

## **Kosmischer Entfernungsmesser**

Das astronomische Observatorium der Lettischen Universität hat die regelmäßige Beobachtung von künstlichen Erdsatelliten mit Hilfe eines Laserentfernungsmessgeräts aufgenommen. Mit dessen Hilfe kann die Entfernung von um die Erde kreisenden Objekten auf ein bis zwei Meter genau ermittelt werden. Diese Messungen sind für die Berechnung der Kontinentaldrift, von Unregelmäßigkeiten der Erdrotation und von Verlagerungen der Erdpole sowie für geodätische Großforschungen erforderlich.

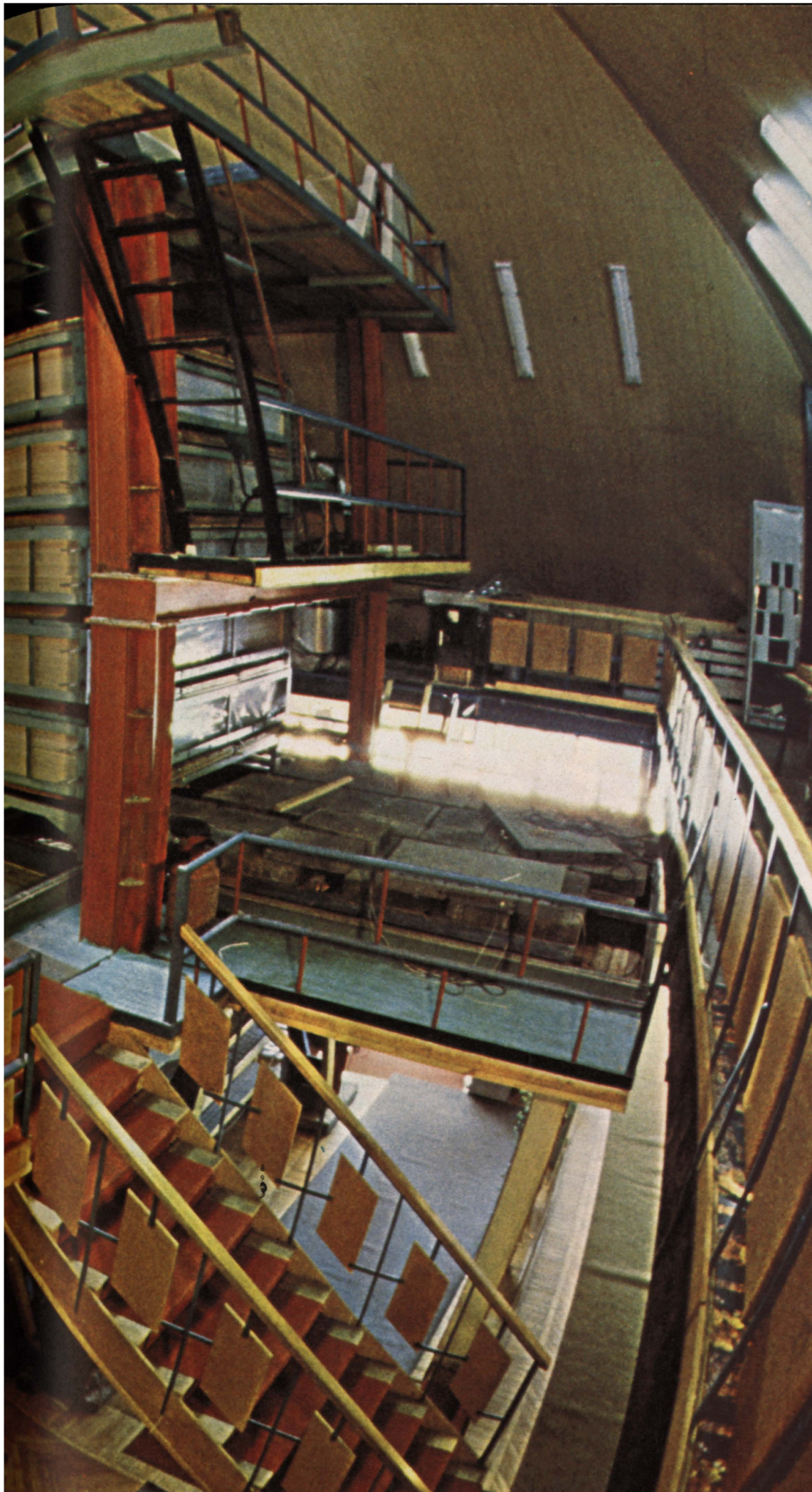
Der neue Dienst hat bereits über 1500 solcher Beobachtungen vorgenommen. Die aus sowjetischer Produktion stammende Apparatur arbeitet stabil und zuverlässig. Sie ermöglicht es, mit einem stark gebündelten Strahl auch kleine Satelliten zu treffen, die mehrere tausend Kilometer von der Erde entfernt sind. Selbst die schwächsten reflektierten Signale werden von hochempfindlichen optischen Geräten registriert.



# Forschungsobjekt kosmische Strahlung







Der Berg Aragaz ist aus den Fenstern der Jerevaner Häuser gut zu sehen. Wenn man seine steilen Hänge betrachtet, kann man sich kaum vorstellen, daß dort oben Menschen arbeiten. Hier, in einer Höhe von 3250 Meter, befindet sich die Aragaz-Forschungsstation, in der bereits seit vier Jahrzehnten die kosmische Strahlung erforscht wird. Über die Arbeit der Station berichtet unsere Korrespondentin Marina Chatschaturowa.

**W**arum nur sind die Physiker so hoch gestiegen, wo es sich schwer atmen läßt und der Schnee zehn Monate im Jahr liegt? Die kosmische Strahlung ist die einzige Quelle von Teilchen mit superhohen Energien. Der Strom dieser Strahlen in über 3000 Meter Höhe ist fünfzehn- bis zwanzigmal größer als über dem Meeresspiegel. Und das bedeutet, daß man fünfzehn- bis zwanzigmal weniger Zeit braucht, um eine festgelegte Zahl von Ereignissen oder Teilchen zu registrieren. Bei der Durchführung eines Experiments im Flachland muß man Jahre, mitunter Jahrzehnte auf die Ergebnisse warten. Hier in den Bergen wird die Zeit gleichsam zusammengepreßt, ein Experiment dauert zwischen einigen Monaten und mehreren Jahren.

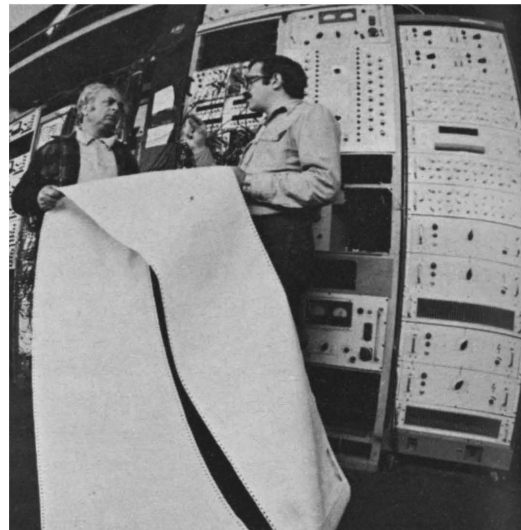
Zunächst ein bißchen Geschichte. In dem schweren Kriegssommer 1943, als es schien, die unsichtbare Welt würde niemanden bewegen, weil die sichtbare Welt zusammenbrach, sind einige Physiker auf den Aragaz geklettert. Am See Karagöl (Schwarzer See), in einer Höhe von 3250 Meter, schlugen sie ein Zeltlager auf. Damit begann die Geschichte der Station.

Die Entwicklung der Station zu einem der Zentren für das Studium kosmischer Strahlen ist mit den Namen von zwei Brüdern – den Akademikern Abram Alichanow und Artjom Alichanjan – verbunden.



Rechts: Die Aragaz-Forschungsstation. Sie liegt 3250 Meter hoch zwischen den Kuppen des Berges. Der Aragaz, ein erloschener Vulkan, ist mit 4090 Meter Höhe der höchste Berg der Armenischen SSR – Das Bild daneben zeigt das Rechenzentrum der Station. Zwei Forscher unterhalten sich über ein Problem ihrer Arbeit

In ihrer Freizeit treffen sich die Physiker gern im sogenannten Kaminzimmer. Die gesamte Einrichtung des Zimmers wurde von ihnen selbst angefertigt, auch den offenen Kamin mauerten sie selbst  
Fotos: APN



den. Sie waren es, die die erste Expedition auf den Aragaz organisiert haben. Zuvor hatten sie jahrelang im bekannten Leningrader Physikalisch-Technischen Ioffe-Institut gearbeitet, in dem zahlreiche führende sowjetische Wissenschaftler ihren Weg begonnen haben.

1947 arbeitete das Labor bereits mit Volldampf. Es waren nur zehn Wissenschaftler tätig, aber ihr Enthusiasmus und ihr Fleiß reichten für hundert Menschen aus. In den fünfziger Jahren konnten die Brüder Alichanow und Alichanjan nachweisen, daß die kosmische Strahlung recht viele Protonen enthält. Bis dahin waren die Physiker davon überzeugt, daß es in der kosmischen Strahlung so gut wie keine Protonen gibt oder daß ihre Beimischung ge-

ring ist. Das war die erste Entdeckung, die auf dem Aragaz gemacht wurde. Die Physiker haben eine Bestätigung dafür erhalten, daß nukleare Prozesse in den kosmischen Strahlen eine enorme Rolle spielen.

Und in diesem Zusammenhang muß ich die einmalige Anlage erwähnen, die in Aragaz von Abram Alichanow und Artjom Alichanjan entwickelt worden ist. Es handelt sich um eine Magnet-Massenspektrum-Anlage, die es gestattet, die Teilchen nach ihrer Masse zu unterscheiden. Für die Wissenschaftler waren jene Teilchen ausschlaggebend, die aus dem Weltall kommen und mit der Erdatmosphäre in Wechselwirkung treten.

Viele Jahre hindurch beschäftigten sich die Physiker auf dem

Aragaz mit der Suche nach neuen Elementarteilchen, studierten die Zusammensetzung des Kerns und die Spektren von Sekundärteilchen. Einige hier durchgeführte Arbeiten gelten als grundlegend. So wurde zum Beispiel in den fünfziger Jahren im Labor Norair Kotscharjans, korrespondierendes Mitglied der armenischen Akademie der Wissenschaften, zum ersten Mal das energetische Spektrum von Pionen (Mesonen) und Protonen aufgenommen.

Bisher gilt das als die genaueste Messung. Und die heutigen Forscher stehen ihren Vorgängern nicht nach.

Vor zwei Jahren ist Artjom Alichanjan – der seinen älteren Bruder um zehn Jahre überlebte – gestorben. Während vieler Jahre war er Direktor des Physi-

kalischen Instituts in Jerewan. Der jetzige Direktor des Instituts, Andrej Amatuni, erhält und fördert das in der Hochgebirgsstation Aragaz Geschaffene, obwohl es nur einen Teil der bedeutenden Arbeit – der theoretischen und der experimentellen – darstellt, die das Institut leistet.

Die Aragaz-Station wird ausgebaut. Sie hat große Pläne für die Zukunft. In diesem Jahr wird der Bau einer neuen Forschungsanlage begonnen, die zusammen mit den Detektoren, die die Teilchen registrieren, eine Fläche von rund einem Quadratkilometer einnimmt. Die Arbeit wird gemeinsam mit dem Moskauer Physikalischen Lebedjew-Institut der sowjetischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt.

# Theoretiker der Raumfahrt

## Zum 70. Geburtstag des Mathematikers Mstislaw Keldysch

Vor siebzig Jahren, am 10. Februar 1911, wurde in Riga Akademiemitglied Mstislaw Keldysch geboren. Er leistete einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der sowjetischen Wissenschaft und Technik, insbesondere der Luft- und Raumfahrt. Von 1961 bis 1975 stand Professor Keldysch, Direktor des Instituts für angewandte Mathematik, an der Spitze der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Als ihr Präsident plante er die Strategie der Forschungsarbeit, wobei er ein harmonisches Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und angewandter Wissenschaft anstrebte. Mstislaw Keldysch starb am 24. Juni 1978.

**A**ls Kaiser Wilhelms Armeen 1915 Lettland besetzten, war Mstislaw, der jüngste Sohn des Dozenten Wsewolod Keldysch an der Polytechnischen Hochschule Riga, vier Jahre alt. Die Keldyschs zogen damals aus Riga nach Moskau um.

1963 lernte ich den hervorragenden Bau fachmann Professor Wsewolod Keldysch, den Vater des Präsidenten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, kennen.

„Was soll ich Ihnen sagen“, meinte er heiter, „wir hatten sieben Kinder. Hätte ich geahnt, daß einer meiner Jungen Präsident der Akademie der Wissenschaften wird, hätte ich ihm möglicherweise mehr Aufmerksamkeit gewidmet.“

Mstislaw war ein guter Schüler. Mit sechzehn machte er das Abitur und entschloß sich, in die Fußstapfen seines Vaters zu treten, das heißt Bauingenieur zu werden. An der Bauhochschule wurde jedoch sein Aufnahmegesuch abgelehnt, weil er noch zu jung sei. Die ältere Schwester, die an der Moskauer Universität Mathematik studierte, riet dem Bruder, dort sein Glück zu versuchen. Der Aufnahmekommission der Universität gehörten auch Studenten an. Diese sagten den Dozenten, die Einwände erhoben: „Wir wollen es doch versuchen. Vielleicht legt er die Aufnahmeprüfungen mit ‚ausgezeichnet‘ ab?“

Mstislaw Keldysch legte sie alle mit der Note „ausgezeichnet“ ab. Seitdem war die Mathematik der Inhalt seines Lebens.

Einer der maßgeblichen Professoren der Moskauer Universität war damals Nikolai Lusin. Er hatte eine Gruppe glänzender sowjetischer Mathematiker herangebildet: Chintschin, Alexandrow, Ljusternik, Lawrentjew, Kolmogorow. Unter seinen

Schülern befand sich auch der junge Keldysch. Einmal trafen Wsewolod Keldysch und seine Frau Professor Lusin im Moskauer Konservatorium während einer Konzertpause.

„Ich muß Ihnen eine betrübliche Mitteilung machen“, sagte Professor Lusin, „aus Ihrem Sohn wird nichts Ordentliches.“

Es läutete, und Lusin unterbrach das Gespräch. Begreiflicherweise konnte Keldysch das Ende des Konzerts kaum abwarten. Es ist schließlich keine Kleinigkeit, so etwas von einem Studenten zu hören, der noch dazu der eigene Sohn ist.

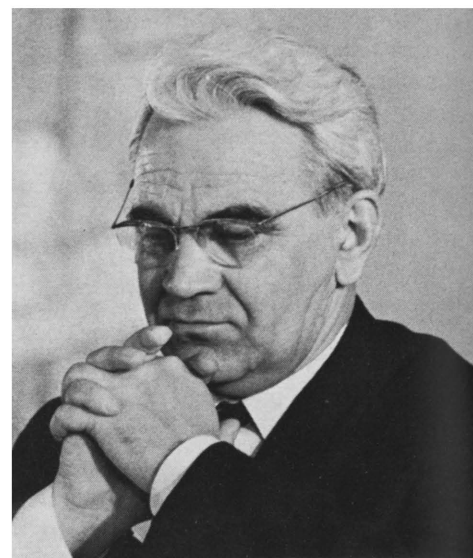
„Jawohl“, setzte Lusin in der Garderobe das Gespräch fort, „aus dem wird nichts Ordentliches. Stellen Sie sich vor, er läßt sich von der angewandten Mathematik hinreißen! Ihn interessieren Ingenieuraufgaben! Können Sie das begreifen? Da geht ein großes mathematisches Talent verloren!“

Vielleicht machte gerade diese Vorliebe zwei andere Wissenschaftler auf den jungen Mathematiker aufmerksam: den stellvertretenden Chef des Zentralinstituts für Aero- und Hydrodynamik (ZAGI), Alexander Nekrassow, und einen hervorragenden Fachmann für Aerodynamik, Sergej Tschaplygin. Als Keldysch 1931 mit zwanzig Jahren die Universität absolvierte, wurde er ZAGI-Mitarbeiter.

Die Wissenschaft ist kein totes Schema, sondern ein Lichtstrahl für Praktiker“, sagte Tschaplygin gern. Gerade im ZAGI fanden in jenen Jahren besonders deutlich die grundsätzlichen Besonderheiten der sowjetischen mathematischen Schule ihren Ausdruck: organische Verbindung von reiner und angewandter Wissenschaft, dialektische Einheit des Abstrakten und des Konkreten. Die Bezwingung des Flatterns beispielsweise, dieses heimtückischen Feindes der Flugzeuge, war deshalb kein Zufall.

Unter Flattern versteht man eine rapid wachsende Vibration, die bei der sogenannten kritischen Fluggeschwindigkeit entsteht. Ein Flugzeug begann ganz plötzlich zu flattern und brach manchmal schon nach wenigen Sekunden auseinander. Von der Erde aus sah dies wie eine Explosion aus. Das Ganze spielte sich so schnell und überraschend ab, daß manche Leute glaubten, die Flugzeugunfälle hätten ganz andere Gründe, das Flattern aber habe man im ZAGI erfunden.

Mstislaw Keldysch, der damals die Arbeitsgruppe Flattereffekt leitete, begriff, daß das Flattern kein isoliertes Problem war. Es wurde durch die neuen, großen Fluggeschwin-



digkeiten ausgelöst, und mit solchen Geschwindigkeiten würden in absehbarer Zeit die verschiedenartigsten Flugzeuge fliegen. Es galt also, etwas Allgemeines, das physikalische Wesen der Erscheinung herauszufinden. Erst wenn dies erkannt war, bestand die Möglichkeit, eine allgemeine Theorie des Flatterns auszuarbeiten.

Schon damals vereinigte sich in Keldysch das Talent eines Mathematikers mit den Fähigkeiten eines hervorragenden Ingenieurs und Experimentators. Stundenlangere Schreibtischarbeit folgten Experimente im Windkanal, Flugtests und neue Berechnungen. Das Ergebnis bildeten Empfehlungen an Flugzeugkonstrukteure. Das Flattern war endgültig besiegt.

Ein neues Thema, das Keldysch ganz in Anspruch nahm, trug die merkwürdige Bezeichnung: Shimmy des Vorderrades beim Dreibeinfahrwerk. Shimmy hieß ein damals modischer Gesellschaftstanz, der Name ist auf die für diesen Tanz charakteristischen Schüttelbewegungen zurückzuführen. Zunächst „tanzten“ ihn amerikanische Flugzeuge. Schon bei den ersten Maschinen mit Dreibeinfahrwerk begann sich das Vorderrad bei einer bestimmten Geschwindigkeit etwas nach rechts und links zu drehen. Das Flugzeug ruschte von der Betonpiste ab und grub sich mit der Nase in die Erde ein. Bei großer Geschwindigkeit brach manchmal das Fahrwerksbein. Dann wurde der Shimmy für den Piloten lebensgefährlich.

Auf den ersten Blick schien alles einfach. Das Rad rollte über den Boden. Das war ein scheinbar unkomplizierter Vorgang. Aber das Rad war belastet. Welche Kräfte entstanden dort, wo der Reifen die Erde berührte? Was ließ das Rad „tanzen“? Mstislaw Keldysch, zu diesem Zeitpunkt bereits korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, leitete das Forschungsteam. Er hatte seine eigene Handschrift und seine eigene Art, mit Menschen umzugehen. Bei einem dienstlichen Gespräch erlaubte er sich niemals, die Stimme

zu erheben oder den Gesprächspartner brüsk zu unterbrechen. Er wußte, wozu jeder seiner Mitarbeiter fähig war, überschätzte sie nie, störte aber auch niemanden durch kleinliche Bevormundung. Jeder hatte seine Aufgaben. Dutzende von Teilantworten ergaben die allgemeine Lösung. Er hatte zu den Menschen Vertrauen, und sie wußten es. Er verstand es, den Sinn einer Idee sofort zu erfassen und diesen objektiv zu beurteilen.

Als die ersten sowjetischen Flugzeuge mit Dreibeinwerk gebaut wurden, war das Shimmy-Problem bereits gelöst. Sowjetische Maschinen „tanzen“ nicht. Für diese Arbeit wurde Keldysch 1946 zum zweitenmal der Staatspreis zuerkannt. Im gleichen Jahr wurde der 35jährige Forscher zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gewählt.

Außer im ZAGI war Keldysch auch im Steklow-Institut für Mathematik tätig. Seine Interessen auf dem Gebiet der Mathematik waren außerordentlich mannigfaltig.

Auf der Vollversammlung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde 1949 in der Rede über die sowjetische Mathematikerschule festgestellt, daß Keldysch „nicht nur in der Mathematik, sondern auch in der Mechanik ein hervorragender Forscher ist“.

In den fünfziger Jahren übernahm Akademiemitglied Mstislaw Keldysch die Leitung großer Forschergruppen und lenkte deren Arbeit auf die Lösung wichtiger wissenschaftlich-technischer Aufgaben. Als Wissenschaftler interessierte er sich für immer neue Gebiete, wobei Kernenergie und Raumfahrttechnik bald an die Spitze rückten. In diesen Bereichen äußerte sich sein organisatorisches Talent besonders eindrucksvoll. Zu dieser Zeit traf Mstislaw Keldysch, Theoretiker der Raumfahrt, mit Sergej Koroljow, dem nachmaligen Chefkonstrukteur für Raumschiffe zusammen, und seitdem blieben sie jahrelang unzertrennlich. Theoretische Berechnungen von Raketen sowie der Flugbahnen von Erdsatelliten, Planetensonden und Raumschiffen sind das Werk zahlreicher Fachleute, deren Arbeit von Keldysch organisiert, gelenkt und vorgedacht wurde.

Auf Antrag Koroljows und Keldyschs hin faßte die Sowjetregierung am 30. Januar 1956 den Beschluß, 1957 oder 1958 einen künstlichen Erdsatelliten bauen zu lassen. Es wurde eine Sonderkommission für künstliche Erdsatelliten gebildet, an deren Spitze Keldysch stand.

Am 25. September 1956 berichtete Sergej Koroljow in Anwesenheit von Akademiemitglied Keldysch über den Vorentwurf eines künstlichen Erdsatelliten.

„Zweifellos bildet die Entwicklung des ersten künstlichen Erdsatelliten einen wichtigen Schritt beim Vordringen des Menschen in das Weltall“, sagte Koroljow.

„Zweifellos betreten wir dabei auch in der mit der Entwicklung der interplanetaren Raketen zusammenhängenden Raketentechnik ein neues Arbeitsgebiet. Nach sorgfältiger Durcharbeitung der Untersuchungen, die mit Satelliten durchgeführt werden können, stellte der Ausschuß der Akademie der Wissenschaften unter Vorsitz von Akademiemitglied Keldysch fest, daß wir uns nicht auf einen Satelliten beschränken dürfen. Es wurde beschlossen, drei Bauarten von Satelliten mit unterschiedlicher Apparatur zu entwickeln.“

Keldysch war auch an der Vorbereitung des epochemachenden Fluges Juri Gagarins, des ersten Raumfahrers in der Geschichte der Menschheit, maßgeblich beteiligt. Anfang 1959 wurde unter seinem Vorsitz eine Fachkonferenz abgehalten, die der Vorbereitung des bemannten Raumfluges galt. Und am 12. April 1961 verabschiedeten sich Mstislaw Keldysch und Sergej Koroljow von Juri Gagarin, der an diesem Morgen zum ersten bemannten Raumflug startete.

Keldysch war ein Mathematiker par excellence. Unter dem wissenschaftlichen Nachwuchs erzählte man sich über ihn Legenden. Es wurde in allem Ernst erklärt, er könne jede beliebige mathematische Aufgabe lösen, falls sie nur richtig formuliert sei. Einmal gab Keldysch einem Laboratorium zehn Tage Zeit für irgendwelche Berechnungen.

Als die Frist abgelaufen war, erklärte der Leiter des Laboratoriums verlegen, die Arbeit sei nicht ausgeführt worden. Es sei zu schwierig gewesen, die Aufgabe für die Rechenmaschine zu formulieren. Keldysch verzog das Gesicht, nahm eine Zigarettenschachtel, drehte sie mit der unbedruckten Seite nach oben und kritzelte darauf eine Formel.

„Ich glaube, jetzt könnte es sogar eine Katze ausrechnen“, sagte er und reichte dem Laboratoriumsleiter die Schachtel.

Ich wohnte einer Promotion bei, bei der Keldysch den Vorsitz führte. Er saß am Tisch und lutschte Bonbons, die er aus einer flachen Blechschachtel holte: Er gewöhnte sich damals gerade das Rauchen ab. Er hatte einen abwesenden Gesichtsausdruck, so daß ich überzeugt war, daß er dem angehenden Doktor überhaupt nicht zuhörte. Als dieser nach dem Referat die Fragen beantwortete, stolperte er plötzlich, kam aus dem Konzept, versuchte etwas zu erklären, verwirrte sich noch mehr und verstummte schließlich. Keldysch erhob sich von seinem Platz, trat an die ausgehängten Tabellen und sagte mit seiner leisen, milden Stimme, wobei er etwas die Worte dehnte:

„Aber das ist doch sehr einfach. Schauen Sie mal her!“ Und er begann zu erklären. Der Bewerber hatte dieses Problem jahrelang, Keldysch aber nur wenige Minuten studiert, dachte ich.

Auf dem Kosmodrom trat Keldysch einmal an eine Gruppe von Wissenschaftlern heran und fragte:

„Hätten Sie vielleicht ein Paar Minuten Zeit für mich?“

„Aber selbstverständlich!“

„Es handelt sich nämlich um eine rein private Angelegenheit.“

Dieses Geständnis machte alle neugierig. Keldysch führte die Wissenschaftler in ein Zimmer und begann, auf der Wandtafel rasch mathematische Symbole zu schreiben. Ab und zu blickte er über die Schulter die Anwesenden an und fragte: „Stimmt es?“

In wenigen Minuten war die Beweisführung beendet.

„Verzeihung, aber das ist doch das Newtonsche Binom“, sagte einer der Wissenschaftler.

„Gewiß“, pflichtete Keldysch bei, „es ist eine neue Beweisführung des Binoms. Ich wollte sie nur mit Ihnen gemeinsam überprüfen. Entschuldigen Sie bitte noch einmal die Störung.“

Als Mstislaw Keldysch im Mai 1961 zum Präsidenten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gewählt wurde, kam zu seinen kosmischen Angelegenheiten eine Vielzahl „irdischer“ Geschäfte. Er trachtete stets danach, die Arbeit der Wissenschaftler in allen Wirtschaftsbereichen mit den Interessen der Produktion aufs engste in Einklang zu bringen. Alles, was heute in Labors, Instituten oder Konstruktionsbüros entsteht, muß schon morgen dem Volk dienen, damit übermorgen Millionen Menschen besser leben können. Nach diesem Motto handelte Keldysch als Wissenschaftler, Staatsmann und Kommunist.

Er hatte viel zu tun. Einige Jahre lang gönnte er sich keinen Urlaub. Er fand nicht einmal Zeit, in seinen Lieblingsbänden von Emile Zola und Anatole France zu lesen oder die von ihm gesammelten Alben mit Reproduktionen großer Maler durchzublättern. Es kam sehr selten vor, daß er durch Moskau spazierenging, oder einfach mit alten Freunden plauderte.

Zum letzten Mal sah ich Mstislaw Keldysch, als ich bei der Mutter Sergej Koroljows vorsprach. Es war Koroljows Geburtstag, und Keldysch hatte dessen Mutter aufgesucht. Er sah müde aus und sprach nur wenig. Bevor ich ging, ersuchte ich ihn um ein Interview über Koroljow.

„Was kann ich eigentlich über Koroljow sagen?“, erwiderte er. „Koroljow hat bereits alles selbst durch seine Taten gesagt.“ Mit diesen Worten möchte ich meinen Beitrag über Akademiemitglied Mstislaw Keldysch schließen. Sie beziehen sich voll auf ihn selbst.

Jaroslav Golowanow