugzeug mit dem Triebwerk RDA-1-150, einer Abwandlung des ORM-65. 1942 startete und landete der Pilot G. J. Bachtschiwandshi mit dem ersten sowjetischen Raketenflugzeug BI-1 (ausgearbeitet von A. J. Beresnjak und A. M. Issajew unter Leitung von W. F. Bolchowitinow). Diese Maschine war mit dem im RNII konstruierten Flüssigkeitstriebwerk D-I-A-1100 mit einem Schub von 1 100 kp ausgestattet.

Das RNII beschäftigte sich mit einem umfangreichen und verschiedenartigen Forschungsprogramm. Dort wurde die Entwicklung von Pulverraketengeschossen zweier Kaliber — RS-82 und RS-132 — für Kampfflugzeuge vollendet. Am 28. Mai 1939 konnten sich die japanischen Eindringlinge im Raum des Flusses Chalchin-Gol von der Wirkung der Raketengeschosse (RS-82) überzeugen. Die mit RS-82 und RS-132 bestückten legendären Schlachtflugzeuge des Konstrukteurs S. W. Iljuschin sind von den Hitlerfaschisten nicht von ungefähr "Schwarzer Tod" genannt worden. Mit diesen Raketengeschossen wurden auch die Jagdflugzeuge Jak und La bewaffnet. Die Entwicklung der Raketengeschosse erfolgte hauptsächlich im GDL und wurde im RNII vollendet. Der Arbeit vieler Fachleute im RNII ist es zu verdanken, daß bei Ausbruch des Großen Vaterländischen Krieges der Raketenwerfer "BM-13" perfekt war.

Eine Schöpfung sowjetischer Wissenschaftler machte "BM-13" mit Raketengeschossen M-13 den Faschisten schon 1941 schwer zu schaffen. Volkstümlich hatten diese Anlagen die liebevolle Bezeichnung "Katjuscha" (Katharinchen) erhalten. Die erste "Katjuscha"-Salve wurde am 14. Juli 1941 gegen den Eisenbahnknotenpunkt Orscha abgefeuert. Mit dieser gefährlichen Waffe wurden im Großen Vaterländischen Krieg dem Feind

empfindliche Verluste an Menschen und Material zugefügt.

Die im RNII geschaffene Raketenartillerie wurde ständig vervollkommnet. In Serien hergestellt, wurden Raketen an allen Kriegsfronten erfolgreich gegen den Feind eingesetzt. Die sowjetischen Raketenwissenschaftler leisteten auf diese Weise einen Beitrag zur Zerschmetterung Hitlerdeutschlands.

Zu den wichtigsten Wirkungsbereichen des RNII gehörte die Entwicklung von Lenksystemen, die in diesem Institut entworfen, gefertigt, in Raketen eingebaut und bei Testflügen erprobt wurden. Zu solchen Lenksystemen rechnet man das Gerät GPS-2 für die Rakete 216, das Gerät GAT-I für die Rakete 201 sowie die Geräte GPS-3 und RA-2 für die Raketen 212 und 609. Dies sind Kreiselflugregler. Damit wurde ein automatischer Raketenstart vom Schleuderwagen entwickelt und ein stabiler Flug auf der Anfangsstrecke der Flugbahn erzielt.

Etwas weiter zurückgreifend sei hier erwähnt, daß 1934 in Leningrad von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR die erste Unionskonferenz über Stratosphärenforschungen veranstaltet wurde. Sie stand unter der Leitung von Akademiemitglied S. I. Wawilow. 1935 wurde von der wissenschaftlich-technischen Flugforschungsgesellschaft Aviawnito in Moskau eine Konferenz für Raketentechnik einberufen. Auf diesen Konferenzen hielten viele Mitarbeiter des RNII und anderer Organisationen wissenschaftliche Referate.

1935 wurde auf Anregung von L. K. Kornejew, der früher in der MosGIRD tätig gewesen war, eine Konstruktionsgruppe zur Entwicklung von Flüssigkeitsraketen (später Konstruktionsbüro KB-7) gegründet. Die erwarteten Ergebnisse blieben jedoch aus, so daß sie alsbald wieder aufgelöst wurde.

Am 15. Mai 1939 startete von einem Schießplatz bei Moskau die erste in der Sektion Rückstoßbewegung des Stratosphärenausschusses des Ossoaviachim geschaffene kleine Zweistufenrakete (erste Stufe Pulverrakete und zweite Staustrahltriebwerk). Ihr Konstrukteur war I. A. Merkulow.

Das im GDL herangewachsene Team von Fachleuten für Flüssigkeitstriebwerke entwickelte im RNII (1934—1938) eine Reihe von Versuchstriebwerken von ORM-53 bis ORM-102 für die Arbeit mit Salpetersäure und Tetranitromethan als Oxydationsmittel und den ersten Gasgenerator GG-1, der stundenlang mit Salpetersäure, Kerosin und Wasser lief und dabei reines Neutralgas bei einer Temperatur von 580 °C und einem Druck von 25 atm ausschied (1937 bestand er die amtliche Prüfung).

Das Triebwerk ORM-65, 1936 amtlich geprüft, war damals das beste Triebwerk (Salpetersäure-Kerosin-Treibstoff, regelbarer Schub von 50 bis 175 kp, spezifischer Impuls 210—215 sec, Anlassen von Hand und automatisch). Das Triebwerk ORM-65 konnte mehrfach angelassen werden: das erste Triebwerk dieser Bauart funktionierte bei 50maligem Anlassen auf dem Boden 30,7 min (davon 20 Mal an einem Prüfstand, 8 Mal mit Flügelrakete 212 und 21 Mal mit dem Raketengleiter RP-318). Das zweite Triebwerk lief 16 Mal (davon 5 Mal mit Flügelrakete 212 und 9 Mal mit dem Raketengleiter RP-318).

Die im Rahmen des GDL für Entwicklung von elektrischen und Flüssigkeitstriebwerken (1929—1933) gebildete Einheit konnte auf einen langwierigen und komplizierten Entwicklungsweg zurückblicken: über eine Abteilung des RNII (1934—1938) bis zu einer selbständigen Einrichtung (1939—1940). Ab 1941 wurde daraus ein Versuchs-Konstruktionsbüro (OKB). So verlief der Schaffensweg vom GDL bis zu dem mit zwei Orden ausgezeichneten OKB mit der Doppelbezeichnung GDL-OKB.

In den 40er Jahren entwickelte dieses Konstruktionsbüro eine Reihe von Flüssigkeitstriebwerken zur Beschleunigung von Flugzeugmanövern. Diese Hilfstriebwerke arbeiteten mit einer Pumpenförderung von Salpetersäure und Kerosin, mit chemischer Zündung, einer unbegrenzten Anzahl (innerhalb der Sollbetriebszeit) von wiederholten, völlig automatisierten Starts, mit einem regelbaren Schub und dem Höchstschub in Bodennähe von 300 bis 900 kp. Diese Triebwerke bestanden 1943—1946 außer Nacharbeitungsund amtlichen Erprobungen am Prüfstand zahlreiche Boden- und Flugprüfungen (sie wurden etwa 400mal angelassen) mit Flugzeugen von W. M. Petljakow Pe-2R, S. A. Lawotschkin La-7R und 120R, A. S. Jakowlew Jak-3 und P. O. Suchoj Su-6, Su-7.

Als Stellvertreter des Chefkonstrukteurs für Triebwerke arbeiteten damals im OKB: S. P. Koroljow (für Flugerprobungen, 1942—1946), G. S. Shirizkij, D. D. Sewruk, W. A. Witka, N. N. Artamonow und andere.

Die reichen Erfahrungen in der Entwicklung dieser Triebwerkreihe und der Flugzeuganlagen mit Flüssigkeitstriebwerken dienten dem GDL-OKB als Basis für die spätere Schaffung von Raketentriebwerken. In den Jahren 1947 bis 1973 schuf das GDL-OKB Dutzende Bauarten von leistungsstarken Flüssigkeitstriebwerken, die mit Raketen verschiedener Zweckbestimmung eingesetzt wurden. Diese Flüssigkeitstriebwerke waren auf den meisten inner- und interkontinentalen sowjetischen Raketen so-

wie auf allen geophysikalischen und Raumraketen installiert, die Ende 1973 in der UdSSR starteten.

Anläßlich des 40. Jahrestags der GDL-OKB (1929—1969) wurden in Leningrad am Gebäude der Hauptadmiralität und am Johannes-Ravelin der Peter-und-Pauls-Festung, dort, wo das GDL in den 30er Jahren sei-

nen Sitz hatte, Gedenktafeln angebracht.

Leningrad ist nicht nur die Wiege der Revolution, sondern auch die Wiege der sowjetischen Raketentechnik. Dort entstanden die Rauchpulverraketen von Sassjadko, Schilder, Konstantinow, später die Entwürfe von Kibaltschitsch und Fjodorow, die Arbeiten von Meschtscherskij, Pomorskij, Rynin, Perelman, Rasumow (LenGIRD). In dieser Stadt erschienen zum erstenmal die klassischen Untersuchungen von Ziolkowski. Dort entfaltete seine Tätigkeit das Gasdynamische Laboratorium (GDL), das die ersten mit rauchlosem Pulver arbeitenden Raketen, das erste elektrothermische Raketentriebwerk der Erde und die ersten sowjetischen Flüssigkeitstriebwerke ausarbeitete, deren Weiterentwicklung durch das im GDL gereifte Mitarbeiterteam zu modernen Raketenantrieben mit Millionen Kilowatt Leistung führte.

Die von GDL, GIRD und RNII ausgeführten Arbeiten sind als wertvolle Beiträge in die Geschichte der russischen und sowjetischen Raketen-

wissenschaft und -technik eingegangen.

Im GDL — der ersten sowjetischen Anstalt für die Entwicklung von Raketen und Raketenantrieben, wurden 1928—1933 mit rauchlosen Pulverkörpern gespeiste Raketen geschaffen, 1929—1933 die ersten elektrothermischen Versuchs-Raketenantriebe der Welt ERD und die ersten sowjetischen Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke ORM, ORM-1 — ORM-52, die mit flüssigem Sauerstoff, Stickstoff-Tetroxid, Salpetersäure und Toluol, Benzin, Kerosin arbeiteten, entwickelt und im Betrieb geprüft. Von dem im GDL gereiften Kollektiv, das im RNII und später als selbständige Organisation die Entwicklung der mit verschiedenen Treibstoffen arbeitenden Flüssigkeitstriebwerke fortführte, wurden die unmittelbaren Nachkommen der ersten ORM hervorgebracht: leistungsstarke Triebwerke für schwere sowjetische Trägerraketen aller Art, die den Weg in den Weltraum bahnen.

Vom Kollektiv der GIRD wurden 1933 die ersten sowjetischen Flüssigkeitsraketen 09 mit flüssigem Sauerstoff und verfestigtem Benzin als Treibstoff und die GIRD-X mit flüssigem Sauerstoff und Alkohol gestartet. Das waren ebenfalls Jungfernflüge, aber schon nach relativ kurzer Zeit unternahmen sowjetische Raketen die ersten Vorstöße in der Welt auf viele Millionen Kilometer ins All!

In den ersten sowjetischen Raketenanstalten — GDL und GIRD — wurde der Grundstein des sowjetischen Raketenbaus gelegt. Dem GDL und der GIRD entstammen die Hauptkräfte, die die für diese Entwicklung maßgeblichen Kollektive heranzogen. Am 15. Mai 1969 feierte das mit zwei Orden ausgezeichnete Versuchs-Konstruktionsbüro seinen 40. Jahrestag. Das war ein Weg vom GDL bis heute, vom ORM mit von einigen Ki-

logramm Schub bis zu den perfekten Raketenantrieben mit einem Schub von Hunderten Tonnen. Eine außerordentache Rolle spielte GIRD, in der sich ein Mitarbeiterteam formierte, das einen unschätzbaren Beitrag zu den Großtaten der Sowjetunion im Raketen- und Raumschiffbau leistete. Forschungs- und Versuchskonstruktionsbüro für die Entwicklung von hochkomplizierten Bord- und Boden-Flugsteuersystemen sowie der kompletten Ausrüstungen für die Bodenstationen steuerten ebenfalls mit schöpferischen Leistungen zur Entwicklung der Raketen- und Raumsystemen in der UdSSR bei. Die vereinte Kraft dieser und vieler anderer Forschungsgemeinschaften und Belegschaften ganzer Industriebetriebe, die an der Weiterentwicklung dieser Arbeiten mitwirkten, ermöglichte den Vorstoß des sowjetischen Menschen in den Weltraum. Eine entscheidende Rolle spielten hierbei der hohe Entwicklungsstand der Sowietindustrie, die Erkenntnisse der fortschrittlichen sowjetischen Wissenschaft und die selbstlose Arbeit des gesamten Sowjetvolkes unter Führung der Kommunistischen Partei und ihres Leninschen Zentralkomitees.

# Erstürmung des Weltraums mit Raketensystemen

Die planmäßige Erforschung des Weltraums erfolgt in der UdSSR mit Hilfe von geophysikalischen Raketen, vertikalstartenden Raumsonden, automatischen und bemannten Satelliten von Himmelskörpern, interplanetaren Stationen der Vorbei-, Umflug- und Landebauart.

Von den Ausmaßen dieser Forschungen zeugt schon die Tatsache, daß bis 1973 allein in der Sowjetunion 742 Satelliten mit dem Gesamtgewicht von 2233 t in Umlaufbahnen um die Erde, die Sonne, den Mond und den Mars gebracht wurden (die Masse der in die genannten Raumflugbahnen eingeschossenen Endstufen der Trägerraketen mit eingerechnet, erreichte das Gesamtgewicht 4388 t). 41 Stationen mit einem Gesamtgewicht von 110 t (mit Endstufen 167 t) wurde eine der Entweichgeschwindigkeit nahekommende Geschwindigkeit mitgeteilt.

Seit 1949 begannen in der Sowjetunion regelmäßige Forschungen der oberen Atmosphärenschichten und des Weltraums mit geophysikalischen Raketen, die wissenschaftliche Apparaturen (etliche Hundert Kilogramm bis mehreren Tonnen Nutzlast) 500 km und höher hinauf beförderten. Die Rakete W2A dieser Gattung diente zur Erforschung der Hochatmosphäre, zum Fotografieren des Sonnenspektrums, zu medizinischen und biologischen Untersuchungen und zur Entwicklung des Abstiegssystems (Landesystems) für die im Bugteil befindliche Gerätezelle (Gewicht 1340 kg) und den geophysikalischen Behälter (Gewicht 860 kg). Die Nutzlast betrug beim Aufstieg bis 212 km Höhe insgesamt 2200 kg.

Die geophysikalische Rakete W5W diente für astrophysikalische, geophysikalische, biologische und ionosphärische Untersuchungen (Nutzlast 1300 kg, Gipfelhöhe 512 km). Mit Raketen dieser Reihe wurde ein groß-

angelegtes Programm von medizinisch-biologischen Untersuchungen hauptsächlich mit Hunden durchgeführt. Bei den Raumflügen wurde ein Fallschirm-Rettungssystem für Tiere und Apparaturen und deren Rückführung zur Erde entwickelt. Die Sicherheit wurde sowohl durch langsamen Abstieg der hermetisch abgedichteten Kabinen als auch durch Katapultieren in verschiedenen Höhen beim Raketenabstieg und Absetzen der Hunde in hermetischen Druckanzügen an Fallschirmen gewährleistet.

Während des Internationalen Geophysikalischen Jahres erlebte die ganze Welt den beispiellosen Triumph der sowjetischen Wissenschaft und Technik. Am 4. Oktober 1957 feierten die Menschen ihren ersten Sieg über die Erdgravitation, als eine sowjetische Rakete die erste kosmische Geschwindigkeit erreichte und den ersten künstlichen Satelliten der Welt in Erdumlaufbahn beförderte. Damit brach die Ära der Weltraumfahrt in der Geschichte der Menschheit an.

Dieser Sputnik mit einer Masse von 83,6 kg hatte einen kugelförmigen, hermetisch abgedichteten Aluminiumkörper von 580 mm Durchmesser mit vier 2,4 bzw. 2,9 m langen Stabantennen. Die Kapsel beherbergte Apparatur und Stromquellen. Die Funksignale der Satellitensender mit zwei Frequenzen, ausgestrahlt als Telegrafieimpulse von durchschnittlich 0,3 sec Dauer. Sie benachrichtigten die Welt aus 947 km Höhe (Apogäum) über den ersten Vorstoß ins Weltall. Der Sputnik existierte als Raumkörper 92 Tage, umkreiste 1 400 Mal die Erde, die ihn entsandt hatte, und legte einen Weg von etwa 60 Mill. km zurück. Zum erstenmal konnten die Dichte der Hochatmosphäre nach der Änderung der Satellitenbahn bestimmt, Angaben über die Funksignalausbreitung in der Ionosphäre gewonnen, Berechnungen und grundlegende technische Lösungen für die Entwicklung des künstlichen Satelliten, seinen Einschuß in die Umlaufbahn und für die Sicherung seiner Funktionstüchtigkeit im Weltraum überprüft werden.

Einen Monat später, am 3. November 1957, startete in der UdSSR der erste biologische Erdsatellit der Welt. Dieser vervollkommnete Sputnik war schwerer und besser als der erste mit wissenschaftlicher Apparatur ausgestattet. Er stellte die Endstufe einer Trägerrakete dar und bestand aus mehreren Behältern mit wissenschaftlicher Meßapparatur; in einer separaten Druckkabine befand sich als Versuchstier die Hündin Laika. Die Gesamtmasse der Apparatur, des Tiers und der Stromquellen betrug 508,3 kg. Der Satellit führte zwei Funksender, ein Fernmeßsystem, eine Programmanlage, Geräte zur Untersuchung der solaren und der kosmischen Strahlung mit. Die Regenerierungs- und die Wärmeregulierungssysteme sicherten dem Tier in der Kabine die erforderlichen Lebensbedingungen. Der Satellit erreichte eine Bahn mit der Apogäumshöhe 1 674 km und der Bahnneigung 65,1°. Sputnik 2 funktionierte etwa 160 Tage, umkreiste 2 370 Mal die Erde und legte dabei über 100 Mill. km zurück.

Der dritte sowjetische Erdsatellit mit einem vielseitigen wissenschaftlichen Instrumentarium (Masse 1 327 kg) stieg am 15. Mai 1958 auf. Das war ein regelrechtes Laboratorium im Weltraum. An Bord befanden sich 12 verschiedenartige wissenschaftliche Geräte, ein Mehrkanal-Fernmeßsy-

stem mit Speicherwerk, Funkanlagen für Präzisionsbahnmessungen, der Sender "Majak", ein Temperaturregelungssystem, ein Programmzeitschaltwerk und andere Bordanlagen. Die Länge des Satelliten betrug 3,57 m, das Gewicht der Forschungs- und Meßapparatur 968 kg. Mit einer Apogäumshöhe von 1881 km und einer Bahnneigung von 65,1° hatte er eine Lebensdauer von 691 Tagen, in deren Verlauf er beinahe 450 Mill. km zurücklegte und 10 037 Kreise um die Erde zog.

Sputnik 3 bewältigte ein umfangreiches Programm zur Erforschung des erdnahen Raums (Messung des Drucks und der Zusammensetzung der Hochatmosphäre, der Verteilungsdichte geladener Teilchen, der kosmischen Strahlung, des Magnetfeldes und des elektrostatischen Feldes, der Meteorteilchen u. a. m.). Dank seinen Messungen konnte die Existenz eines äußeren Strahlungsgürtels der Erde festgestellt werden.

Am 2. Januar 1959 feierte die Menschheit ihren zweiten, diesmal endgültigen Sieg über die Erdgravitation: die sowjetische Raumsonde Luna I erreichte und überhöhte die Entweichgeschwindigkeit, und eine Rakete mit einer Masse von anderthalb Tonnen verließ für immer die Erde. Die Raumstation flog in nächster Nähe des Mondes, 5 000—6 000 km von seiner Oberfläche entfernt, an ihm vorbei und gesellte sich zu dem Reigen der die Sonne umkreisenden Planeten und Planetoiden. So entstand der erste künstliche Sonnensatellit der Welt.

Dieser unter dem Namen "Metschta" (Traum) in der Weltpresse bekanntgewordene künstliche Planet bewegt sich in einer Bahn mit einem Perihel von 146,4 Mill. km und einem Aphel von 197,2 Mill. km. An Bord von Luna I wurden eine Funkanlage, ein Fernmeßsystem, 5 verschiedene wissenschaftliche Geräte zur Untersuchung des interplanetaren Raums und andere Ausrüstungen untergebracht. Die Raketenendstufe trug außerdem die Apparatur, die eine Leuchtwolke als künstlichen Kometen ausstieß.

Einen Triumph der sowjetischen Wissenschaft und Technik bildete ferner der Erfolg der automatischen Station Luna 2, die am 14. September 1959 auf den Mond auftraf. Damit erreichte zum erstenmal ein von Menschenhand geschaffenes Objekt nach Durchquerung des Alls den der Erde am nächsten gelegenen Himmelskörper. Es wird die Zeit kommen, da kühne Kosmonauten im Bereich des Archimedes-Kraters und in der Lunik-Bucht die mit Luna 2 zugestellten Kugel- und Bandwimpel der Sowjetunion finden werden.

20 Tage nach dieser ersten Ziellandung auf der Mondoberfläche stieg die automatische Raumsonde Luna 3 (Masse 278,5 kg) auf. Sie umflog erstmalig den Mond, fotografierte die erdabgewandte Seite des Mondes und übermittelte die Bilder an die Bodenfunkstationen. Damit fiel noch ein Schleier des Geheimnisses des Weltalls. Die Sonde flog in etwa 6 200 km Entfernung am Mond vorbei. Dieser Flug war der erste Versuch, einen fremden Himmelskörper von Bord eines Raumflugapparats zu erforschen.

Monatelange schwierige Arbeiten zur Auswertung und zum Studium der Fernsehbildaufzeichnungen hatten Erfolg: 498 Gebilde, davon 400 auf

der erdabgewandten Seite, konnten auf der Mondoberfläche ermittelt und beschrieben, ihre selenographischen Koordinaten bestimmt werden. Schließlich gab die Akademie der Wissenschaften der UdSSR 1960 eine Karte und einen Atlas der Mondrückseite heraus. Einigen neuentdeckten Mondgebilden verlieh eine Kommission der Akademie der Wissenschaften der UdSSR die Namen: Moskauer Meer mit Astronautenbucht, Meer der Träume, Krater Ziolkowski, Lomonossow, Lobatschewski, Jules Verne, Giordano Bruno, Maxwell, Popow, Edison, Pasteur, Hertz, Joliot-Curie, Mendelejew, Kurtschatow und andere.

Die Erforschung des erd- und mondnahen Raums mit drei automatischen Raumsonden Luna 1, Luna 2, Luna 3 lieferten wertvolle wissenschaftliche Unterlagen und boten vor allem zu der Feststellung Anlaß, daß ein nennenswertes Magnetfeld und ein Strahlungsgürtel in Mondnähe nicht existieren.

Im Rahmen der Mondforschungen wurde fernerhin ein Komplex von Aufgaben gelöst, die mit der Sicherung einer weichen Landung von Sonden auf der Mondoberfläche verbunden sind. Dazu wurde eine neue, leistungsfähigere mehrstufige Trägerrakete entwickelt.

Die Flüge von Luna 1, Luna 2, Luna 3 erfolgten ab Erde durch fortwährende Beschleunigung der Sollgeschwindigkeit und anschließenden Inertialflug zum Ziel (geradliniger Flug). Der Flug der Nachfolgestationen wurde nach einem komplizierteren Schema gestaltet: Start mittels Trägerrakete in die Erdumlaufbahn, Start von dieser Bahn zum vorgegebenen Zeitpunkt und Beschleunigung bis nahe der Entweichgeschwindigkeit, Bahnkorrektur beim Mondanflug, Flugbremsung durch Bremstriebwerke und weiche Landung auf der Mondoberfläche.

Die Kompliziertheit der Aufgabe erforderte lange Vorbereitungen. 1963—1965 wurden für weitere Mondforschungen und zwecks Lösung des Problems der weichen Landung eines Behälters mit wissenschaftlichen Geräten Luna 4 bis Luna 8 zum Mond gestartet. Luna 5 erreichte das Ziel am 12. Mai 1965 und lieferte dabei die ersten Versuchsdaten über das Funktionieren des Systems der weichen Landung. Luna 6 flog am 11. Juni 1965 dicht am Mond vorbei. Luna 7 traf auf unserem natürlichen Trabanten am 8. Oktober auf und Luna 8 am 7. Dezember 1965.

Die am 31. Januar 1966 gestartete automatische Sonde Luna 9 vollführte am 3. Februar in einer Bucht des Ozeans der Stürme die erste weiche Mondlandung. Die Sonde mit einer Masse von 100 kg strahlte zur Erde Fernsehbilder der Mondoberfläche und verschiedene Telemetriemeßwerte aus. Zum erstenmal wurden auf diese Weise Panoramaaufnahmen der Mondlandschaft erzielt, auf denen 1 oder 2 mm große Gegenstände in unmittelbarer Nähe der Station erkennbar sind. Mit der Sonde wurden wieder ein Wimpel und das Staatswappen der UdSSR auf den Mond getragen.

Dieses beispiellose kosmische Experiment zerstörte die Hypothese von einer mehr oder weniger starken Mondstaubdecke. Der Mondboden erwies sich als fest genug, uneben, mit Geröll und vielen Kratern verschiedener Größe — von winzigen Grübchen und bis zu großen Gebilden — überzogen. Mit der Sonde wurden auch die Strahlungsverhältnisse untersucht.

Den nächsten Triumph brachte der Sowjetunion der Start der automatischen Sonde Luna 10 als ersten künstlichen Mondsatelliten der Welt (3. April 1966). Diese Sonde mit einer Masse von 245 kg (ohne Masse des Systems für die Einsteuerung in die selenozentrische Umlaufbahn) war installiert mit wissenschaftlichen Geräten zur Ermittlung der Strahlungsund Meteoritensituation, der Infrarot- und Gamma-Strahlung der Mondoberfläche, der Zusammensetzung des Mondgesteins, des Magnetfeldes des Mondes, des Sonneplasmas im mondnahen Bereich und des Gravitationsfeldes des Mondes. Die Funkstationen der Erde empfingen die von Bord der Luna 10 ausgestrahlte Melodie der Parteihymne der Kommunisten "Internationale". Die Station kreiste in einer Entfernung von 350 km (im Periselenum) und 1017 km (im Aposelenum) bei einer Bahnneigung von 71° 54′ um den Mond.

1966 wurden zwei weitere künstliche Mondsatelliten mit verschiedenen wissenschaftlichen Geräten auf die Reise geschickt: Luna 11 und Luna 12. Monatelang führten sie wertvolle wissenschaftliche Untersuchungen durch, und Luna 12 mit Foto- und Bildübertragungsanlage von hohem Auflösungsvermögen (1 100 Bildzeilen) übermittelte zur Erde eine Serie von Aufnahmen der Mondoberfläche aus 100 bis 340 km Höhe.

Am 24. Dezember 1966 ging die sowjetische automatische Sonde Luna 13 weich auf dem Mond nieder. Ihre Untersuchungen im Ozean der Stürme bereicherten die Wissenschaft um neue Angaben über die Eigenschaften des Mondgrundes. Die Bodendichte erreichte höchstens 1 g/cm³. Wieder konnten Fernsehbilder des Mondpanoramas bei unterschiedlicher Sonnenbeleuchtung gewonnen werden.

Der vierte sowjetische künstliche Mondsatellit Luna 14 startete am 7. April 1968. Die Periselenumhöhe betrug 160 km, die Aposelenumshöhe 870 km, die Bahnneigung 42°, die Umlaufzeit 2 h 40 m. Das Luna-14-Programm sah vor: genauere Bestimmung des Verhältnisses zwischen der Erd- und Mondmasse, des Mondgravitationsfeldes, der Funkbedingungen und der Stabilität bei Übertragungen zum Satelliten in verschiedenen Lagen relativ zum Mond, Messung der kosmischen Strahlung und der solaren Ströme geladener Teilchen sowie Gewinnung zusätzlicher Informationen für die Aufstellung einer präzisen Theorie der Mondbewegung.

Am 13. Juli 1969 wurde der fünfte sowjetische Mondsatellit Luna 15 gestartet. Nach dem Erreichen der selenozentrischen Umlaufbahn wurden zwei Bahnkorrekturen durchgeführt, wodurch der Satellit bis auf 16 km über der Mondoberfläche niederging. Luna 15 bewältigte wissenschaftliche Forschungen im mondnahen Raum und lieferte Daten über die Arbeit neuer Sondensysteme, die Landungen an verschiedenen Stellen der Mondoberfläche sicherten. Nach 52 Mondumkreisungen erreichte Luna 15 den Mond.

Als glänzendes Beispiel für die Möglichkeiten von Roboterunternehmen auf fremden Himmelskörpern kann Luna 16 gelten, die zum ersten Mal in der Welt Mondgesteinsproben zur Erde brachte. Die Mondsonde startete am 12. September 1970 und landete am 20. September im Raum des Meeres der Fruchtbarkeit weich auf der Mondoberfläche. Auf Funkbefehl von der Erde trat die Gesteinsentnahmevorrichtung in Aktion. Mit Bodenprobe im Container des Rückkehrapparats stieg die Raumrakete Mond—Erde am 21. September von der Landestufe auf. Am 24. September 1970 trennte sich der Rückkehrapparat beim Anflug zur Erde von der Rakete und landete mit Hilfe eines Fallschirmsystems unweit der Stadt Dsheskasgan. Über 100 g Mondgestein werden in den Laboratorien allseitig untersucht und in Ausstellungen vorgeführt.

Die Sowjetunion arbeitete an der Weiterentwicklung der fruchtbringenden wirtschaftlich vorteilhaften Roboter-Raumforschungsmission. Mit der Raumsonde Luna 17 wurde erstmalig ein automatisches Mondfahrzeug Lunochod 1, von einer Bodenequipe durch Funk und Fernsehen gesteuert, an der Mondoberfläche abgesetzt. Luna 17 startete am 10. November 1970 und gelangte genau wie ihre beiden Vorgängerinnen zuerst in eine geozentrische, dann in eine selenozentrische Umlaufbahn, um schließlich am 17. November im Meer des Regens auf der Mondoberfläche weich niederzugehen. Am selben Tag rollte Lunochod 1 über einen Laufsteg von der Landestufe. Wissenschaftlich-technische Untersuchungen in verschiedenen Entfernungen von der Landestelle setzten ein. Das Mondmobil mit achträdrigem Fahrgestell und durch Solarbatterien gespeistem Einzelradantrieb bewies eine hohe Manövrierfähigkeit. Es überwand oder umfuhr alle Hindernisse.

Das mit einer Isotopenwärmequelle versehene Mondfahrzeug blieb 322 Tage in Betrieb (vom 17.11.1970 bis 4.10.1971) und legte auf der Mondoberfläche in der vorgegebenen Richtung eine Strecke von 10 540 m zurück, wobei es ausführliche topografische Untersuchungen auf 80 000 m² Mondoberfläche vornahm. In dieser Zeit kamen 171 Funkkontakte zustande, und über Funkkanäle wurden 24 829 Kommandos an Bord durchgegeben. Durch die Fernsehanlagen des Lunochod 1 wurden 206 Panoramabilder und über 20 000 Mondaufnahmen zur Erde übertragen. An mehr als 500 Stellen untersuchte Lunochod 1 die physikalisch-mechanische Beschaffenheit der oberen Bodenschicht, und an 25 Stellen wurden chemische Analysen vorgenommen. Bei Experimenten mit dem an Bord von Lunochod 1 installierten Röntgenteleskop, der Funkmeßapparatur und dem französischen Laser-Winkelreflektor wurden wichtige Ergebnisse erzielt.

Dieses Experiment wurde mit Luna 21 fortgesetzt, die am 16. Januar 1973 am Ostrand des Meeres der Heiterkeit Lunochod 2 absetzte. Das zweite Mondmobil unterscheidet sich von dem ersten durch zusätzliche Bestückung und bessere Fahreigenschaften.

Innerhalb von 5 Mondtagen legte Lunochod 2 auf schwierigem Relief 37 km zurück.

Luna 18 startete am 2. September 1971, flog in eine Mondumlaufbahn ein, vollführte 54 Umkreisungen, ein Landungsversuch im Gebiet des Meeres der Fruchtbarkeit mißglückte jedoch. Am 28. September desselben

Jahres ging Luna 19 auf die Reise, um wissenschaftliche Untersuchungen von der Umlaufbahn eines künstlichen Mondsatelliten auszuführen.

Am 14. Februar 1972 stieg Luna 20 auf, landete weich auf dem Mond im Raum des am Meer der Fruchtbarkeit gelegenen Kontinents, führte eine Bohrung durch, entnahm Bodenproben und brachte sie zur Edre. Einen Teil der Mondgesteinsproben, die mit Luna 16 und Luna 20 zur Erde gegracht wurden, erhielten zur Untersuchung Frankreich, Großbritannien, die DDR, die CSSR und andere Länder. Die UdSSR und die USA tauschten Mondbodenproben aus.

Ein durchschlagender Erfolg wurde mit den erstklassigen Aufnahmen der Mondrückseite aus etwa 10 000 km Entfernung am 20. Juli 1965 durch die sowjetische automatische Raumstation Sonde 3 erzielt. 2/3 der erdabgewandten Mondoberfläche konnten fotografiert werden, hauptsächlich Bereiche, die 1959 mit Luna 3 nicht erfaßt worden waren. Im Endergebnis blieben nur 5 Prozent der Mondoberfläche dem Fotoauge vorbehalten.

Nach Auswertung der Fotos der Mondrückseite von Luna 3 (1959) und Sonde 3 (1965) wurde vom Staatlichen Astronomischen Sternberg-Institut in Zusammenarbeit mit anderen Anstalten unter wissenschaftlicher Leitung von Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften J. N. Lipski ein "Atlas der Mondrückseite" (1. Teil 1960, 2. Teil 1967) mit einem Katalog der etwa 4 000 erstmals entdeckten Gebilde herausgegeben. Die Kommission der Akademie der Wissenschaften der UdSSR für die Benennung von Gebilden der Mondrückseite verlieh aufgrund des Entdeckerrechts in den Jahren 1960, 1966, 1967 und 1968 einem kleinen Teil der neu festgestellten Mondgebilde die Namen sowietischer und ausländischer Wissenschaftler, darunter Persönlichkeiten, die sich um Raumfahrt und Raketenbau verdient gemacht hatten. In Ergänzung zu den 1960 verliehenen Kraterbezeichnungen erschienen auf der Mondkarte nun auch die Namen Sassjadko, Konstantinow, Kibaltschitsch, Ganswindt, Meschtscherskij, Fjodorow (A. P.), Tichomirow, Pomorzew, Artemiew, Perelman, Kondratiuk, Zander, Wettschinkin, Grawe (D. A.), Rynin, Petropawlowskij, Langemak, Koroljow, Rasumow, Iljin, Kleimenow, Bachtschiwandshi, Wassiltschenko, Rastorgujew, Konoplew, Woskressenskij, Gagarin, Komarow u. a. Mehrere Mondkrater wurden nach GDL-OKB-Mitarbeiter benannt: Malvi. Petrow. Tschernyschew, Shirizkii, Artamonow, Gawrilow, Firssow, Aljochin, Gratschow und Mesenzew.

Einige Mondkrater wurden nach sagenhaften Helden wie Ikaros, Daidalos, Wan-Hu und Schriftstellern wie Gyrano de Bergerac, Eyraud und Wells getauft.

In Würdigung des hervorragenden Beitrags des Gasdynamischen Laboratoriums (GDL), der Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung (GIRD) und des Wissenschaftlichen Instituts für Erforschung der Rückstoßbewegung (RNII) zur Entwicklung des sowjetischen Raketenbaus wurden neuentdeckte Kraterketten auf der Mondrückseite auf die Namen dieser Organisationen getauft: eine 1 100 km lange Kraterkette heißt z. B. GDL und 2 weitere — von 520 und 540 km Länge — GIRD bzw. RNII.

Die Kommission nannte den Raum der ersten harten Landung (Luna 2) Lunnik-Bucht, der ersten weichen Landung auf der Mondoberfläche (Luna 9) Mondlandungs-Bucht.

Die Internationale Astronomische Union bestätigte 1970 den größten Teil dieser Benennungen. Zusätzlich vorgelegte Unterlagen dürften der IAU auch die übrigen Benennungen zu bestätigen ermöglichen, die mit der Schaffung und Entwicklung des Raketenbaus und der Kosmonautik in der UdSSR verbunden sind.

1966—1967 wurden aufgrund des "Atlasses der Mondrückseite" und der Aufnahmen von der uns zugekehrten Mondseite durch das Staatliche Astronomische Sternberg-Institut und den Topogeodätischen Dienst der UdSSR unter der wissenschaftlichen Leitung von J. N. Lipski erstmals in der Welt eine vollständige Mondkarte (im Maßstab 1:5 000 000) und ein vollständiger Mondglobus (im Maßstab 1:10 000 000) zusammengestellt und veröffentlicht. 1968 erschien dann noch ein Atlas mit 7 Karten des Äquatorbereichs der sichtbaren Mondhalbkugel (1:1 000 000). Später wurden in den USA und der UdSSR umfaßende Mondkarten und -globen veröffentlicht, die unter Auswertung der Aufnahmen von Sonde 3 und Lunar Orbiter zusammengestellt worden waren.

Sonde ist die Bezeichnung einer Reihe seit 1964 gestarteter sowjetischer automatischer Interplanetarstationen zur Untersuchung des kosmischen Raums und zur Entwicklung der Raumfernflugtechnik. Sonde 1 bis 3 mit einem Gewicht von je 950 kg waren mit Astroorientierungssystem (nach der Sonne, der Erde und nach dem Stern Canopus) und Korrekturtriebwerk ausgerüstet. Die Energieversorgung der Bordapparatur erfolgte durch Sonnenbatterien. Das Temperaturregelungssystem war für den Betrieb in verschiedenen Entfernungen von der Sonne ausgelegt. Der Start der Endstufe der Trägerrakete erfolgte aus einer geozentrischen Parkbahn.

Die am 2. April 1964 abgeschossene Sonde 1 erreichte eine heliozentrische Umlaufbahn, und die am 30. November 1964 in Richtung Mars gestartete Sonde 2 besaß 6 elektrothermische Plasmatriebwerke als Stellglieder des Orientierungssystems.

Sonde 3 flog am 18. Juli 1965 in Richtung Mond ab. Sie beherbergte außer wissenschaftlicher Apparatur ein Bildübertragungssystem mit automatischer Filmentwicklung, das ein hohes Auflösungsvermögen besaß (die Zeilenzahl bei der Fernsehübertragung betrug 1 100, die zulässige Übertragungsweite ging bis Hunderte von Millionen km). Beim Vorbeiflug am Mond wurden aus einer Entfernung von 11 570—9 960 km 25 Fotos der Mondrückseite geschossen, die eine Fläche von 19 Mill. km² erfaßten, davon über 10 Mill. km² der von Luna 3 nicht fotografierten Bereiche.

Die Bildübertragung zur Erde erfolgte aus einer Entfernung von 2,2 Mill. km, repetiert aus 31,5 Mill. km Entfernung. Nach dem Vorbeiflug am Mond setzte Sonde 3 die Raumforschungen auf einer heliozentrischen Bahn fort.

Sonde 4 bis 8 wurden durch leistungsstärkere Trägerraketen in ihre

Umlaufbahnen gebracht. Ihre Missionsziele waren die flug- und konstruktionstechnische Perfektionierung der automatischen Bauauslegung für den Flug um den Mond, wissenschaftliche Untersuchungen und die Rückführung des Apparats mit Entweichgeschwindigkeit. Die Endstufe der Trägerrakete startete von einer geozentrischen Parkbahn.

Die Station hatte ein Landegerät mit Wärmeschutzverkleidung, eine Gerätezelle mit bordeigenen Hauptsystemen (Funk, Fernmessung, Fluglageregelung und Stabilisierung, Energieversorgung, Temperaturregelung) und ein Korrekturtriebwerk. Das aktive Fluglageregelungssystem funktionierte mit optischen Impulsgebern (solaren und terrestrischen) und einem System von Lenktriebwerken von geringem Schub. Die Energieversorgung der Bordgeräte erfolgte durch im Flug aufklappbaren Sonnenbatterien. Die Landekapsel beherbergte die wissenschaftliche Apparatur, einen Fotoapparat, die Funk- und Fernmeßanlagen, das Abstiegsteuersystem und das Fallschirmsystem.

Sonde 4 (Starttag 2. März 1968) wurde in eine heliozentrische Umlaufbahn eingeschossen. Am 18. September 1968 vollführte Sonde 5 eine Mondumfliegung, wobei sie sich bis auf 1950 km der Mondoberfläche näherte. Aus einer Entfernung von 90000 km wurde die Erde fotografiert. Beim Anflug zur Erde fand eine Bahnkorrektur statt, die den Einflug in den Eintrittskorridor sicherte. Am 21. September tauchte der Landeapparat in die Erdatmosphäre ein, ging in einer ballistischen Bahn nieder und wasserte im Indischen Ozean.

Bei diesem Flug wurde zum erstenmal in der Welt ein Raumflugkörper nach der Mondumfliegung mit Entweichgeschwindigkeit auf die Erde zurückgeführt. Mit Sonde 5 reisten erstmals irdische Wesen — Schildkröten — um den Mond und retour.

Sonde 6 (Starttag 10. November 1968) sollte laut Flugprogramm das Mondumfliegen, wissenschaftliche Forschungen durchführen und die Rückkehr zur Erde diesmal mit gesteuertem Abstieg vollbringen. Am 14. November umflog Sonde 6 den Mond in der geringsten Entfernung 2 420 km. Im Mondraum führte sie komplexe wissenschaftliche Untersuchungen durch, darunter Mondaufnahmen aus Entfernungen von etwa 11 000 bzw. 3 300 km. Auf dem Rückflug zur Erde wurden Bahnkorrekturen vorgenommen, die den präzisen Einflug in den Eintrittskorridor sicherten. Die Abstiegsbahn von etwa 9 000 km Länge bestand aus dem ersten Eintauchabschnitt, indem die Geschwindigkeit bis zu 7,6 km/sec abfüel, dem außeratmosphärischen Flugabschnitt in der ballistischen Bahn und dem zweiten Eintauchabschnitt, in dem die Hauptbremsung bis zu einer Geschwindigkeit von etwa 200 m/sec erfolgt. Zur Steuerung in der Abstiegbahn diente die Auftriebsregelung durch Neigungsänderung der Landekapsel. Am 17. November landete die Landekapsel in der vorgegebenen Gegend der Sowietunion.

Flugschema und -programm für Sonde 7 (Starttag 8. August 1969) waren die gleichen wie für Sonde 6. Am 11. August umkreiste Sonde 7 den Mond und landete am 14. August südlich der Stadt Kustanai nach

Ausführung des Programms mit mehrfarbigen Mond- und Erdeaufnahmen, die aus verschiedenen Entfernungen geschossen worden waren. Mit den Sonden 5 bis 7 konnten großzügige biologische Experimente angestellt werden.

Schließlich kreiste am 24. Oktober 1970 Sonde 8 in einer Entfernung von 1 120 km um den Mond. Im Hochgebirgsobservatorium des Staatlichen Astronomischen Sternberg-Instituts im Sailijski-Alatau gelang mit Hilfe einer Bildfernsehapparatur eine Aufnahme der Sonde 8 über 348 000 km Entfernung. Die Landekapsel wasserte am 27. Oktober im Zielgebiet des Indischen Ozeans, 730 km südöstlich der Inselgruppe Chagos. Auf diesem Flug wurde eine Variante der Rückführung des Raumflugkörpers aus der Richtung der nördlichen Hemisphäre zur Erde erprobt.

Parallel zur Mondforschung werden in der UdSSR Flüge von automatischen Sonden zu unseren Nachbarplaneten im All — Venus und Mars —

unternommen.

Die Flüge automatischer Raumstationen mit wissenschaftlichen Geräten zur Venus begannen am 12. Februar 1961, als zum erstenmal von einem schweren (6,5 t) künstlichen Erdsatelliten die Planetensonde Venus 1 (Masse 643,5 kg) startete. Sie flog am 19.—20. Mai 1961 in weniger als 100 000 km Entfernung an der Venus vorbei und bewältigte dabei eine Strecke von 270 Mill. km. So entstand der zweite künstliche Sonnensatellit.

Die am 12. November 1962 eingesetzte Venus 2 mit einem Gewicht von 963 kg passierte am 27. Februar 1966 in einer Entfernung von 24 000 km die Venus und schlug eine heliozentrische Umlaufbahn ein.

Die am 16. November 1965 emporgeschickte Venus 3 (Masse 960 kg) trug eine kugelförmige Landekapsel von 900 mm Durchmesser, mit einer wärmeschützenden Schicht gegen Erhitzung beim Bremsvorgang in der Venusatmosphäre und Landefallschirm. Während des Fluges wurde 63mal Funkverbindung aufgenommen und eine Bahnkorrektur durchgeführt, die das Auftreffen auf der Venus sicherte. Nach dreieinhalbmonatigem Flug erreichte Venus 3 am 1. März 1966 als erster Raumflugkörper der Welt die Venus und brachte auf ihre Oberfläche einen sphärischen Wimpel mit dem Staatswappen der UdSSR.

Beim Anflug an den Planeten wurde die Funkverbindung mit diesen Raumstationen unterbrochen, so daß das Testprogramm nicht vollständig erledigt werden konnte.

Am 12. Juni 1967 stieg Venus 4 auf (Masse 1 106 km). 114 Funkkontakte fanden unterwegs statt, bei denen wissenschaftliche Informationen übermittelt wurden. In einer Entfernung von 12 Mill. km von der Erde wurde eine Bahnkorrektur vorgenommen, die die Landung am Ziel bezweckte. Am 18. Oktober 1967 tauchte die Sonde nach Zurücklegung von etwa 350 Mill. km mit Entweichgeschwindigkeit in die Venusatmosphäre ein. Von der Station trennte sich das Landegerät mit 2 Dezimeterwellensendern, einem Telemetriesystem, wissenschaftlicher Apparatur, einem Funkhöhenmesser, einem Temperaturregelungssystem und Energiequellen.

Nach der aerodynamischen Bremsung verminderte sich die Geschwindigkeit der Planetensonde von 10,7 km/sec bis zu 300 m/sec; daraufhin wurde das Fallschirmsystem eingesetzt. Im Laufe des 1,5 Stunden währenden Niedergangs mit dem Fallschirm auf der Nachtseite des Planeten wurden Druck, Dichte, Temperatur und chemische Zusammensetzung der Venusatmosphäre gemessen. Die 383 kg schwere Landekapsel brachte einen zweiten Wimpel mit dem Wappen der Sowjetunion auf die Venus. Die von der Erde gestartete Sonde konnte zum ersten Male einen allmählichen Niedergang in der Atmosphäre eines fremden Planeten vollbringen und Kenndaten über die Venusatmosphäre im Druckbereich von 0,5 bis 18 atm zur Erde übermitteln.

Venus 5 wurde am 5. Januar und Venus 6 am 10. Januar 1969 gestartet. Beide Sonden mit je 1130 kg Gewicht waren mit Landekapseln erhöhter Stabilität (Masse je 405 kg) versehen und hatten einen umfangreicheren Satz von wissenschaftlichen Apparaten und Meßgeräten zur weiteren Erforschung des interplanetaren Raums und der Venusatmosphäre Bord. In den Landekapseln befanden sich Wimpel mit dem Wappen der Sowjetunion und einem Flachrelief W. I. Lenins. Während des Fluges fanden regelmäßige Funkverbindungen statt und wurden wissenschaftliche Informationen empfangen. Nach der Bahnkorrektur in 15,5-15,7 Mill. km Entfernung von der Erde erreichten die Sonden am 16. bzw. 17 Mai 1969 die Venus; die Landekapseln mit wissenschaftlichen Geräten trennten sich automatisch von den Flugkörpern und verringerten infolge der aerodynamischen Bremsung in der Atmosphäre des Planeten ihre Geschwindigkeit von 11.17 km/sec auf 210 m/sec; anschließend traten schirmsysteme in Funktion, und die Landekapseln vollführten im Laufe von 51-53 min den allmählichen Niedergang in der Atmosphäre auf der Nachtseite des Planeten. Der Doppelflug der Raumstationen gewährleistete umfangreichere Informationen, darunter präzisierte Angaben über die Venusatmosphäre in einem Druckbereich von 0,5 bis 27 atm, d. h. bis zu tieferen Atmosphärenschichten, als dies mit der Venus 4 möglich gewesen war.

Die am 17. August 1970 abgeschossene Venus 7 traf am 15. Dezember desselben Jahres auf dem Zielplaneten ein. Unterwegs wurden zu der automatischen Station (Masse 1 180 kg) 124 Funkkontakte hergestellt. Nach der Trennung und der aerodynamischen Bremsung begann die Fallschirmlandung des zusätzlich verstärkten Landegeräts, wobei es 35 Minuten lang Funksignale sendete. Das war die erste weiche Venuslandung, bei der wertvolle wissenschaftliche Messungen bis unmittelbar an die Oberfläche des Planeten durchgeführt werden konnten, wo der Atmosphärendruck 90 atm und die Temperatur etwa 470 °C ausmachen.

Nach einem viermonatigen Flug (Starttag 27. März 1972) und einem Weg von über 300 Mill. km langte Venus 8 am 22. Juli 1972 auf dem Planeten an. Die Landkapsel unternahm zum erstenmal einen allmählichen Abstieg in der Atmosphäre auf der beleuchteten Venusseite und setzte auf deren Oberfläche weich auf. Beim Abstieg des Geräts in der Atmosphäre

und während 50 Minuten Arbeit an der glühend heißen Venusoberfläche wurden wertvolle Informationen über die Eigenschaften der Atmosphäre auf der Tagesseite des Planeten (Helligkeit, Temperatur, Druck) und über die Struktur seiner oberen Gesteinsschicht zur Erde übermittelt.

Dieser Flug fiel in das Jubiläumsjahr der UdSSR. Aus Anlaß des 50. Jahrestags ihrer Bildung wurde mit Venus 8 ein Wimpel mit einem Flachrelief des Begründers des Sowjetstaates, Wladimir Iljitsch Lenin, und dem

Staatswappen der Sowjetunion auf den Planeten gebracht.

Den Auftakt zu den Marsflügen gab am 1. November 1962 der Start von Mars 1 (Masse 893,5 kg). Der wechselseitige Funkverkehr zu dieser Sonde wickelte sich in 61 Funkkontakten auf Entfernungen bis zu 106 Mill. km ab. Die Station übermittelte wertvolle Informationen über das Medium in der interplanetaren Flugbahn, umkreiste am 19. Juni 1963 den Mars und steuerte in eine heliozentrische Umlaufbahn (Perihel etwa 148 Mill. km, Aphel etwa 250 Mill. km) ein.

Die 4650 kg schwere Planetensonde Mars 2 startete am 19. Mai 1971 und bewältigte in 192 Tagen 470 Mill. km bis zum roten Planeten. Zum erstenmal wurde die Oberfläche des Mars durch das Landegerät dieser automatischen Station erreicht, die am 27. November 1971 die Umlaufbahn eines künstlichen Marssatelliten einschlug, Mars 3 mit dem gleichen Gewicht trat die Reise am 28. Mai 1971 an, und am 2. Dezember tauchte ihr Landegerät in die Atmosphäre des Planeten ein und landete zum erstenmal an einem Fallschirm weich auf der Marsoberfläche. Die Planetensonde selbst verwandelte sich in einen künstlichen Mars-Satelliten. Die Landung vollzog sich an der südlichen Marshemisphäre zwischen den Gebieten Electris und Phaethontis. Die Funksignale von dem gelandeten Gerät wurden über den Satelliten Mars 3 zur Erde ausgestrahlt, verebbten aber bald wieder.

Die Erforschung der Atmosphäre, der Marsoberfläche und des marsnahen Raums mittels Fotographie- und Bildübertragungsanlage und durch einen Satz von wissenschaftlichen Geräten an Bord der künstlichen Satelliten Mars 2 und Mars 3 bereicherte die Wissenschaft.

Gleichzeitig mit der Entwicklung der automatischen interplanetaren Raumflugkörper wurde in der UdSSR emsig an der Schaffung von schweren rückführbaren Raumschiff-Satelliten und entsprechenden leistungsstarken Trägerraketen gearbeitet. Zunächst handelte es sich um automatisch gesteuerte Raumschiff-Satelliten mit verschiedenartigen Geräten und Anlagen, die zwei Versuchshunde und zahlreiche andere biologische Objekte sowie eine Kosmonauten-Modellpuppe an Bord hatten.

Vom 15. Mai 1960 bis zum 25. März 1961 wurden fünf solche Raumschiff-Satelliten (je 4 540—4 700 kg Masse) in eine Erdumlaufbahn eingeschossen. Beim Abstieg wurden die Behälter mit Hunden — Belka, Strelka, Tschernuschka, Swjesdotschka — und anderen Objekten herauskatapultiert und mit Fallschirmen im Zielgebiet auf dem Festland abgesetzt.

Auf diese Weise gelang es, einen Flugapparat für bemannte Raumflüge zu schaffen und die zahlreichen dazu erforderlichen Systeme zu entwikkeln, beispielsweise für Lebenserhaltung und Sicherheit des Kosmonauten in der Kabine, für die Mehrkanal-Funkverbindung, Einrichtungen für Bahnvermessung, für Bildübertragungs- und Fernmeßinformation, die Systeme für Stabilisierung und Fluglageregelung der Kabine, die Bremstriebwerkanlage, die Anlage für die weiche Landung.

Eine Spitzenleistung der sowjetischen Raumraketentechnik bildete der Flug des Raumschiff-Satelliten Wostok mit einem Menschen an Bord am 12. April 1961. Erster Raumschiffpilot der Welt war der Staatsangehörige der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken Major Juri Gagarin. Der Kosmonaut umkreiste in einer elliptischen Bahn die Erde und landete nach restloser Ausführung des Programms am Anfang der zweiten Erdumrundung wohlbehalten im vorbestimmten Gebiet der Sowjetunion. Zur Erinnerung an diese hervorragende Leistung wurde an der Landestelle unweit des Dorfes Smelowka, Rayon Ternowski, Gebiet Saratow, ein Obelisk errichtet.

In Würdigung des bahnbrechenden Raumfluges eines Sowjetmenschen verordnete das Präsidium des Obersten Sowjets der UdSSR, den 12. April als Tag der Kosmonautik zu feiern.

Auf Beschluß der Internationalen Vereinigung für Luftfahrt und Flugwesen (FAI) ist der 12. April seit 1968 Welttag der Luft- und Raumfahrt.

Eine neue Ära in der Geschichte der Menschheit begann: die Ära des direkten Vorstoßes des Menschen in den Weltraum. 8 sowjetische Raumschiffe der Reihen Wostok und Woßchod mit Ein-, Zwei- und Dreimannbesatzung brachten 1961—1965 insgesamt 11 Kosmonauten in Erdumlaufbahnen. Ihre Namen sind auf immer in die Geschichte der Weltraumfahrt eingegangen.

Diese 11 ruhmreichen sowjetischen Helden trugen jeder mit ihren Pionierleistungen zur Erschließung des erdnahen Raums bei.

- J. A. Gagarin. Der erste Mensch, der die Erdgravitationsmauer durchbrach und in einer Raumflugbahn in 327 km Höhe einen vollen Kreis um die Erde zog.
- G. S. Titow. Der erste Mensch, der einen Tag und eine Nacht mit kosmischer Geschwindigkeit um die Erde flog. Er startete am 6. August 1961 mit Wostok 2.
- A. G. Nikolajew. Pionier im Viertageflug im erdnahen Raum wurde am 11. August 1962 mit Wostok 3 in die Umlaufbahn gebracht. P. R. Popowitsch (Wostok 4) vollführte mit A. G. Nikolajew im Laufe von drei Tagen mit dem Raumschiff den ersten dreitägigen Gruppenflug. Dabei bestand Funkverbindung zwischen den Raumschiffen und mit der Erde. Zur Erde wurden erstmalig Fernsehbilder der Kosmonauten ausgestrahlt, die durch das Fernsehnetz der UdSSR und durch Intervision übertragen wurden. Das war der Auftakt zum Raumfernsehen.
- V. F. Bykowski führte zum erstenmal mit Wostok 5 einen 5tägigen Raumflug (14.—19. Juni 1963) aus.
  - W. W. Tereschkowa unternahm als erste Frau mit Wostok 6 im Laufe

von drei Tagen (16.—19. Juni 1963) einen Gruppenflug mit V. F. Bykowski.

- W. M. Komarow, K. P. Feoktistow und B. B. Jegorow. Ruhmvolles Trio von einem Raumflieger und zwei Wissenschaftlern im ersten dreisitzigen Raumschiff Woßchod. Stellten (zum erstenmal ohne Raumanzüge) während eines 24stündigen Flugunternehmens in Höhen bis zu 408 km in einer Erdumlaufbahn wertvolle Experimente an (12.—13. Oktober 1964).
- P. I. Beljajew und A. A. Leonow. Besatzung des ersten zweisitzigen Raumschiffes Woßchod 2, machte sich einen Namen mit einer beispiellosen Pioniertat in der Erdumlaufbahn (Höhe bis zu 498 km): dem Ausstieg eines Kosmonauten aus dem Raumschiff in den freien Weltraum (18.—19. März 1965). Dieser Wagemutige war A. A. Leonow, der im Raumanzug mit unabhängigem Lebenserhaltungssystem durch eine Schleuse in den Weltraum hinaustrat. Dabei entfernte er sich etwa 5 m vom Raumschiff. Obwohl der Aufenthalt außerhalb des Raumschiffes nur 20 Minuten dauerte (außerhalb der Schleuse 12 min), wurde damit bewiesen, daß der Mensch, nur durch einen elastischen Raumanzug geschützt, im freien Weltraum verweilen und arbeiten kann. Der Ausstieg und der Aufenthalt Leonows außerhalb des Raumschiffes wurden durch außer Bord am Raumschiff und im Schleusenabteil angebrachte Filmkameras aufgenommen. Die Landung von Woßchod 2 auf der Erde wurde mit Handsteuerung vollzogen.

Jeder der 11 Kosmonauten erschloß das kosmische Neuland in der Aufgabenstellung, jeder schuf zugleich aber ein Beispiel für die nächsten.

Das Zentrum für Kosmonautenausbildung im Sternstädtchen bewältigte die ihm auferlegten komplizierten und verantwortungsvollen Aufgaben glänzend. Die für den bemannten Flug ausgelegten Raumschiff-Satelliten Wostok (Masse 4,7 t) und Woßchod (Masse 5,3 t) werden von den Piloten einwandfrei beherrscht.

Das Raumschiff Wostok besitzt ein sphärisches Landegerät, das gleichzeitig als Kosmonautenkabine dient, und eine Gerätezelle mit bordeigenen Apparaten und einem von A. M. Issajew entwickelten Bremstriebwerk. Die Masse des Raumschiffs mit Endstufe der Trägerrakete beträgt 6,17 t, die Länge 7,35 m, die Masse ohne Endstufe 4,73 t, die Masse des Landegeräts 2,4 t, sein Durchmesser 2,3 m. Der Kosmonaut im Raumanzug befindet sich in einem Katapultsitz, die Schiffsteuerung erfolgt automatisch oder von Hand. Das Lebenserhaltungssystem ist für 10 Tage berechnet; während des Fluges wird eine ununterbrochene Funkverbindung mit der Erde unterhalten. Für das Abstiegsmanöver des Raumschiffes wird die Bremstriebwerke in Gang gesetzt, das die Geschwindigkeit bis zum Übergang in die Abstiegsbahn vermindert; daraufhin trennt sich das Landegerät vom Raumschiff. Nach der Bremsung des Landegeräts in der Atmosphäre wird der Kosmonaut in einer Höhe von 7 km aus der Kabine geschleudert, und er geht an einem Fallschirm nieder.

Aufbau und Ausrüstung des Raumschiffs Woßchod unterscheiden sich

von denen der Wostok-Reihe. Ein System für weiche Landung, ein Reservebremstriebwerk, ein neuartiges Instrumentarium (zusätzliches Orientierungssystem mit Ionengebern, verbesserte Bildübertragungs- und funktechnische Apparatur u. a. m.) gehörten zur Woßchod-Bestückung.

Den Einschuß von automatischen künstlichen Satelliten, Raumsonden und steuerbaren Raumschiffen in Raumflugbahnen besorgen in der UdSSR leistungsstarke Trägerraketen, die laufend vervollkommnet werden.

1957 erfuhr die Menschheit von erfolgreichen Flügen der ersten Interkontinentalrakete der Erde. Diese Rakete wurde in der UdSSR zu friedlichen Zwecken, für das Wohl des Menschen eingesetzt. Gerade diese zweistufige Rakete mit 5 Triebwerken brachte 1957—1958 die ersten 3 künstlichen Erdsatelliten in ihre Bahnen. Diese Sputnikflüge versetzten die Welt in Erstaunen.

Noch stärkere, dreistufige Trägerraketen von 38 m Höhe und 10,3 m Maximaldurchmesser an den Stabilisierungsflossen beförderten die Raumschiff-Satelliten der glorreichen Wostok-Familie in den erdnahen Raum. Diese mit Sauerstoff-Kerosin-Treibstoff arbeitende Rakete hat eine Längsteilung der Stufen I und II und eine Querteilung in die Stufen II und III. Stufe I besteht aus vier 19 m langen Seitenblöcken von 3 m Durchmesser mit je einem Triebwerk RD-107. Stufe II stellt einen 28 m langen Mittelblock der Rakete mit einem Durchmesser bis zu 2,95 m dar; als Triebwerk dient RD-108. Länge und Durchmesser der Stufe III betragen 10 bzw. 2,58 m. Ihr Block hat ein Einkammer-Raketentriebwerk mit 4 Steuerdüsen. Die aus 6 Triebwerken bestehende Antriebsanlage dieser Rakete vermittelt stufenweise einen Gesamthöchstschub von 600 t und eine maximale Gesamtnutzleistung im Flug von 20 Mill. PS.

Maßgeblich für die Verwirklichung von Weltraumflügen sind der Entwicklungsstand der Raketentriebwerke und die Aufbaudaten der Rakete. Die von der Rakete gewonnene Geschwindigkeit wird in erster Linie nach energetischen Kenndaten des Triebwerks bestimmt.

Als Hauptkennwert für die Vollkommenheit und Effektivität eines Raketentriebwerks gilt der spezifische Impuls. Der spezifische Impuls des Triebwerks RD-107 der ersten Stufe der seit 1957 eingesetzten Trägerrakete Wostok ist im luftleeren Raum um fast 30 Einheiten größer als der spezifische Impuls des verbesserten amerikanischen Triebwerks H-I derselben Schubklasse, das ebenfalls mit Sauerstoff-Kerosin-Treibstoff arbeitet und seit 1966 mit der ersten Stufe der Rakete Saturn IB eingesetzt wird.

Der spezifische Impuls des bereits seit mehr als 15 Jahre eingesetzten Triebwerks RD-107 beträgt im luftleeren Raum 314 sec bei einem Schub von 102 t. Die durch eine gemeinsame Turbopumpe gespeisten schwenkbaren Lenkkammern vermindern den spezifischen Impuls lediglich um 1 sec.

Bedeutend höhere Kenndaten weisen die Raketentriebwerke auf, die in der UdSSR in der Folgezeit entwickelt wurden. Der starke spezifische Impuls der Triebwerke der sowjetischen Trägerraketen gab die Möglichkeit, riesige Leistungen bei relativ gemäßigtem Treibstoffverbrauch zu erzielen. Die Entwicklung solcher Triebwerke gehört zu den wichtigsten Errungenschaften, dank denen die Erfolge der Sowjetunion in der Erschließung des Weltraums gesichert wird.

Die Verbindung einer ausgereiften Triebwerkkonstruktion, perfekter Steuerungssysteme und eines Komplexes von hochentwickelten Bodenstartanlagen war eine Voraussetzung für die Schaffung vielseitig verwendbarer Trägerraketen und für deren großzügigen Einsatz zur Erschließung des Weltraums. Die schubstärkere Trägerrakete wurde für den Abschuß der Raumschiffe Woßchod und Sojus benutzt. Kompliziertere vierstufige Abwandlungen der Trägerrakete Wostok brachten die automatischen Stationen Luna 4—14, Mars 1, Venus 1—8 in ihre Flugbahnen.

Die in den ersten Stufen aller Trägerraketen sowie in den zweiten Stufen der meisten von ihnen eingebauten leistungsstarken Triebwerke wurden im GDL-OKB entwickelt. Grundtriebwerke in automatischen interplanetaren Stationen und bemannten Raumschiffen wurden von A. M. Issajew in dem unter seiner Leitung stehenden Konstruktionsbüro ausgearbeitet.

A. M. Issajew (1908—1971) arbeitete ab 1934 in der Flugzeugindustrie und gehörte zu den Schöpfern des Raketenflugzeugs BI-1 (siehe S. 20). 1942 ging er an die Entwicklung von Flüssigkeitstriebwerken, und seit 1944 stand er an der Spitze des Versuchs-Konstruktionsbüros, das eine Reihe von Triebwerken für die Raketen- und Raumfahrttechnik hervorbrachte. Issajew war einer der Pioniere des Raketentriebwerkbaus.

Die Triebwerke für die Oberstufen vieler Trägerraketen entwickelte S. A. Kosberg (1903—1965), der 1954 an Flüssigkeitstriebwerken zu arbeiten begonnen hatte.

Eine bedeutende Rolle in der Erschließung des Weltraums spielte S. P. Koroljow (1906—1966), der hervorragende Konstrukteur der ersten Raumschiffe der Welt, interkontinentalen Raketen und Raketen für die Raumfahrt. Diese Raketen wurden von ihm im Zusammenwirken mit den Chefkonstrukteuren der Triebwerke, der Steuerungssysteme, des Bodenausrüstungskomplexes und anderer Bord- und Bodensysteme ausgearbeitet.

Dank der Zusammenarbeit der von ihnen geleiteten Versuchs-Konstruktionsbüros konnten in Gemeinschaft mit verschiedenen Forschungsinstituten der Industrie und der Akademie der Wissenschaften der UdSSR zahlreiche Muster der Raketen- und Raumfahrttechnik entwickelt und in die Produktion übergeleitet werden.

Eine von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gestiftete Ziolkowski-Goldmedaille mit den ehrenden Worten "Für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet des interplanetaren Verkehrs" wurde 1958 zum erstenmal dem Chefkonstrukteur für Raketen und Raumschiffe überreicht, die zweite wurde an den Chefkonstrukteur für Raketentriebwerke und die dritte an den Chefkonstrukteur für Raketensteuerungssysteme verliehen. Ziolkowski-Medaillen erhielten außerdem die sowjetischen Kosmonauten sowie der Theoretiker der Kosmonautik M. W. Keldysch für seinen her-

vorragenden Beitrag zur wissenschaftlichen Erarbeitung von Problemen, die die Erforschung und Erschließung des Weltraums betreffen.

Die Raumraketensysteme, deren Entwicklung von S. P. Koroljow geleitet wurde, ermöglichten zum erstenmal in der Geschichte den Start künstlicher Erd- und Sonnensatelliten, die Flüge von elf sowjetischen Kosmonauten mit den Raumschiff-Satelliten Wostok und Woßchod, die Raumflüge erster automatischer Stationen zum Mond, zur Venus und zum Mars sowie die weiche Mondlandung. Unter Koroljows Leitung entstanden künstliche Erdsatelliten der Elektron- und der Molnija-1-Reihen, zahlreiche Sputniks der Kosmos-Reihe, die ersten Raumflugkörper der Sonde-Reihe zur Untersuchung des interplanetaren Raums.

Vor 15 Jahren rief die Entwicklung der Raketentechnik und der Raumfahrt neue Teams ins Leben, an deren Spitze andere Chefkonstrukteure für Raketen und Raumschiffe, für Triebwerke, für Steuerungs- und für Startsysteme traten. Das erhöhte nicht nur das sowjetische wissenschaftlich-technische Potential im Bereich Raketenbau/Raumfahrt, sondern gab auch die Möglichkeit, mehrere Richtungen in der Entwicklung der Raketensysteme mit größerer Objektivität zu erfassen und die Wege zu optimalen Problemlösungen kritisch zu wählen. Diese Kollektive schufen mehrere vorzügliche Interkontinentalraketen, Trägerraketen und Raumflugkörper. So entstanden zahlreiche Satelliten der Kosmos-Serie, Mondroboter und Mondsatelliten Luna 15 bis 21 sowie die interplanetaren Raumstationen Venus 2 bis 8, Mars 2 bis 3, manövrierfähige automatische Raumschiffe Poljot, mächtige Raumfahrtraketensysteme Proton und andere Neuentwicklungen.

M. K. Jangel (1911—1971) war einer der bedeutendsten Konstrukteure, die in der Sowjetunion auf dem Gebiet der Raketen- und Raumfahrttechnik tätig sind. Das von ihm geschaffene Kollektiv leistete in Zusammenarbeit mit den unter Leitung anderer Chefkonstrukteure stehenden Arbeitsgemeinschaften — für Triebwerke, Steuerungssysteme und Startkomplexe — einen unschätzbaren Beitrag zur Raketen- und Raumfahrttechnik und zur Erforschung des erdnahen Weltraums.

G. N. Babakin (1914–1971) war ein namhafter Konstrukteur und Wissenschaftler der Raumfahrttechnik. In Weiterführung von S. P. Koroljow begonnener Arbeiten konnte er verschiedene Mond- und Planetensonden schaffen.

Einen besonders breiten Fächer an Raumforschungsapparaten in Bauweise und Bestimmung bietet die Kosmos-Serie, in deren Rahmen seit 16. März 1962 regelmäßig Raumflugkörper in verschiedene Erdsatellitenbahnen gestartet werden. Zur Durchführung ihres umfangreichen Programms werden verschiedene Typen von zwei- bis vierstufigen Trägerraketen unterschiedlicher Tragfähigkeit (von einigen Hundert Kilogramm bis zu Dutzenden Tonnen) von verschiedenen Startplätzen der UdSSR aufgelassen.

Als erster Vertreter dieser Trägerraketenserie gilt die zweistufige Rakete Kosmos mit einer Länge von 30 m und einem Durchmesser von 1,65 m, die seit dem 16. März 1962 erfolgreich eingesetzt wird. Seit dem 14. Okto-

ber 1969 bringen solche Trägerraketen Erdsatelliten der Interkosmos-Reihe in Umlaufbahnen. Die erste Stufe hat ein Triebwerk RD-214 mit einem Schub von 74 t, das mit salpetersaurem Oxydator und Kohlenwasserstoff-Brennstoff gespeist wird. Die Endstufe besitzt ein Triebwerk der Bauart RD-119 mit einem Schub von 11 t, das mit flüssigem Sauerstoff und unsymmetrischem Dimethylhydrazin betrieben wird. Die Sputnikkapsel befindet sich an der Endstufe unter einer Schutzhaube, die im Antriebsabschnitt nach dem Passieren der dichten Atmosphärenschichten abgeworfen wird. Am Ende des Antriebsabschnitts vollzieht sich die Trennung des Satelliten von der Endstufe.

Das Triebwerk RD-214 entwickelt den größten Schub und den stärksten spezifischen Impuls (im luftleeren Raum 264 sec) unter sämtlichen bekannten Triebwerken dieser Klasse, die mit Salpetersäure als Oxydationsmittel und Kohlenwasserstoff als Brennstoff arbeiten. Dieses Triebwerk wurde auf einer Vorläuferin der Rakete Kosmos installiert und ist seit 1957 in Aktion, es gehört zu den Frühentwicklungen des GDL-OKB (1952—1957).

Das 1958—1962 entwickelte Triebwerk RD-119 der zweiten Stufe dieser Rakete ist hauptsächlich aus Titan verfertigt und verbraucht im Einkomponent-Gasgenerator einen Grundtreibstoff. Es erreicht mit 352 sec den größten spezifischen Impuls (im luftleeren Raum) unter den Sauerstoff-Raketentriebwerken, die einen hochsiedenden Brennstoff verwenden.

In Einklang mit dem Kosmos-Programm wurden vom 16. März 1962 bis zum 1. Juli 1973 576 wissenschaftliche Raumflugkörper in Erdumlaufbahnen gebracht.

Das umfangreiche Forschungsprogramm der Satelliten der Kosmos-Reihe beinhaltet vorwiegend Untersuchungen der Außenschicht der Erdatmosphäre, des erdnahen Raums sowie die Perfektionierung vieler Konstruktionselemente. Bedeutende Aufmerksamkeit nehmen auch medizinischbiologische Untersuchungen in Anspruch. Das wissenschaftliche Programm sieht vor: die Untersuchung der Konzentrationen geladener Teilchen, der Korpuskularströme, der Funkwellenausbreitung, des Strahlungsgürtels der Erde, der Höhenstrahlung, des Magnetfeldes der Erde, der Sonnenstrahlung, der Meteoritensubstanz, der Wolkensysteme in der Erdatmosphäre, der Einwirkung kosmischer Faktoren; die Lösung technischer Raumflugproblemen (Rendezvousunternehmen, Eintauchen der Raumflugkörper in die Atmosphäre, Fluglageregelung im Weltraum, Lebenserhaltung, Strahlenschutz) sowie die Vervollkommnung vieler Bauteile und Bordsysteme der Raumflugkörper.

Die Umlaufbahnen der Kosmos-Satelliten liegen in den Höhenbereichen zwischen 145 km und 60 600 km (Kosmos 260); etliche Satelliten wurden mit einer Trägerrakete zugleich emporgeschossen, zum Beispiel Kosmos 38—40, Kosmos 71—75, Kosmos 336—343, Kosmos 411—418, Kosmos 444—451, Kosmos 504—511, Kosmos 528—535, Kosmos 564—571. Die Kosmos-Satelliten unterscheiden sich im Aufbau und im Haupt- und Forschungsinstrumentarium; viele von ihnen sind mit einem Sonnen- bzw.

Erdorientierungssystem ausgestattet (einige mit einem aerodynamischen Fluglageregelungssystem); die Energiespeisung der Bordgeräte erfolgt durch Sonnenbatterien und chemische Stromquellen (getestet wurde auch der Betrieb von Systemen mit Isotopengeneratoren); die wissenschaftlichen Werte und Meßdaten werden über mehrkanaltelemetrische Systeme, mit bordeigenen Speicherwerken zur Erde abgestrahlt. Einige Satelliten besitzen Landegeräte zur Rückführung der wissenschaftlichen Geräte und Versuchsobjekte auf unseren Planeten (Kosmos 110, Kosmos 186, Kosmos 188 u. a.). Eine Reihe von Satelliten ist in Aufbau und Bestand der Hauptbordsysteme vereinheitlicht, so daß die Bestückung mit wissenschaftlichen Apparaten für verschiedene Sputnikmodifikationen verhältnismäßig leicht variiert werden kann. Mit den ersten Satelliten der Kosmos-Reihe - Kosmos 1 und 2 — wurde die Struktur der Ionosphäre im Funkverfahren untersucht. Kosmos 3 und 5 waren automatische geophysikalische Raumstationen, Mit Kosmos 4 wurden insbesondere Strahlenmessungen während und nach der amerikanischen Kernexplosion im Weltraum (Starfish-Programm) vorgenommen. Die Kosmos-Messungen (mit Kosmos 7) schufen die Möglichkeit, die Strahlensicherheit beim Flug der Raumschiffe Wostok 3 und 4 zu gewährleisten. Mit Kosmos 26 wurde das geomagnetische Feld untersucht. Kosmos 97 hatte einen molekularen Ouantengenerator an Bord. dessen Erprobung für die Weltraum-Funkfernverbindungssysteme wichtig ist.

Vom 22. Februar bis zum 16. März 1966 befand sich der biologische Sputnik Kosmos 110 mit zwei Versuchshunden, verschiedenen biologischen Objekten und wissenschaftlichen Geräten in einer geozentrischen Umlaufbahn. Die Apogäumshöhe (904 km) gestattete den Verbleib des Raumflugkörpers im Bereich des Strahlungsgürtels der Erde. Nach dem 22tägigen Flug landete der Satellit bei der 330. Erdumkreisung wohlbehalten im Zielgebiet. Das erfolgreiche medizinisch-biologische Experiment bereicherte unser Wissen von der Wirkung intensiver Strahlungen im erdnahen Raum und langer Schwerlosigkeit auf den Funktionszustand des lebendigen Organismus.

Mit Kosmos 122 wurden Geräte für meteorologische Beobachtungen experimentell geprüft. Kosmos 144, Kosmos 156, Kosmos 184, Kosmos 206 und andere Wettersatelliten des Systems Meteor dienen zur Gewinnung meteorologischer Daten für den Wetterdienst.

Beim Doppelflug der Satelliten Kosmos 186 und Kosmos 188 am 30. Oktober 1967 wurden erstmalig in der Geschichte Annäherungs- und Koppelungsmanöver vorgenommen; nach der Entkoppelung flogen die Satelliten selbständig weiter und gingen im Gebiet der UdSSR nieder. Am 15. April 1968 gelang beim Doppelflug von Kosmos 212 und Kosmos 213 die automatische Koppelung in der Umlaufbahn. Beide Satelliten landeten ebenfalls auf dem Territorium der UdSSR. Der am 20. Dezember 1968 aufgelassene Satellit Kosmos 261 wurde zur wissenschaftlichen Untersuchung der Hochatmosphäre der Erde und der Beschaffenheit des Polarlichts eingesetzt. An diesem Experiment beteiligten sich Forschungsinstitute und

Sternwarten der Volksrepublik Bulgarien, der Ungarischen Volksrepublik, der Deutschen Demokratischen Republik, der Volksrepublik Polen, der Sozialistischen Republik Rumänien, der UdSSR und der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik.

Mit künstlichen Erdsatelliten verschiedener Zweckbestimmung (Nachrichtenverkehr, Wetterdienst, Navigation, Geodäsie, Geophysik, Astronomie, Erforschung der Erdressourcen und andere Spezialbereiche) bieten sich umfassende neue Möglichkeiten für die Lösung von volkswirtschaftlichen Aufgaben.

Zwei wissenschaftliche Stationen Elektron 1 und Elektron 2 wurden im Januar 1964 als ein System mit einer Trägerrakete in verschiedene Umlaufbahnen mit Apogäumshöhen von 7 000 bzw. 70 000 km emporgeschickt. Im Juli 1964 wurde das Experiment mit Elektron 3 und Elektron 4 wiederholt. Diese Systeme verrichteten einen Komplex von Untersuchungen: des Strahlungsgürtels der Erde, der Magnetosphäre und der Außenschicht der Erdatmosphäre, der Sonnenstrahlung, ferner Galaxien und der Höhenstrahlung.

Die 1965-1973 in Bahnen mit einer Umlaufzeit von 12 Stunden, einer Apogäumshöhe von etwa 40 000 km über der nördlichen Halbkugel und einer Perigäumshöhe bis 500 km eingeschossenen Nachrichtensatelliten Molnija 1 gewährleisteten eine aktive Übertragung von Fernsehsendungen sowie einen dopplgerichteten Telegrafen-, Bildtelegrafie- und Fernsprechverkehr über weite Entfernungen (Moskau-Wladiwostok, Murmansk, Archangelsk, Krasnojarsk, Jakutsk, Magadan, Jushno-Sachalinsk, Aschchabad u. a. sowie Moskau-Paris). Diese Satelliten als Bestandteile des Weltraum-Fernfunkverkehrssystems funktionieren im Verein mit den Bodenempfangsstationen Orbita. Jeder der Satelliten ermöglicht täglich 8-10 Stunden Funkverbindung. Molnija 1 verfügt über ein Triebwerk für Bahnkorrekturen zwecks Änderung Kontaktzeiten sowie zur Synchronisierung der gleichzeitigen Bewegung mehrerer Satelliten. Die Leistung der bordeigenen Relaisstation von Molnija 1 (40 W) ist bedeutend größer als die der anderen bekannten Nachrichtensatelliten. Während des Fluges erfolgt die Orientierung der Solarzellen nach der Sonne und der Parabelantenne nach der Erde.

Mit Hilfe der Fernsehanlage an Bord der Satelliten Molnija 1 werden seit Mai 1966 Fernsehbilder der Erde aus Höhen von 30 000 bis 40 000 km übermittelt, die Informationen über die globale Wolkenverteilung liefern. 1967 wurde zum erstenmal ein Farbbild der Erde aus dem Weltraum gewonnen. Bis zum 1. Juli 1973 starteten insgesamt 23 Molnija-1-Serie, die eine regelmäßige Funkverbindung und Fernsehübertragungen im Bereich der UdSSR und anderer Länder gewährleisten.

Zur Weiterentwicklung der Nachrichtensysteme werden seit 24. November 1971 die Satelliten der Molnija-2-Serie mit Relaisfunkapparatur gebracht. Am 5. April 1973 wurden 5 Satelliten Molnija 2 in Erdumlaufbahnen eingeschossen.

Von außerordentlichem praktischem Wert sind die Wettersatelliten, die

regelmäßige meteorologische Informationen einholen, wie sie für die laufende Arbeit des Wetterdienstes, für die Erarbeitung der Theorie der allgemeinen Atmosphärenzirkulation, für die Erarbeitung einer zuverlässigen Methodik zu langfristigen Wettervorhersagen und für den internationalen Verkehr unerläßlich sind.

Zu den sowjetischen Wettersatelliten gehören einige Satelliten der Kosmos-Serie und die Meteor-Satelliten. Einzelne Geräte für die Wettersatelliten wurden 1963—1964 mit Sputniks der Bauart Kosmos 23 vervollkommnet. 1966 wurde Kosmos 122 mit einem Gerätesatz für meteorologische Beobachtungen gebaut und erprobt. Mit dem Start von Kosmos 144 und Kosmos 156 (am 28. Februar und am 27. April 1967) trat das Wetterbeobachtungssystem Meteor in Aktion. Die Umlaufbahnen dieser Satelliten waren kreisähnlich mit einer Höhe von 600—700 km und einer Neigung von 81°. Die Satelliten sind während des Fluges im Bahnkoordinatensystem (die Längsachse richtet sich nach der Vertikale) ständig orientiert. Die Energiespeisung der Bordanlagen erfolgt durch Sonnenbatterien an zwei Flächen, die durch ein Nachführsystem senkrecht zu den Sonnenstrahlen gestellt werden. 1969—1973 flogen 15 Satelliten Meteor in Umlaufbahnen ein.

Die Bestimmungsgrößen der Wettersatellitenbahnen sichern die Wetterbeobachtung in jedem Gebiet in Zeitabständen von 6 Stunden. Die Satelliten verfügen über Fernseh- und Infrarotgeräte zur Registrierung der Wolken-, Schnee- und Eisdecke auf der Tag- und der Nachtseite der Erde, aktionometrische Geräte zur Messung der Strahlungen, die von Erde und Atmosphäre ausgeschickt bzw. reflektiert werden. Zwei Satelliten sammeln binnen 24 Stunden Wetterinformationen von einer Halbkugel der Erde, um sie dann an das Netz von Bodenstationen weiterzuleiten, die mit Registrierungs- und Verwertungsanlagen ausgerüstet und über direkte Kanäle mit dem Hydrometeorologischen Zentrum der UdSSR verbunden sind. Die Auswertung der Informationen erfolgt automatisch innerhalb von etwa 1,5 Stunden. Die dank dem Meteor-System gewonnenen Angaben erhöhen u. a. die Zuverlässigkeit der Wettervorhersagen, ermöglichen die Feststellung starker Zyklone und Taifune im Weltmeer, die Wahl optimaler Fahrwege für die Handels- und die Fischereiflotte, die Bestimmung der Grenzen der Eisdecke in den arktischen Gebieten, einschließlich des Nördlichen Seewegs, und den Erhalt von Auskünften über Gebiete mit stabilen Niederschlägen (für die Landwirtschaft).

Zur Untersuchung mit der Sonnenaktivität zusammenhängender Prozesse und ihres Einflusses auf das interplanetare Medium und die Magnetosphäre der Erde wurden 1972 zwei automatische Stationen Prognos in eine hohe elliptische Erdumlaufbahn (Apogäumshöhe 200 000 km) eingeschossen. 1973 wurden die Forschungen mit Prognos 3 fortgesetzt.

Eine Variation der geophysikalischen und der Höhenforschungsraketen stellen die Wetterraketen dar, die in der UdSSR seit 1949 zur Messung der Temperatur, der Dichte und des Drucks in der Atmosphäre, der höhenunterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und -richtungen regelmäßig

aufsteigen. Die Raketen MR 1 erreichen eine Höhe von 100 km, die Raketen MR 12 — 180 km mit 50 kg wissenschaftlicher Apparatur. Ihr Bugteil beherbergt Wärmeleit- und Membranmanometer, Widerstandsthermometer, Bolometer, ein Funkfernmeßsystem, Speicherbatterien und andere Ausrüstungen. In vorgegebener Höhe trennt sich der Bugteil vom Körper und wird sodann mit einem Fallschirm abgesetzt.

Die zweistufigen Raketen M 100 mit Pulvertriebwerken in jeder Stufe haben ein Startgewicht von 475 kg und steigen mit 15 kg wissenschaftlichen Geräten in eine Höhe von 100 km. Die kleinen meteorologischen Raketen MMR 06 sind einstufige Pulverraketen mit einem Startgewicht von 135 kg und erreichen mit 5 kg wissenschaftlichen Apparaturen eine Höhe von 60 km. Meteorologische Raketen werden vom Territorium der UdSSR wie aus anderen Räumen (Arktis, Antarktis und in Ozeanen) von Bord hydrographischer Schiffen gestartet.

Die Vertikalsondung erfolgt in der UdSSR auch in großen Höhen. Das automatische Ionosphärenlaboratorium Jantar 1 zur Untersuchung des Zusammenwirkens des Rückstrahls eines elektrischen Raketentriebwerks (ERD) mit dem Ionosphärenplasma wurde im Oktober 1966 durch eine geophysikalische Rakete 400 km hoch befördert. Das experimentelle Plasmaionen-ERD wurde in 160 km Höhe eingeschaltet und im weiteren Flug wurden 11 Arbeitszyklen vorgenommen. Die Rückstrahlgeschwindigkeit wurde mit etwa 40 km/sec bemessen. Die hiermit gewonnenen Kennwerte sind sehr wichtig für die Lösung von Problemen des lenkbaren Fluges des Flugkörpers mit elektrischem Raketenantrieb in der Hochatmosphäre in Höhen von 100 km und darüber hinaus.

Am 12. Oktober 1967 wurde zur Erforschung der oberen Atmosphärenschichten, der Ionosphäre der Erde und des erdnahen Raums, namentlich der Strahlungsdosen hinter verschiedenen Schutzmitteln während des Fluges im Strahlungsgürtel eine Raumsonde bis zu einer Höhe von 4 400 km senkrecht gestartet. Um unverzerrte Meßergebnisse zu erhalten, hatte man die Raumstation aus besonderen Werkstoffen gefertigt und die Trägerrakete nach dem Einflug der Station in die vorgegebene Bahn mit Hilfe einer Triebwerkanlage weitab stationiert, so daß das zu untersuchende Medium von ausströmenden Gasen unbeeinflußt blieb. Außer den wissenschaftlichen Geräten verfügte die Raumstation, wie üblich, über ein Funkfernmeßsystem und Funkgeräte zur Bahnmessung.

1963—1964 wurden erfolgreiche Testflüge mit automatischen in Erdumlaufbahnen manövrierenden Raumschiffen Poljot 1 und Poljot 2 durchgeführt. Dabei schaltete man wiederholt die Triebwerke zur Stabilisierung und zum räumlichen Manövrieren der Raumschiffe durch Änderung der Umlaufbahn und der Flughöhe ein.

Ein hervorragender Erfolg in der Entwicklung der sowjetischen Wissenschaft und Technik war die Schaffung des leistungsstarken Raketenraumfahrtsystems Proton (1965). Seine mehrstufige Trägerrakete weist das Mehrfache der Tragfähigkeit der Trägerrakete Wostok auf. Die maxi-

male Gesamtnutzleistung der Triebwerke der Trägerrakete Proton übertrifft mit über 60 Mill. PS 3fach die der Rakete Wostok.

Die Entwicklung des Proton-Systems leitete einen neuen Abschnitt in der Weltraumforschung und -erschließung ein. Dadurch erweitern sich die Möglichkeiten in der Erforschung der Planeten und der anderen Himmelskörper unseres Sonnensystems.

Das Proton-System fußt auf den jüngsten Erkenntnissen der Wissenschaft und Technik und zeichnet sich durch hohe Betriebseigenschaften und Energiekenndaten aus.

Die Kennwerte der Rakete werden sowohl durch die ausgereifte Konstruktion als auch durch die installierten Triebwerke bestimmt. Die Trägerrakete ist mit neuentwickelten, nach einem verbesserten Aufbauschema geschaffenen Hochleistungstriebwerken ausgestattet. Dabei brennt das in der Turbine verarbeitete Generatorgas in der Hauptbrennkammer, wenn es mit der fehlenden Brennstoffkomponente vermengt wird, völlig ab. Es ist klar, daß hierbei praktisch kein Aufwand für den Antrieb des Turbopumpaggregats erforderlich ist. Auf diese Weise wurde es möglich, in der Brennkammer Drücke von Hunderten Atmosphären zu erzielen. Der starke Druck im Triebwerksystem und der hohe Verbrennungsgrad sowie die gleichmäßige Gleichgewichtsausströmung der Verbrennungsprodukte aus den Düsen bei hohem Ausdehnungsverhältnis waren die Voraussetzung für den Bau leistungsstarker Triebwerke mit kleineren Abmessungen und außerordentlich guten Kenndaten.

Die glänzende konstruktionsmäßige Lösung der Rakete als Ganzes, die Schaffung vollkommener Raketentriebwerke, Steuerungssysteme und Startkomplexe bildeten eine große Errungenschaft des sowjetischen Raketenbaus.

1965-1968 wurden die Großsatelliten Proton 1, 2, 3 und 4 in geozentrische Umlaufbahnen gebracht. Mit ihren wissenschaftlichen Geräten dienten sie der Untersuchung der Höhenstrahlen und des Zusammenwirkens von energiereichen und -überreichen Teilchen mit der Substanz. Das Gewicht jedes der 3 ersten Satelliten, die am 16. Juli und 2. November 1965 sowie am 6. Juli 1966 starteten, samt der in der Endstufe der Trägerrakete untergebrachten Ausrüstungen betrug 12,2 t, das Gewicht des wissenschaftlichen Gerätesatzes 3,5 t. Ihre Umlaufbahnen hatten eine Perigäumshöhe von 190 km und eine Apogäumshöhe von etwa 630 km. Zu dem wissenschaftlichen Instrumentarium gehörte ein Ionisationskalorimeter Untersuchung von Teilchen mit Energien bis zu 10<sup>13</sup> eV. Der am 16. November 1968 aufgelassene Satellit Proton 4 war mit einem einzigartigen modernen wissenschaftlichen Gerätesatz versehen, dank dem der erforschbare Energiebereich bis zu 10<sup>15</sup> eV erweitert werden konnte. Das Gewicht des Proton 4 ohne Endstufe der Trägerrakete betrug etwa 17 t, das Gewicht der wissenschaftlichen Apparatur 12,5 t. Die Umlaufbahn hatte eine Perigäumshöhe von 255 km und eine Apogäumshöhe von 495 km. Mit den Satelliten der Proton-Reihe wurden das Energiespektrum und die chemische Zusammensetzung kosmischer Primärstrahlungsteilchen, die Intensität und das Energiespektrum der Gammastrahlen und der aus der Galaxis stammenden Elektronen erforscht.

Die Wissenschaftler erhielten neue Möglichkeiten zu experimentieren, um tiefer in die Geheimnisse der Feinstruktur der sogenannten Elementarteilchen einzudringen sowie Natur und Ursprung der Höhenstrahlung zu entschleiern.

Als überaus aussichtsreich erwiesen sich die mit schweren Satelliten Kosmos 186, Kosmos 188, Kosmos 212 und Kosmos 213 in den Jahren 1967 und 1968 automatisch durchgeführten Rendezvous-, Annäherungs-, Koppelungs-, Verbandsflug- und Entkoppelungsmanöver. Der Gesamtsatz der funktechnischen Apparatur, der Schnellrechner, der automatischen Systeme und der Triebwerkanlagen funktionierte während dieser Experimente einwandfrei.

Das glänzende Experiment zur automatischen Koppelung von Flugkörpern im Weltraum eröffnete weite Perspektiven für die Schaffung von großen Raumstationen, ihre Bedienung und den Zusammenbau von leistungsstarken interplanetaren Raumschiffen in einer Parkbahn.

Die Entwicklung von mehrsitzigen lenkbaren Raumschiff-Satelliten der Sojus-Reihe begann, die für langfristige Flüge, Manöver, Annäherung und Koppelung in der Erdumlaufbahn ausgelegt sind. Das Sojus-Programm schließt umfassende wissenschaftliche und technische Forschungen im erdnahen Raum sowie die Schaffung von bemannten Orbitalstationen ein.

Das 6,45-6,65 t schwere Raumschiff dieser Bauweise besteht aus einem Orbitalteil für wissenschaftliche Forschungen und Erholung der Kosmonauten; dem Landungsteil mit der Kosmonautenkabine; der Geräte- und Aggregatenzelle mit der Grundausrüstung und der Korrektur-Doppeltriebwerkanlage. Der Orbitalteil und die Landekapsel mit einem Gesamtvolumen von 9 m³ sind durch eine hermetisch abgedichtete Luke miteinander verbunden. Die Landekapsel mit Wärmeschutzschicht sichert durch ihre Gestaltung einen gesteuerten Abstieg unter Ausnutzung des aerodynamischen Faktors. Dort befinden sich u. a. die Kosmonautensitze, das Steuerpult des Raumschiffes, die Systeme für Abstiegsteuerung, für Funkverbindung und für Lebenserhaltung, das Fallschirmsystem und die Pulvertriebwerke für die weiche Landung. Die Andruckbelastungen beim Abstieg sind bis auf 3-4 Einheiten reduziert, die Landegenauigkeit ist wesentlich erhöht; die Fallgeschwindigkeit bei der weichen Landung beträgt höchstens 2-3 m/sec. Das System der Fluglageregelung und der Flugsteuerung gewährleistet die Orientierung des Flugkörpers im Raum, die Steuerung und die Stabilisierung bei der Arbeit des Raketentriebwerks, die Annäherung an ein anderes Raumschiff und das Manövrieren in seiner Nähe; es kann automatisch und von Hand betätigt werden. Das Raumschiff ist mit einem bei Doppelflügen der automatischen Kosmos-Satelliten bereits überprüften System der selbsttätigen Koppelung ausgestattet. Die Energiespeisung der bordeigenen Geräte besorgen an 2 entfaltbaren Flächen angeordnete Solarzellen. Ein Satz funktechnischer Ausrüstungen dient zur Verwertung der Bahnkenngrößen, zum Empfang der Kommandos und zum zweiseitigen Funkverkehr mit der Erde, zur Übermittlung von Fernsehbildern im Normalstandard (an Bord gibt es 4 Fernsehkameras) und von Fernmeßinformationen. Die Ausrüstungen des Raumschiffs gewährleisten einen absolut autonomen Flug und Steuerung. Die Kennwerte der Triebwerkanlage ermöglichen Manöver bis zu einer Höhe von 1 300 km.

Der Weg zur Erschließung des Weltraums ist dornvoll. Am 24. April 1967 verunglückte der begabte Kosmonaut W. M. Komarow bei der Erprobung des neuen Raumschiffes Sojus 1 nach vierundzwanzigstündigem Raumflug bei der Landung infolge Versagens des Fallschirmsystems. W. M. Komarow hatte früher schon einen Flug mit dem Raumschiff Woßchod unternommen.

Sojus 2 wurde am 25. Oktober 1968 in eine Umlaufbahn gebracht. Bei der Überfliegung des Raketenstartplatzes am 26. Oktober startete das Raumschiff Sojus 3 mit dem Kosmonauten G. T. Beregowoj als Piloten. Sojus 3 führte eine Funkfahndung nach Sojus 2 durch und näherte sich diesem automatisch bis auf 200 m. Die anschließende Annäherung und Flugmanöver in der Nähe von Sojus 2 nahm der Kosmonaut mittels Handsteuerung vor. Nach Beendigung der Versuche landete zuerst Sojus 2 und dann (am 30. Oktober) Sojus 3 im Zielgebiet in der Sowjetunion.

Sojus 4 mit dem Raumflieger W. A. Schatalow wurde am 14. Januar 1969 in die Umlaufbahn gebracht, und am 15. Januar 1969 startete Sojus 5 mit Besatzung: Kommandant B. W. Wolynow, Bordingenieur A. S. Jelissejew, Forschungsingenieur J. W. Chrunow, Am 16. Januar erfolgte die automatische Annäherung von Sojus 4 und Sojus 5 und ihre Koppelung durch Handsteuerung. Somit wurde in der Umlaufbahn die erste experimentelle Raumstation der Welt zusammengebaut und in Dienst gestellt. Nach dem Rendevouzmanöver stiegen Jelissejew und Chrunow in Raumanzügen mit autonomen Lebenserhaltungssystemen auf 37 min in den Weltraum hinaus, um dann auf Sojus 4 umzusteigen. Die Flughöhe der Versuchsstation betrug im Apogäum 250 km, ihr Gesamtgewicht 12 924 kg. Anschließend trennten sich die Raumschiffe wieder und setzten ihren Flug gesondert fort. Während des Fluges wurden wissenschaftlich-technische und medizinisch-biologische Forschungen, Beobachtungen geologisch-geographischer Objekte auf der Erdoberfläche und der Himmelskörper, Fernsehreportagen von Bord der Raumschiffe, Film- und Fotoaufnahmen, Navigationsmessungen u. a. m. vorgenommen. Nach Erfüllung des Programms stiegen am 17. Januar Soius 4 mit 3 Kosmonauten und am 18. Januar 1969 Sojus 5 mit B. W. Wolynow an Bord ab und landeten auf dem Territorium der UdSSR.

Am 11. Oktober 1969 wurde Sojus 6 mit Besatzung: Kommandant des Raumschiffes G. S. Schonin und Bordingenieur W. N. Kubassow in eine Umlaufbahn gebracht. Sie erfüllten ein umfassendes Forschungsprogramm und erprobten verschiedene Schweißverfahren mit diversen Metallen im Hochvakuum und in der Schwerelosigkeit. Es wurden Feinbleche aus rostfreiem Stahl und Titan geschweißt, rostfreier Stahl, Titan und Aluminium geschnitten und nichtmetallene Stoffe bearbeitet.

Am 12. Oktober 1969 wurde dann auch Sojus 7 aufgelassen. Die Besatzung des Raumschiffs, bestehend aus dem Kommandanten A. W. Filiptschenko, Bordingenieur W. N. Wolkow und Forschungsingenieur W. W. Gorbatko, manövrierte gemeinsam mit Sojus 6 in der Umlaufbahn, unternahm im Gruppenflug Navigationsbeobachtungen sowie verschiedene wissenschaftliche Experimente und Beobachtungen.

Am 13. Oktober 1969 stieg Sojus 8 in eine nahe Flugbahn auf. Die Besatzung bildeten Raumschiffskommandant W. A. Schatalow und Bord-

ingenieur A. S. Jelissejew.

Während des Gruppenfluges der 3 Raumschiffe mit 7 Kosmonauten wurden gleichzeitige komplexe wissenschaftliche Forschungen im erdnahen Weltraum nach einem umfangreichen Programm und gemeinsame Manöver durchgeführt sowie das System zur Steuerung des Gruppenflugs von 3 Raumschiffen getestet. Beim Manövrieren näherten sich Sojus 6 und Sojus 8 nacheinander dem Raumschiff Sojus 7 bis auf einige Hundert Meter. Die Bahnparameter aller 3 Raumschiffe kamen einander nahe, die Perigäumshöhe betrug durchschnittlich 200 km, die Apogäumshöhe 225 km, die Bahnneigung 51,7°, die Umlaufzeit 88,6 min. Die Übungen betrafen das Zusammenwirken des Raumschiffverbands mit den Bodenleit- und Meßstellen in verschiedenen Gebieten der Sowjetunion und an Bord von Forschungsschiffen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in verschiedenen Gegenden des Weltmeeres.

Nach Vollendung ihres Arbeitsprogramms landeten die Raumschiffe im Zielraum bei Karaganda: Sojus 6 am 16. Oktober, Sojus 7 am 17. Oktober und Sojus 8 am 18. Oktober 1969. Die Gesamtdauer des Experiments im Weltraum betrug 7 Tage bei einer Flugdauer von 5 Tagen für jedes Raumschiff.

Der Raumschiff-Satellit Sojus 9 mit dem Kommandanten A. G. Nikolajew und Bordingenieur W. I. Sewastjanow als Besatzung erfüllte vom 1. bis zum 19. Juni 1970 einen 425stündigen Flug mit 2 Bahnkorrekturen und einem umfassenden Programm wissenschaftlich-technischer und medizinisch-biologischer Untersuchungen.

A. G. Nikolajew hat also mit Wostok 3 und Sojus 9 eine Raumflugzeit von insgesamt 519 h auf seinem Konto.

Die beim 18tägigen Aufenthalt von 2 Kosmonauten in der Schwerelosigkeit gewonnenen Erfahrungen dienen der Lösung eines derart schwierigen Problems, wie es ein langes Verweilen von Menschen in Orbitalstationen und auf interplanetaren Flügen mit sich bringt.

Die erste lange funktionierende wissenschaftliche Orbitalstation Salut befand sich vom 19. April bis zum 11. Oktober 1971 in der Erdumlaufbahn. Ihr fast 6monatiger Flug verlief in mehreren Etappen. Während der ersten Etappe wurde ein Doppelflug der Station mit dem am 23. April gestarteten Raumschiff Sojus 10 unternommen, das die Kosmonauten W. A. Schatalow, A. S. Jelissejew und N. N. Rukawischnikow als Besatzung mitführte. Dabei wurde das Funktionieren der vervollständigten Systeme zum Auffinden, Annähern, Anlegen, Koppeln und Entkoppeln des

Raumschiffes und der Station geprüft. Nach einem Koppelflug von 5 h 30 min Dauer trennte sich das Raumschiff wieder von der Raumstation und landete am 25. April 1971. Insgesamt hatte Sojus 10 über 30 Erdumkreisungen erfüllt. Die Orbitalstation arbeitete automatisch weiter. Die zweite Etappe des Raumexperiments begann am 6. Juni 1971 mit dem Start des Raumtransporters Sojus 11, dessen Besatzung Kommandant G. T. Dobrowolskij, Bordingenieur W. N. Wolkow und Testingenieur W. I. Pazajew bildeten. Nach der Koppelung mit dem Raumschiff wurde die Raumstation Salut zur ersten langfristigen bemannten wissenschaftlichen Orbitalstation mit über 25 t Masse.

Während des 23tägigen Fluges der lenkbaren Raumstation erfüllte die Besatzung komplexe wissenschaftlich-technische und medizinisch-biologische Untersuchungen, die einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung lenkbarer Orbitalflüge von langer Dauer leisteten und wichtige wissenschaftliche Ergebnisse lieferten. Die Gesamtflugdauer der Besatzung mit dem Raumschiff und der Raumstation betrug 570 h.

Als das Flugprogramm erfüllt war, traten die Kosmonauten an Bord des Raumschiffes Sojus 11 über und trennten sich von der Station Salut, die wieder auf automatischen Betrieb umgeschaltet wurde. Als die Landekapsel nach der Arbeit der Bremstriebwerke während des Abstiegs sich vom Raumschiff trennte, wurde sie undicht. Das war die Ursache des Todes der Kosmonauten. Die Landekapsel landete programmgemäß weich im vorgegebenen Gebiet.

Mit der Entwicklung und Erweiterung der Unternehmen zur Erschließung des Weltraums vergrößert sich die Zahl der Opfer. Die Menschheit wird ihre Heldentaten nie vergessen.

Im Zeitraum von 1961 bis 1971 vollführten 25 sowjetische Kosmonauten geozentrische Raumflüge mit 18 ein-, zwei- bzw. dreisitzigen lenkbaren Raumschiffen dreierlei Bauart: Wostok (6), Woßchod (2) und Sojus (10) sowie mit der Orbitalstation Salut.

Die mit sowjetischen Vertikalsonden, Satelliten, automatischen Interplanetarstationen und lenkbaren Raumschiffen gewonnenen überaus wertvollen und reichhaltigen wissenschaftlichen Informationen werden nach Auswertung in Publikationen gedruckt und der wissenschaftlichen Weltöffentlichkeit zugänglich gemacht.

Die Sowjetunion arbeitet seit 1957, als gemeinsame Beobachtungen der ersten sowjetischen Erdsatelliten vorgenommen wurden, in der Erforschung des Weltraums durch Raketensysteme mit verschiedenen Ländern zusammen. Interkosmos, der Rat für internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Forschung und Nutzung des Weltraums bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, hat multi- und bilaterale Abkommen geschlossen.

1967 wurde ein Programm der "Zusammenarbeit der sozialistischen Länder in der Erforschung und Nutzung des kosmischen Raums zu friedlichen Zwecken" angenommen, das wissenschaftliche Forschungen einschließt. An dem Programm beteiligen sich die Volksrepublik Bulgarien.

die Ungarische Volksrepublik, die Deutsche Demokratische Republik, die Republik Kuba, die Mongolische Volksrepublik, die Volksrepublik Polen, die Sozialistische Republik Rumänien, die UdSSR und die Tschechoslowakische Sozialistische Republik. Das Programm sieht vor: die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des Weltraums und der Hochatmosphäre, Satellitenmeteorologie, Raumfunkverbindung, Raumfahrtbiologie und medizin, Starts von Satelliten und Raketen, Konferenzen, Symposien, Beratungen, Praktika, Besuchsreisen von Wissenschaftlern in Einrichtungen, die an gemeinsamen Forschungen teilnehmen.

Der erste Raumflugkörper, der am 20. Dezember 1968 im Rahmen des Programms "Zusammenarbeit" gestartet wurde, der Satellit Kosmos 261 diente der Untersuchung der Hochatmosphäre der Erde und der Natur des Nordlichtes. Neben den gemeinsamen Arbeiten mit den in der Sowjetunion nach eigenem Programm aufgelassenen Satelliten werden seit 1969 auch Satelliten und geophysikalische Raketen mit Apparaturen aus sozialistischen Ländern gestartet. Der erste Satellit dieser Art, Interkosmos 1, startete am 14. Oktober 1969 zur Untersuchung der Ultraviolett- und der Röntgenstrahlung der Sonne und der Einwirkung dieser Strahlung auf die Struktur der Hochatmosphäre der Erde. Die wissenschaftlichen Geräte waren in der DDR, der UdSSR und der CSSR entwickelt und hergestellt worden. Fachleute dieser Länder beteiligten sich an der Montage und an der Prüfung der Geräte am Satelliten bei seiner Vorbereitung zum Start und arbeiteten in der operativen Flugleitgruppe mit.

Interkosmos 2 startete am 25. Dezember 1969 zur Untersuchung der Kennwerte der Erdionosphäre. 1970—1972 wurden 6 weitere Raumflugkörper der Interkosmos-Reihe in Erdumlaufbahnen gebracht. Sie setzten die gemeinsamen Forschungen nach einem erweiterten Programm fort. Am 19. April 1973 startete ein künstlicher Erdsatellit Interkosmos Kopernikus 500 mit wissenschaftlichen Instrumentarium. Dieses Raumflugexperiment, von polnischen und sowjetischen Fachleuten vorbereitet, galt dem 500. Geburtstag des großen polnischen Gelehrten Nikolaus Kopernikus.

Die Starts der geophysikalischen Raketen Vertikal 1 (20. November 1970) und Vertikal 2 (20. August 1971) mit wissenschaftlichen Geräten, die von sozialistischen Ländern entwickelt wurden, gaben die Möglichkeit, komplexe Untersuchungen der Sonnenstrahlung und ihrer Absorption in der Atmosphäre sowie von Parametern der Ionosphäre und Meteoritenpartikeln durchzuführen. Das Gewicht des Raketenkopfteils einschließlich Landekapsel betrug ungefähr 1 300 kg, die senkrechte Steighöhe 463—487 km.

Am 30. Juni 1966 wurde zwischen der UdSSR und Frankreich ein Abkommen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung, der Raumfunkverbindung, der kosmischen Meteorologie und Aeronomie abgeschlossen. Dieses Abkommen sieht die Errichtung einer Farbfernsehbrücke Paris—Moskau über Satelliten Molnija 1, die Anwendung von sowjetischen Geräten mit französischen Raketen und von französischen Geräten mit sowjetischen Raketen vor.

Die in Frankreich entwickelten Geräte wurden in Mondfahrzeugen Lunochod 1, Lunochod 2 (Laserwinkelreflektor) und in der interplanetaren Raumstation Mars 3 (Stereo zur Untersuchung der Radiofrequenzstrahlung der Sonne im Meterwellenbereich) installiert. Am 27. Dezember 1971 stieg der künstliche Erdsatellit Oreol zur Erforschung von physikalischen Vorgängen in der Hochatmosphäre der Erde in hohen Breiten und zur Untersuchung der Natur des Polarlichtes auf. Die wissenschaftlichen Geräte und das Testprogramm wurden von sowjetischen und französischen Fachleuten im Rahmen des gemeinsamen sowjetisch-französischen Projekts Arcade erarbeitet.

Am 4. April 1972 wurden von einer Trägerrakete der Nachrichtensatellit Molnija 1 und der französische SRET (für die Erforschung der Betriebseigenschaften verschiedener Sonnenbatterien im Weltraum) in eine Rehmerit der Angelieren in Weltraum) in eine

Bahn mit der Apogäumshöhe 39 260 km eingeflogen.

Ein wichtiger, vielversprechender Schritt ist die Vereinbarung zwischen der UdSSR und den USA über die Ausführung des gemeinsamen Programms Sojus—Apollo, das im Juli 1975 Koppelungsmanöver von Sojusund Apollo-Raumschiffen auf einer Erdumlaufbahn, ihren Verbandsflug, den Übertritt der Kosmonauten aus einem Raumschiff ins andere, die Entkoppelung und Landung vorsieht.

Die Erarbeitung der dazu erforderlichen universellen technischen Annäherungs- und Koppelungsmittel und die Ermöglichung des Übergangs von Raumschiff zu Raumschiff schaffen Voraussetzungen für gemeinsame Raumexperimente sowjetischer und amerikanischer Wissenschaftler sowie für die gegenseitige Hilfs- bzw. Rettungsaktionen für in Not geratene Be-

satzungen.

Mit der weiteren Erschließung des erdnahen Weltraums, des Mondes und anderer Himmelskörper erlangt das Problem der gegenseitigen Hilfe

der Kosmonauten verschiedener Länder eine enorme Bedeutung.

Artikel V des Vertrags "Über die Grundsätze der Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums..." (1967) wie auch das Abkommen über die Rettung von Kosmonauten, über die Rückführung von Kosmonauten sowie über die Rückgabe der in den Weltraum aufgelassener Objekte bei einer Beschädigung oder Notlandung (1968) enthalten die erforderlichen Rechtsnormen. Die Arbeit am Problem des Weltraumrechts steckt noch in den Anfängen.

Zum Abschluß des kurzen Überblicks über die Hauptstationen in der Entwicklung des Raketenbaus und der Kosmonautik in der UdSSR sei darauf verwiesen, daß viele mehr oder weniger wichtige Momente und

Namen aus verschiedenen Gründen unerwähnt geblieben sind.

In der langen Reihe der glorreichen Pioniere des sowjetischen Raketenbaus verdienen zuerst die Wegbereiter der Raketen- und Raumfahrttechnik genannt zu werden, aller voran K. E. Ziolkowski, dessen vorausschauenden Forschungen von J. W. Kondratjuk, F. A. Zander und anderen ergänzt wurden, sodann S. P. Koroljow, der in Zusammenarbeit mit den Chefkonstrukteuren für Triebwerke, für Flugsteuerungssysteme und

anderen die Träume vieler Menschengeschlechter von Flügen ins Weltall in Erfüllung gehen ließ, und selbstverständlich der erste Kosmonaut J. A. Gagarin mit seinen hervorragenden Nachfolgern. Auf immer sind die Namen M. K. Jangel, A. M. Issajew, A. S. Kosberg und G. N. Babakin in die Geschichte der sowjetischen Raketen- und Raumfahrttechnik einge-

gangen.

Die UdSSR veranstaltet und erneuert beständig Museen und Ausstellungen über Raketen- und Raumfahrttechnik, über den Weg der sowjetischen Wissenschaft und Technik zu den Sternen. Unter ihnen seien hier aufgezählt: in Kaluga das Staatliche Ziolkowski-Museum für Geschichte der Kosmonautik und die Ziolkowski-Gedenkstätte, in Moskau die Erinnerungsstätte der Kosmonautik, der Pavillon "Kosmos" in der Volkswirtschaftsausstellung der UdSSR, das Polytechnische Museum und das Zentralhaus für Luft- und Raumfahrt, in Leningrad das Museum des Gasdynamischen Laboratoriums (GDL) in der Peter-und-Pauls-Festung, in Korop die Kibaltschitsch-Museum, in der Stadt Gagarin das Gagarin-Museum, in Shitomir das Koroljow-Museum sowie Sonderausstellungen in Planetarien usw.

Nach der UdSSR, die mit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten der Welt am 4. Oktober 1957 die Ära der Raumfahrt eröffnete, stießen auch die USA, die am 1. Februar 1958 ihren ersten Satelliten Explorer 1 aufgelassen hatten, in den Weltraum vor. Als dritte Macht folgte Frankreich, das am 26. November 1965 einen Erdsatelliten Asterix 1 geschaffen hatte. Am 11. Februar 1970 brachte Japan den Satelliten Osumi in die Erdumlaufbahn und am 24. April stieg ein chinesischer künstlicher Erdtrabant auf. Als sechster Staat ließ England mit einer eigenen Trägerrakete am 28. Oktober 1971 den Satelliten Prospero auf. Die Europäische Gemeinschaft und andere Länder arbeiten ebenfalls daran, Satelliten in geozentrische Umlaufbahnen zu bringen. Viele Länder verwirklichen nationale Raumfahrtprogramme.

Großartige Leistungen erzielten in den letzten Jahren die USA. Von 1958 bis 1972 wurden von ihnen etwa 700 künstliche Erdsatelliten verschiedener Zweckbestimmung gestartet: Forschungs-, Wetter-, Nachrichten-, Navigationssatelliten, biologische, geodätische, geophysikalische, astronomische und andere. Sie erreichten verschiedene geozentrische, darunter stationäre, Umlaufbahnen, Erfüllt wurden Mondforschungsprogramme mit automatischen Raumflugkörpern bei harter Landung Ranger (3 Raumflüge 1964—1965), mit Raumflugkörpern bei weicher Landung Surveyor (5 Landungen 1966—1968), mit Mondsatelliten Lunar Orbiter (5 Satelliten 1966-1967). Eine Reihe von automatischen Raumsonden-Sonnensatelliten Pioneer wurde gestartet. Pioneer 10 verläßt nach Vorbeiflug in der Nähe des Jupiter das Sonnensystem. Automatische interplanetare Raumstationen Mariner wurden für die Umfliegung der Venus (1962 und 1967) und des Mars (1965 und zweimal 1969) sowie zur Schaffung des ersten künstlichen Marssatelliten (1971) für die Erforschung dieser Planeten aus geringer Entfernung eingesetzt. Die dabei gewonnenen Ergebnisse stellen einen hervorragenden Beitrag zur Wissenschaft dar. Es wurden zum Beispiel der Hauptstrahlungsgürtel der Erde (Van-Allen-Gürtel), Krater auf dem Mars und vieles andere entdeckt.

Bemannte Raumflüge wurden in den USA mit Raumschiffen dreierlei Bauart durchgeführt: mit einsitzigen Merkury (Masse 1,3—2 t) 2 ballistische Flüge 1961 und 4 geozentrische Umlaufbahnflüge 1962—1963, mit zweisitzigen Gemini (Masse 3,2—3,8 t) 10 Raumflüge in geozentrischen Umlaufbahnen 1965—1966, mit dreisitzigen Apollo (Masse bis 46,8 t) 11 Flüge in geozentrischen Umlaufbahnen 1968—1972, darunter 3 Mondumkreisungen und 6 Mondexpeditionen.

Während der Gemini-Flüge wurden zum erstenmal handgesteuerte Manöver in der Umlaufbahn, eine beträchtliche Annäherung der Raumschiffe, die Verbindung des Raumschiffs mit dem Zielkörper, ihre Koppelung in Handsteuerung vorgenommen und eine ununterbrochene Flugdauer von fast 14 Tagen erzielt.

Die in den USA entwickelte große Trägerrakete Saturn 5 mit einem Startgewicht bis 3 000 t, die eine Masse von 135 t, einschließlich der dritten Raketenstufe, in eine geozentrische Umlaufbahn brachte, ermöglichte erstmalig eine gesteuerte Mondumkreisung und eine Mondexpedition.

Der elftägige Flug des Raumschiffs Apollo 7 um die Erde mit dem Astronauten Walter Schirra, Walter Gunningham und Donn Eisele an Bord diente der Prüfung der Sicherheit der Bordsysteme. Ein historisches Ereignis stellte die Umfliegung des Mondes mit der Rückführung zur Erde des Raumschiffs Apollo 8 mit den Astronauten Frank Borman, James Lovell und William Anders am 21.—27. Dezember 1968 dar. Der zehntägige Flug in einer geozentrischen Umlaufbahn mit Apollo 9, an dem die Astronauten James McDivitt, David Scott und Russel Schweickart teilnahmen, galt hauptsächlich zur Nacharbeit der Systeme des Mondlandegeräts. Die Mondumkreisung mit dem Einflug in eine selenozentrische Umlaufbahn wurde gemäß einem noch komplizierteren Programm von den Astronauten Thomas Stafford, John W. Joung und Eugene A. Cernan mit Apollo 10 wiederholt.

In die Annalen der Menschheitsgeschichte wird der Flug von Apollo 11 zum Mond und die anschließende Rückführung zur Erde eingehen. Zur Besatzung gehörten Neil Armstrong, Edwin Aldrin und Michael Collins. Dieser historische Flug fand vom 16. bis 24. Juli 1969 statt. Am 20.—21. Juli verweilten Neil Armstrong und Edwin Aldrin als erste Menschen 21 h 36 min auf dem Mond, im Meer der Ruhe am Mondäquator. Michael Collins blieb unterdessen in der selenozentrischen Umlaufbahn. Neil Armstrong erfüllte das Forschungsprogramm 2 h 31 min und Edwin Aldrin 2 h an der Mondoberfläche außerhalb des Raumschiffes.

Der zweite Mondflug, welcher zur Erforschung unseres natürlichen Trabanten im Einklang mit einem erweiterten Programm unternommen wurde, fand am 14.—25. November 1969 mit den Astronauten Charles Conrad, Richard Gordon und Alan Bean mit dem Raumschiff Apollo 12 erfolgreich statt. Das Mondlandegerät mit den Astronauten Charles Con-

rad und Alan Bean ging am 19. November im Meer der Stürme nieder und verblieb dort 31 h 31 min. Die Astronauten entstiegen zweimal dem Raumschiff und untersuchten die Mondoberfläche jeder im Laufe von insgesamt 7,5 h.

Der Flug von Apollo 13 mit den Astronauten James Lovell, Jack Swigert und Fred Haise beschränkte sich wegen einer Störung auf die Mondumkreisung mit der Ruckführung zur Erde.

Die dritte Mondlandung gelang bei dem von 31. Januar bis zum 9. Februar 1971 unternommenen Flug von Apollo 14 mit Alan Shepard, Stuart Roosa und Edgar Mitchell als Besatzung. Am 5. und 6. Februar hielten sich Alan Shepard und Edgar Mitchell 33 h 30 min lang im stark durchschnittenen Festlandgebiet des Kraters Fra Mauro auf und erfüllten bei zwei Ausstiegen auf die Mondoberfläche ein ergreifendes Programm zur Erforschung dieser Mondgegend. Der erste Ausstieg währte 4 h 47 min, der zweite 4 h 35 min.

Ein erweitertes Mondforschungsprogramm wurde bei der vierten Mondlandung mit dem vervollkommneten Raumschiff Apollo 15 von den Astronauten David Scott, Alfred Worden und James Irwin vom 26. Juli bis 7. August 1971 verwirklicht. David Scott und James Irwin befanden sich 66 h 55 min (30. Juli—2. August) im Landegebiet zwischen der Hadleyfurche und dem Mond-Apenninengebirge. Während der drei Ausstiege auf die Mondoberfläche von 18 h 36 min Gesamtdauer legten die Astronauten mit einem Mondfahrzeug eine Strecke von 27,2 km zurück und erledigten ein inhaltsreiches Forschungsprogramm.

Die fünfte Mondexpedition wurde vom 16. bis 27. April 1972 durchgeführt. Das Mondlandegerät von Apollo 16 mit den Astronauten John W. Joung und Charles Duke landete in der Gegend des Kraters Descartes und blieb 71 h 02 min auf dem Mond. Die Astronauten stiegen dreimal aus, waren insgesamt 20 h 14 min auf dem Mond außerhalb ihrer Fähre und fuhren mit dem Mondmobil herum. Thomas Mattingly befand sich währenddessen in der selenozentrischen Umlaufbahn.

Die sechste Expedition (7.—19. Dezember 1972) schloß die Mondflugmission Apollo ab. Die Mondfähre von Apollo 17 mit den Astronauten E. Cernan und H. Schmitt ging am Rande des Meeres der Heiterkeit nieder und verweilte 75 Stunden auf dem Mond. R. E. Evans befand sich unterdessen im Raumschiff auf einer selenozentrischen Umlaufbahn.

Im Ergebnis der 6 Mondunternehmen wurden etwa 400 kg Mondgestein zur Erde geholt.

Zur Erinnerung an die erfolgreichen Mondflüge nach dem Apollo-Programm erhielt ein großer Krater auf der Mondrückseite den Namen dieses Programms.

Bis Ende 1972 vollführten 34 USA-Astronauten mit 25 Orbitalschiffen Flüge ins All. 59 sowjetische Kosmonauten und amerikanische Astronauten waren mit 45 Raumschiffen und einer Orbitalstation an Raumflügen beteiligt.

Zur Verewigung der Raumfahrer, die den größten Beitrag zur Entwick-

lung der Raumfahrt leisteten, wurden ihre Namen einigen Kratern auf der Mondrückseite verliehen: Gagarin, Komarow, Beljajew, Grissom, White und Chaffee (postum) sowie Titow, Nikolajew, Tereschkowa, Feoktistow, Leonow, Schatalow, Borman, Lovell, Anders, Armstrong, Aldrin, Collins.

Seit dem ersten Vorstoß in den Weltraum, dem Beginn der Ära der Weltraumfahrt in der Geschichte der Menschheit, sind erst knapp 15 Jahre vergangen. Obwohl Großartiges erzielt worden ist, kann lediglich von den ersten Schritten gesprochen werden. Wir stehen erst an der Schwelle des Weltalls.

Alle Staaten der Welt sind am friedlichen Vordringen in den Weltraum und an seiner Erschließung zum Wohl der ganzen Menschheit interessiert. Als ein hervorragendes fortschrittliches Ereignis wird der Anfang 1967 von allen Staaten abgeschlossene und durch die Vollversammlung der Vereinten Nationen gebilligte Vertrag über die Grundsätze der Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums, einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, in die Geschichte eingehen.

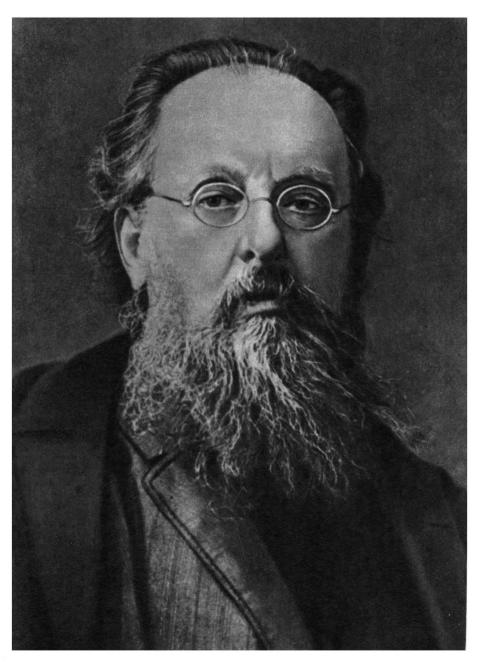
Laut diesem historischen Vertrag steht der Weltraum, einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, für die Erforschung und Nutzung durch alle Staaten frei. Kein Staat darf durch Verkündigung der Souveränität, durch Besetzung oder durch irgendwelche andere Maßnahmen seine Hoheitsrechte auf sie anmelden. Die Teilnehmerstaaten des Vertrages verpflichten sich, keine Objekte mit Kernwaffen oder anderen Massenvernichtungswaffen in eine Erdumlaufbahn zu bringen und keine derartigen Waffen auf Himmelskörpern oder anderweitig im Weltraum zu stationieren. Der Mond und andere Himmelskörper werden ausschließlich zu friedlichen Zwecken benutzt. Es ist verboten auf Himmelskörpern militärische Stützpunkte, Anlagen und Befestigungen zu errichten, Waffen beliebiger Art zu erproben und militärische Manöver abzuhalten.

Der Vertrag ist vom Geist der Gemeinschaft und der gegenseitigen Hilfe der Staaten getragen, die am Problem des direkten Vorstoßes ins Weltall arbeiten.

Die Entwicklung der Menschengesellschaft soll harmonisch sein. Die Beherrschung der Geheimnisse und der Energien des Weltraums wird dem Menschen eine solche Macht in die Hand geben, daß er zur vernünftigen Anwendung seiner Möglichkeiten sich auf eine neue, höhere Stufe in seiner intellektuellen Entwicklung emporschwingen muß.

Das Sowjetland ist stolz darauf, daß seine Söhne und Töchter der Menschheit ein Fenster ins All aufgestoßen und einen grundlegenden Beitrag zur Erforschung des Weltraums durch Rückstoßgeräte geleistet haben.

## **ILLUSTRATIONEN**



Begründer der Kosmonautik Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski



▲ Alexandr Dmitriewitsch Sassjadko



Konstantin Iwanowitsch Konstantinow ▲
Nikolai Iwanowitsch Tichomirow ▶
▼ Wladimir Andreewitsch Artemjew
Boris Sergeewitsch Petropawlowski ▼
Georgi Erichowitsch Langemak ▼



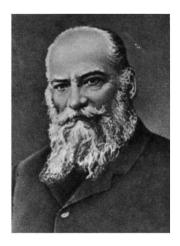








Nikolai Iwanowitsch Kibaltschitsch



Nikolai Jegorowitsch Shukowski

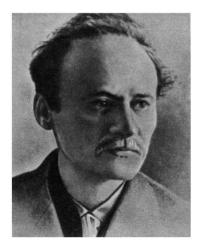


Iwan Wsewolodowitsch Mestscherski

Juri Wassiljewitsch Kondratjuk



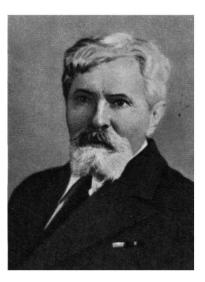
Friedrich Arturowitsch Zander





Jakow Isidorowitsch Perelman

Wladimir Petrowitsch Wettschinkin



Nikolai Alexejewitsch Rynin





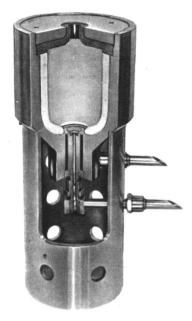
Das von W. P. Gluschko entwickelte welterste elektrische Versuchs-Raketentriebwerk (ERD) des elektrothermischen Typs (1929—1933)

Die ersten sowjetischen von W. P. Gluschko entwickelten Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke: ORM, Schub 6 kp, ORM-1, Schub 20 kp [1930—1931]; ORM-9 und ORM-12 [erprobf 1932]; ORM-50, Schub 150 kp und ORM-52, Schub 300 kp [offizielle Standprüfungen 1933]





ORM-1

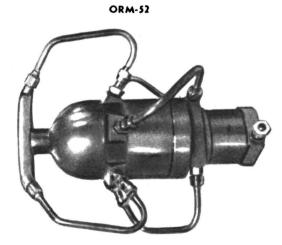


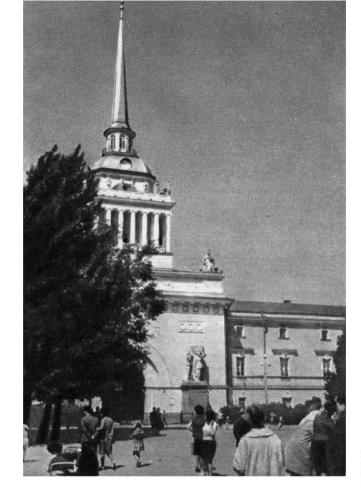




ORM-12

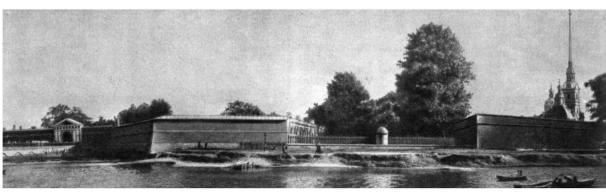






Das Hauptadmiralitätsgebäude in Leningrad. Rechts vom Bogen im ersten Stock befand sich das Konstruktionsbüro für elektrische und Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke GDL

Peter-und-Pauls-Festung (Leningrad). Im Gebäudeblock des Johannes-Ravelin befanden sich die Prüfstation und die Werkstätte des GDL





Michail Klawdiewitsch Tichonrawow



Władimir Wassiljewitsch Rasumow



Die von M. K. Tichonrawow entwickelte erste sowjetische mit Hybridtreibstoff arbeitende Rakete 09. Erster Flug 1933



Die von F. A. Zander entwickelte erste sowjetische mit flüssigem Treibstoff arbeitende Rakete GIRD-X. Erster Flug 1933



Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke von F. A. Zander: OR-2 Entwurfsschub 50 kp; 10, Schub 70 kp. Sie wurden 1933 geprüft

OR-2



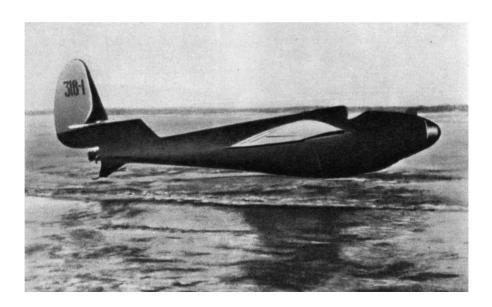


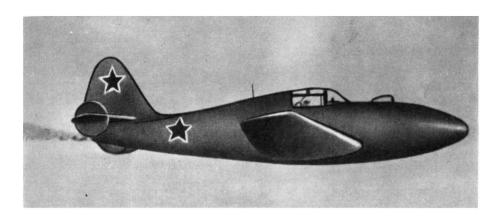
lwan Terentjewitsch Klejmenow



Das Gebäude des Wissenschaftlichen Instituts zur Erforschung des Rücksto-Bes (RNII)







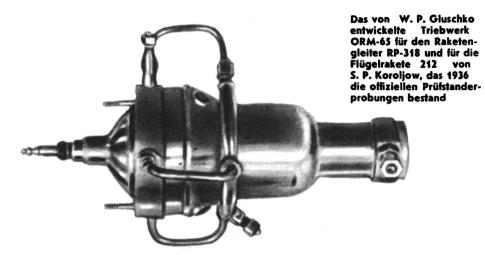
- Flügelrakete 212 mit dem Trieb-■ werk ORM-65 an einem Pulverkatapult (1937—1939)
- Raketengleiter RP-318-1 mit dem Triebwerk ORM-65 [1937—1938]

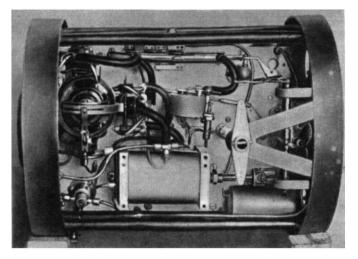
Raketenflugzeug BI-1 mit dem

Triebwerk D-I-A-1100 im Fluge
{1942}

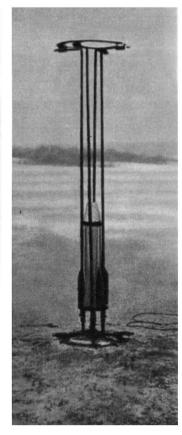
Eine Salve der Garderaketenwer- ♥ fer "Katjuscha"



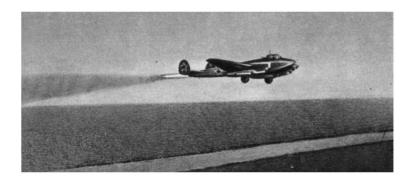




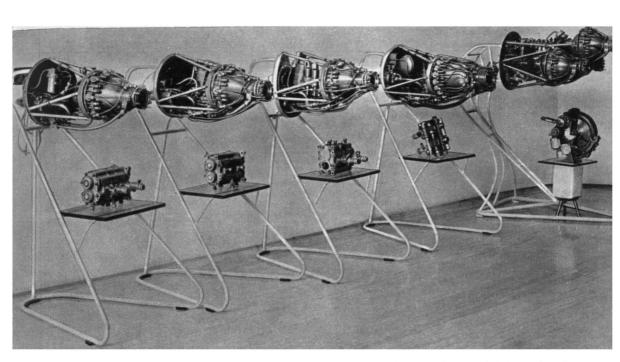
Kreiselautomat GPS-3 von S. A. Piwowarow für die Flugsteuerung von Raketen (1937—1938)



Die von I. A. Merkulow entwickelte zweistufige Rakete vor dem Starten [1939]



Start des Flugzeugs Pe-2R mit arbeitendem Triebwerk RD-1 (1943)

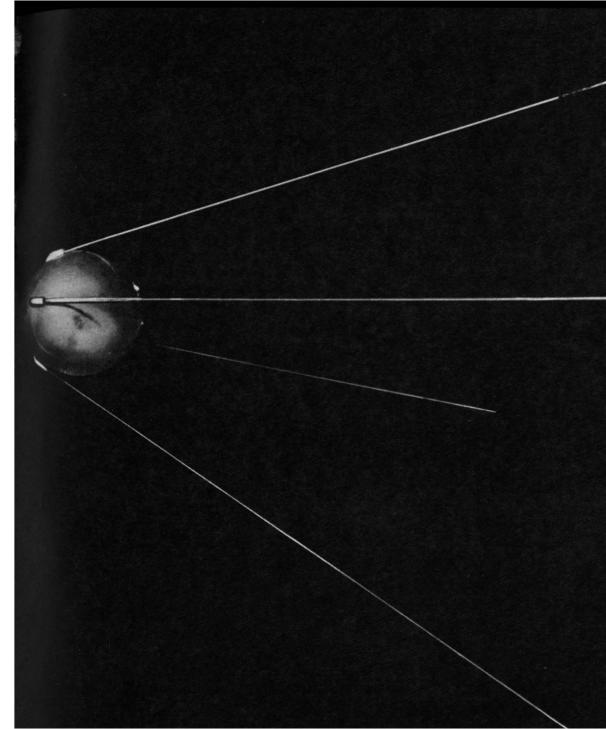


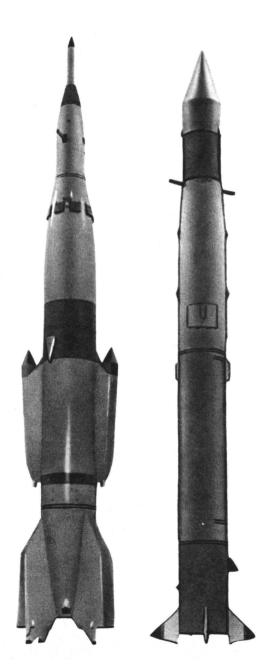
Eine Reihe von Flugzeug-Raketentriebwerken von W. P. Gluschko mit Pumpenförderung des Salpetersäure-Kerosin-Treibstoffs: RD-1, RD-1X3 (zwei Abarten), RD-2 und RD-3 (1940—1946)

B 1932 · 1933 FF 3 A E C B B 4 O A H H O B C K O M P A B E A 14 H E PASHEWAMICS MCHISTATEASHSE CTEHASI M MACTEPCKME OF B O M B C C P OF INTROMEMENT OF PARTIES OF THE PARTI

Die am Gebäude des Johannes-Ravelins der Peter-und-Pauls-Festung (Leningrad) angebrachte Gedenktafel (Bronzel

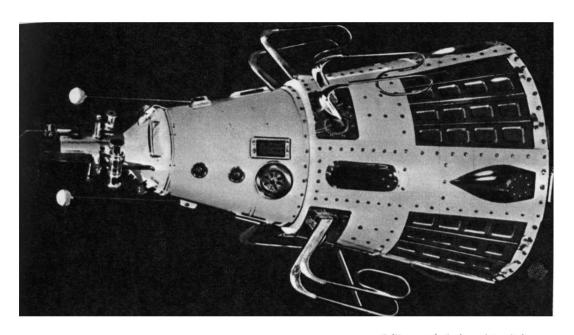
Der erste künstliche Erdsatellit der Welt, der am 4. Oktober 1957 in die Umlaufbahn gebracht wurde



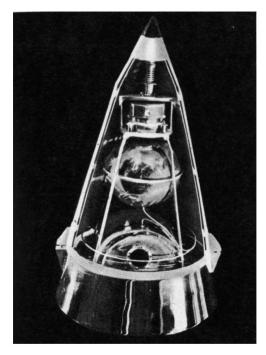


Die sowjetische geophysikalische Rakete W2A, die eine Nutzlast von 2 200 kg in 212 km Höhe brachte. Die Länge der Rakete betrug 20 m, der Durchmesser — 1,66 m (1957) (links)

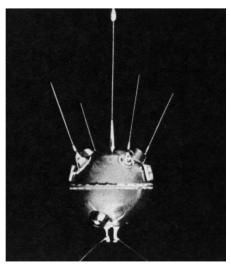
Die sowjetische geophysikalische Rakete W5W, die eine Nutzlast von 1 300 kg in 512 km Höhe brachte. Die Länge der Rakete betrug 23 m, der Höchstdurchmesser des Rumpfes 1,66 m [1958] (rechts)



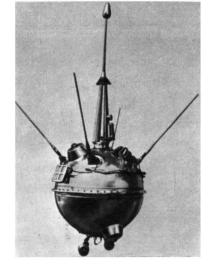
Dritter sowjetischer künstlicher Erdsatellit wurde am 15. Mai 1958 in die Umlaufbahn gebracht



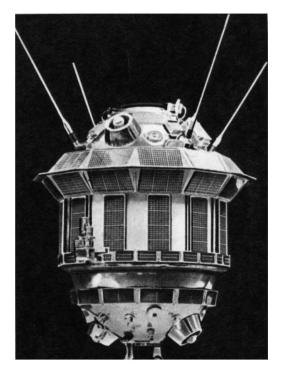
Der zweite künstliche Erdsatellit der Welt, der am 3. November 1957 in die Umlaufbahn gebracht wurde



Automatische Raumstation Luna — der erste künstliche Sonnensatellit der Welt. Gestartet am 2. Januar 1959



Automatische Raumstation Luna 2 erreichte am 14. September 1959 als erster Raumflugkörper die Mondoberfläche

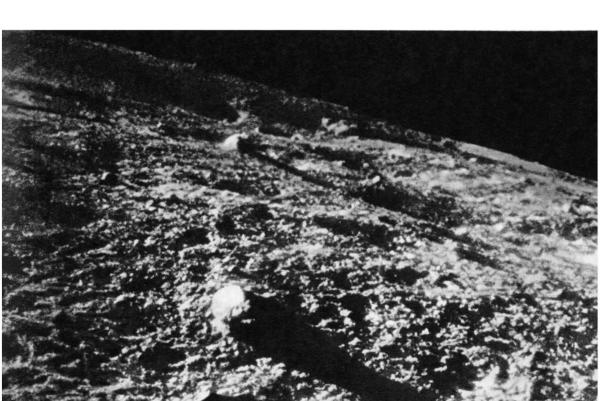


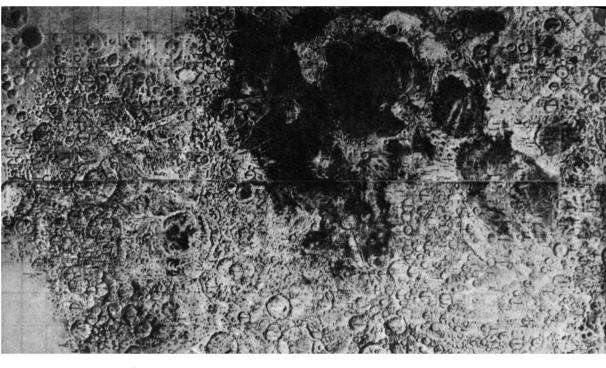
Automatische Raumstation Luna 3 umkreiste als erste Sonde den Mond und übermittelte zur Erde mehrere Fotofernsehbilder der Mondrückseite. Sie startete am 4. Oktober 1959

Teil des Mondpanoramas, das durch die automatische Raumstation Luna 9 zur Erde übergetragen wurde [1966]



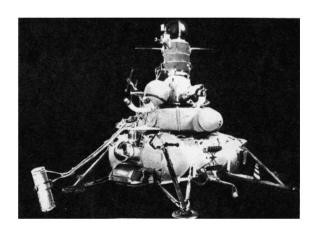
Automatische Raumstation Luna 9 erfüllte am 3. Februar 1966 die erste weiche Landung auf der Mondoberfläche



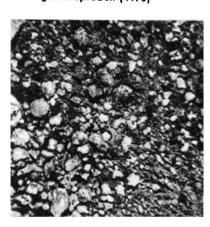


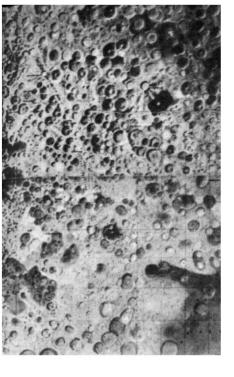
Die erste vollständige Mondkarte, die 1966 unter Auswertung der durch die automatischen Raumstationen Luna 3 und Sonde 3 gewonnenen Aufnahmen zusammengestellt wurde

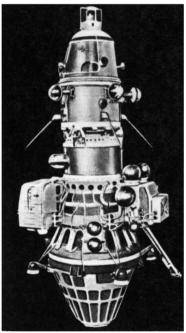
Die Raumstation Luna 16 brachte am 24. September 1970 zum erstenmal Mondgesteinsproben zur Erde

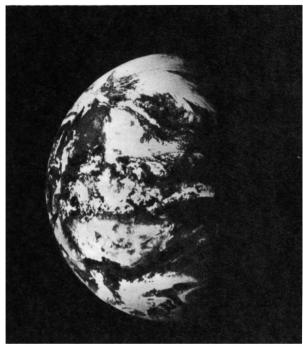


Die durch die automatische Raumstation Luna 16 zur Erde gebrachten Mondgesteinsproben (1970)



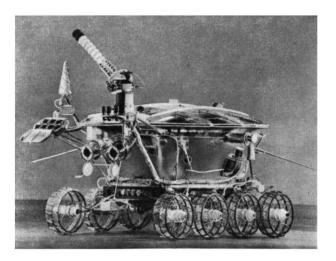




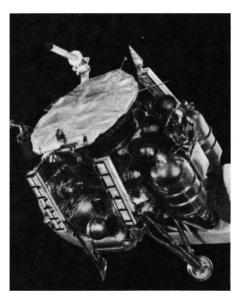


Eine Fotografie der Erde aus einer Entfernung von 90 000 km, die durch den automatischen Raumflugkörper Sonde 5 am 21. September 1968 mitgebracht wurde

Automatische Raumstation Luna 10 — der erste künstliche Mondsatellit der Welt. Er wurde am 3. April 1966 in die Umlaufbahn gebracht



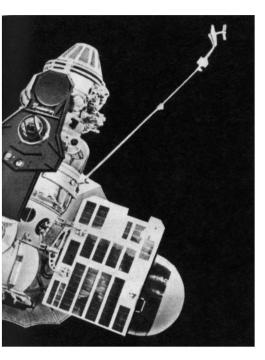
Das erste Mondmobil Lunochod 1, das Untersuchungen auf der Mondoberfläche durchführt [1970—1971]



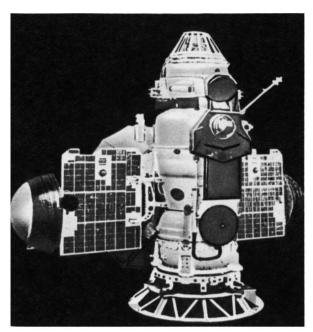
Automatische Raumstation Luna 17, die am 17. November 1970 ein von der Erde aus gesteuertes Mondfahrzeug Lunochod 1 zum Mond beförderte



Automatische Raumstation Mars 1, durch die die Flüge zum Mars eingeleitet wurden. Gestartet am 1. November 1962



Automatische Raumstation Venus 3, die zum erstenmal in der Welt am 1. März 1966 die Venusoberfläche erreichte

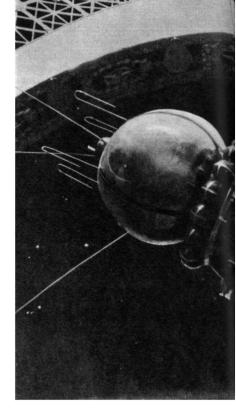




Automatische Raumstation Mars 3, deren Landegerät am 2. Dezember 1971 auf dem Mars weich landete

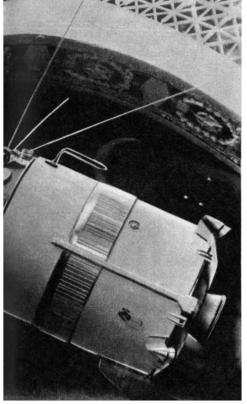


Juri Alexejewitsch Gagarin



Raumschiff-Satellit Wostok

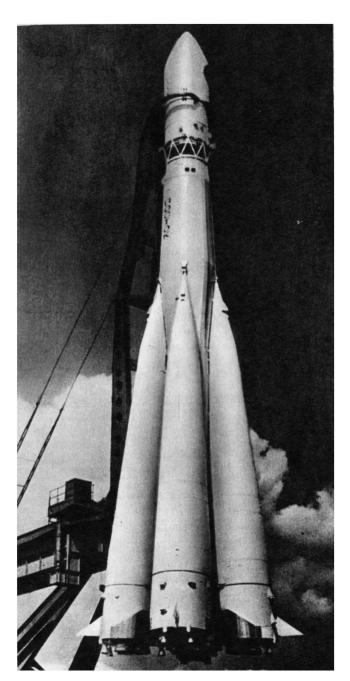
Die Kosmonauten der UdSSR, die mit Raumschiff-Satelliten Wostok und Woßchod geflogen sind.
Gruppenaufnahme. Oben [von links nach rechts]: J. A. Gagarin, W. F. Bykowski, B. B. Jegorow, P. I. Beljajew, P. R. Popowitsch, W. M. Komarow. Unten: K. P. Feoktistow, W. W. Tereschkowa-Nikolajewa, A. A. Leonow, A. G. Nikolajew, G. S. Titow





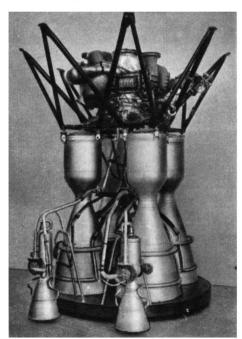
A. A. Leonow steigt am 18. März 1965 aus dem Raumschift-Satellif Woßchod 2 in den freien Weltraum aus





Die dreistufige Trägerrakete Wostok, die seit dem 15. Mai 1960 eingesetzt wird

Vierkammer-Triebwerk RD-107 der ersten Stufe der Trägerrakete Wostok mit einem Schub von 102 t und zwei Lenktriebwerken, die mit Sauerstoff-Kerosin-Treibstoff arbeiten. Der Druck in der Brennkammer beträgt 60 at. Das Triebwerk wurde 1954—1957 im GDL-OKB entwickelt.





Sergej Pawlowitsch Koroljow



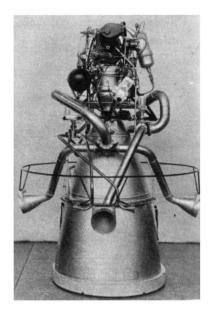
Alexej Michailowitsch Issajew



Michail Kusmitsch Jangel



Georgi Nikolajewitsch Babakin

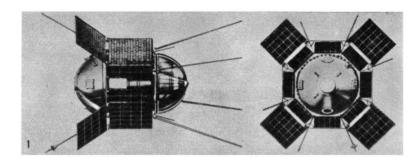


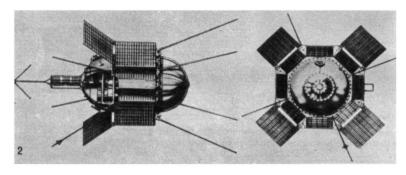
Zweistufige Trägerrakete Kosmos, Länge 30 m, Durchmesser 1,65 m. Seit 1962 im Einsatz

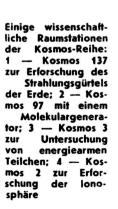
Das mit Sauerstoff-Dimethylhydrazin-Treibstoff arbeitende Triebwerk RD-119 der zweifen Stufe der Trägerrakete Kosmos mit einem Schub von 11 t und einem Steuersystem; der Druck in der Brennkammer beträgt 80 atm, spezifischer Impuls — 352 sec. Das Triebwerk wurde 1958—1962 im GDL-OKB entwikkelt

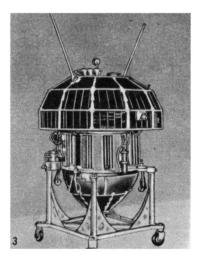


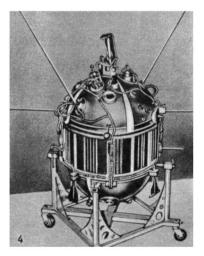
Das mit Salpetersäure-Kohlenwasserstoff-Treibstoff arbeitende Vierkammer-Triebwerk RD-214 der ersten Stufe der Trägerrakete Kosmos mit einem Schub von 74 1. Wurde 1952—1957 im GDL-OKB entwik-

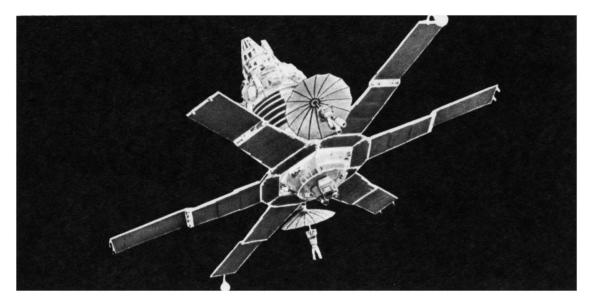












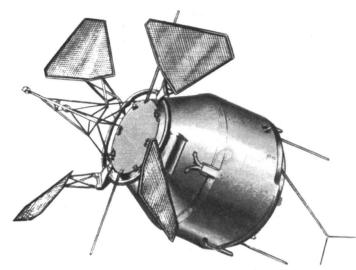
Künstlicher Nachrichtensatellit Molnija 1 (1965—1973)



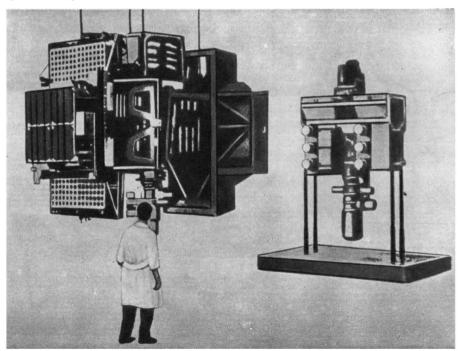
Künstlicher meteorologischer Erdsatellit Kosmos 144 (1967)

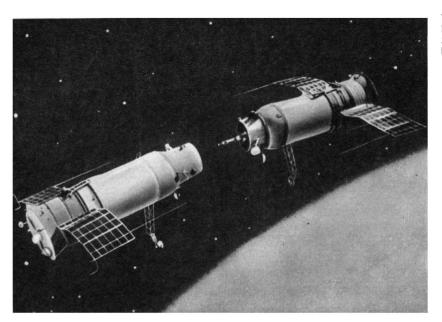
Die am 12. Oktober 1967 in 4 400 km Höhe gebrachte vertikale Raumsonde

Automatische wissenschaftliche Raumstation Proton
4 mit einem Durchmesser
über 4 m und einem Gewicht von etwa 17 t, die
am 16. November 1968 in
eine geozentrische Umlautbahn gebracht wurde



Sätze der wissenschaftlichen Apparatur der künstlichen Erdsatelliten Proton 1, 2, 3 (rechts) und Proton 4 (1965—1968)

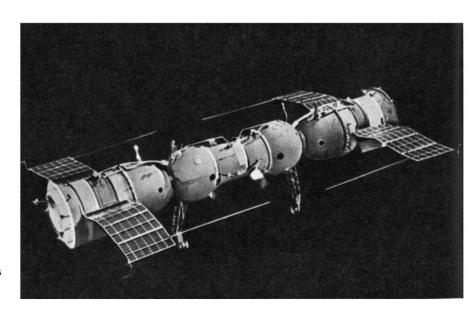




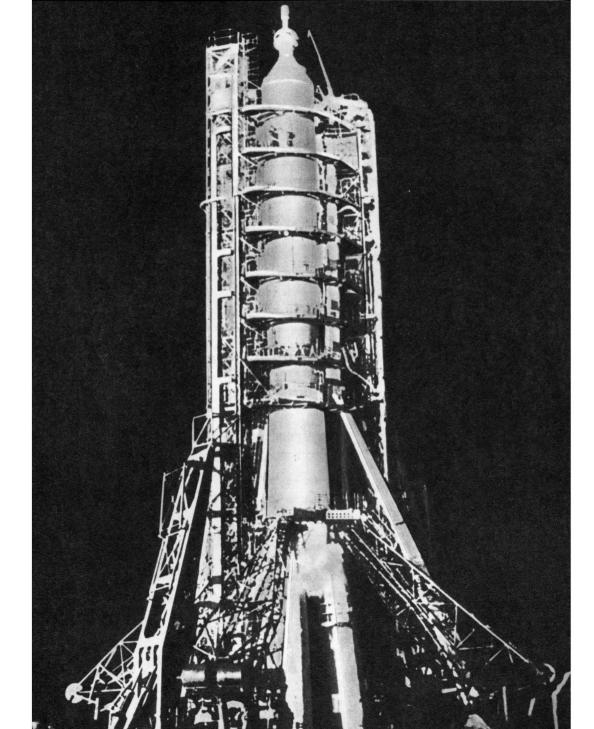
Trägerrakete mit dem Raumschiff Sojus auf der Startplattform. Solche Raketen werden seit 1967 eingesetzt



Satelliten Kosmos 186 und Kosmos 188 in der Schlußphase der automatischen Annäherung [1967]



Orbitalstation Sojus (1969—1970)





G. T. Beregowoi



W. A. Schatalow



B. W. Wolynow



A. S. Jelissejew



W. N. Wolkow



W. W. Gorbatko



A. G. Nikolajew



J. W. Chrunow



G. S. Schonin



W. N. Kubassow



A. W. Filiptschenko



W. I. Sewastjanow

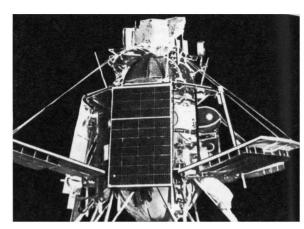


G. T. Dobrowolski



W. I. Pazajew

Forschungssatellit Interkosmos 1 [1969]



Orbitalstation Salut (1971) im langfristigen Einsatz



Start der Trägerrakete Kosmos mit dem künstlichen Erdsatelliten Interkosmos (1969—1973)

