

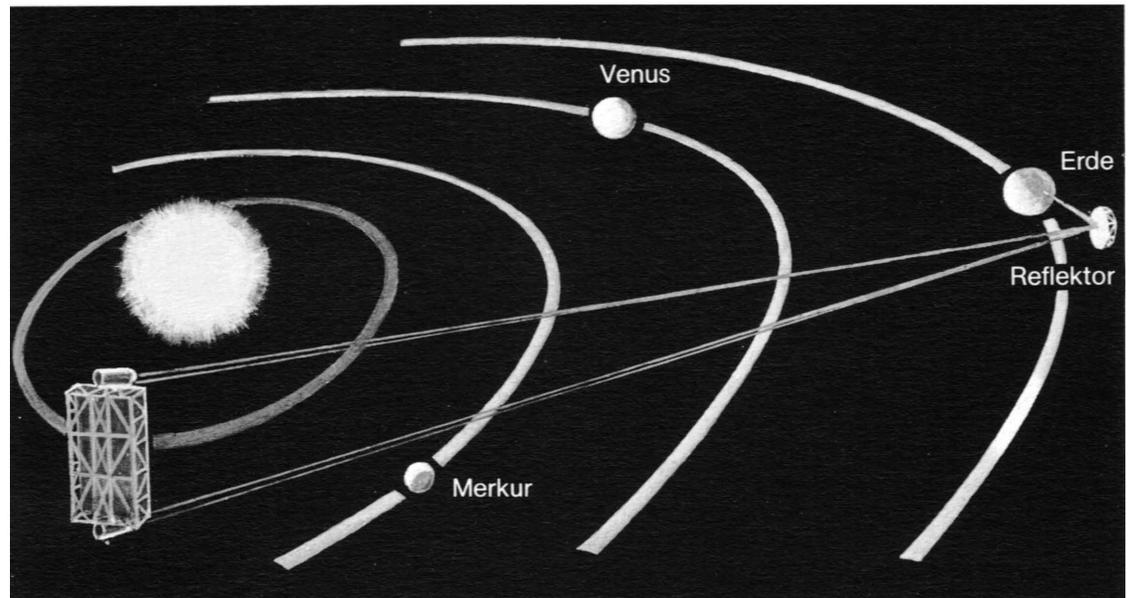
In begrenztem Ausmaß wird die Sonnenenergie bereits heute genutzt. Aber die Sonnenenergiewirtschaft auf der Erde wird allem Anschein nach nur eine Hilfsrolle spielen können. Eine andere Sache ist es, wenn Sonnenkraftwerke im Kosmos gebaut werden.

Das Sammeln der Sonnenenergie im Kosmos, ihre Umwandlung in elektrische Energie und ihre Übertragung auf die Erde zur Nutzung in der Volkswirtschaft weisen prinzipielle Vorzüge im Vergleich zu ihrem Auffangen durch Bodenanlagen auf. Unter diesen Vorzügen seien genannt: das erhöhte Niveau der Sonnenstrahlung, die Kontinuität des Prozesses der Energieerzeugung, die Möglichkeit, Anlagen von riesigen Dimensionen im Kosmos zu bauen, die Verringerung des Verbrauchs von Konstruktionsmaterialien, der minimale Einfluß auf die Umwelt bei einem Einsatz des Systems. Nach Konstantin Ziolkowski, der als erster auf diese Vorzüge hingewiesen hatte, schenken auch die Wissenschaftler Rynin und Tichonrawow den Problemen, die mit der Nutzbarmachung der Sonnenenergie zusammenhängen, große Aufmerksamkeit.

Die Idee, die Erde anhand kosmischer Sonnenkraftwerke mit Energie zu versorgen, wobei die Energie durch einen Funkstrahl übertragen wird, schlug, soweit uns bekannt ist, zum erstenmal der Flugingenieur Warwarow vor.

Im weiteren hat der amerikanische Wissenschaftler P. Glaser in seinen Arbeiten aus den Jahren 1968 bis 1971 den Entwurf eines kosmischen Kraftwerkes konkretisiert, einschließlich eines Systems für die gelenkte Übertragung der Energie aus dem Kosmos auf die Erde. Er schlug auch eine stationäre Umlaufbahn für die Unterbringung von Kraftwerken vor.

Der Vorentwurf von kosmischen Kraftwerken ist heute im Grunde genommen festgelegt. Es handelt sich um grandiose Anlagen, die in der Geschichte der kosmischen Technik nicht ihresgleichen kennen. Bei einer



## Kosmische Kraftwerke

Nutzung von fünf Millionen Kilowatt wird die Masse der Stationen in der Arbeitsumlaufbahn etwa 20 000 bis 60 000 Tonnen betragen, je nach dem Verfahren, nach dem die Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird, und abhängig von der Energieanlage und dem System, mit dem die Energie aus dem Kosmos auf die Erde übertragen wird.

Um die kosmischen Kraftwerke montieren und in die Arbeitsumlaufbahnen einsteuern zu können, sowie für ihre Bedienung im Kosmos ist es erforderlich, spezielle Montagekomplexe, Luft-, Raum- und Orbitalkomplexe, Raum-

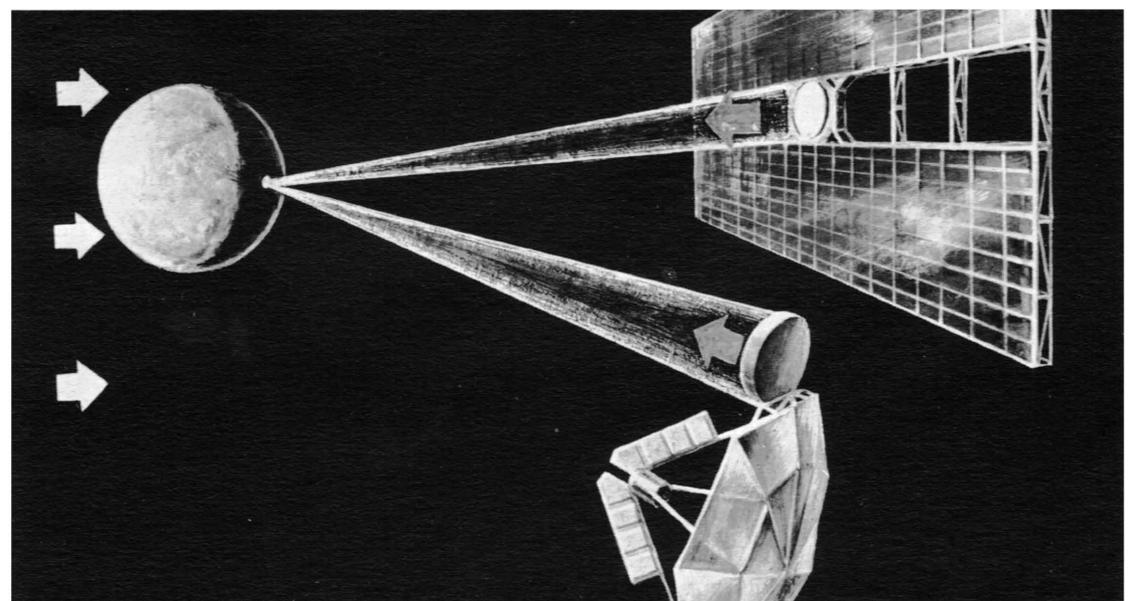
transporter sowie Betriebskomplexe zu entwickeln.

Die Konstruktion und der Bau all dieser Komplexe ist nicht minder kompliziert als die Entwicklung kosmischer Kraftwerke selbst. Zu einem Schlüssel für die Lösung des ganzen Problems werden superleistungsstarke Raumtransporter werden, mit deren Hilfe die Elemente der kosmischen Kraftwerke in eine erdnahe Umlaufbahn als Einzelteile mit einer Masse von 100 bis 5000 Tonnen gebracht werden müssen.

Die heute im Einsatz stehenden sowjetischen Raketenträger lassen sich nur einmal ver-

wenden. Und das bedeutet, daß ihre Stufen nach Erfüllung der Aufgabe auf die Erde fallen und verlorengehen oder fast restlos in der Atmosphäre verbrennen. Jeder Start erfordert einen neuen Raketenträger. Darauf sind die hohen Kosten für das Einsteuern einer Nutzlast in den Kosmos zurückzuführen – etwa 2000 Dollar je Kilogramm. Diese Kosten setzen sich aus den Ausgaben für die Entwicklung der Raketenträgerteile, den Ausgaben für den Raketentreibstoff und für die Bedienung des Raketenträgers an der Startrampe zusammen.

Zur Zeit befassen sich Wissenschaftler und Ingenieure mit



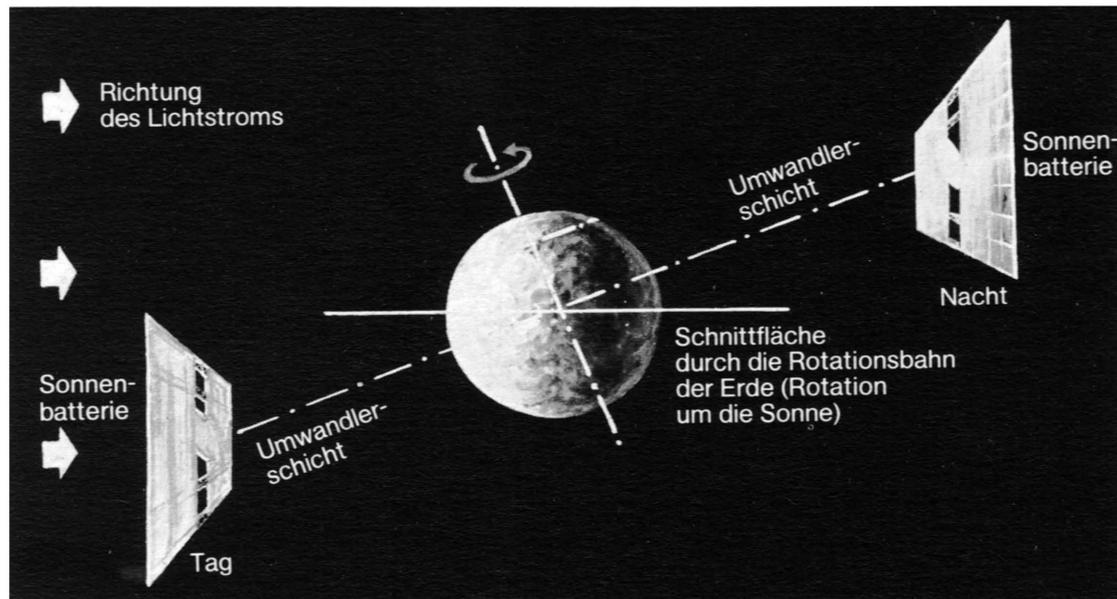
Links: Kosmisches Kraftwerk auf der inneren heliozentrischen Umlaufbahn – Rechts: Position eines kosmischen Kraftwerks bei Nacht und am Tage Fotos: APN

der Möglichkeit, Raketenträger mehrmals einzusetzen. Auf diese Weise könnte eine wesentliche Herabsetzung der Kosten für das Einsteuern der Nutzlast, und zwar auf 10 bis 50 Dollar je Kilogramm, erreicht werden.

Unter Berücksichtigung des Dargelegten stellen kosmische Kraftwerke auf erdnahen Umlaufbahnen eine Aufgabe dar, die sich realisieren läßt. Es gibt keine prinzipiellen theoretischen Schwierigkeiten; zieht man aber den großen Umfang von finanziellen und materiellen Ausgaben, von ernsthaften ökonomischen und sozialen Folgen in Betracht, dann sieht man, daß diese Aufgabe ein Problem großen Maßstabs ist. Und es kann nur auf der Grundlage der internationalen Zusammenarbeit gelöst werden.

Obwohl die kosmischen Kraftwerke saubere Energie erzeugen werden, stehen ihrer Errichtung nicht nur ressourcenbedingte, sondern auch ökologische Beschränkungen im Wege, die mit den Besonderheiten des Einsatzes von kosmischen Raketensystemen zusammenhängen. Wie Spezialisten berechnet haben, wird es ein System von kosmischen Kraftwerken erlauben, Elektroenergie mit einer Nutzleistung von 1,5 Milliarden Kilowatt zur Erde zu übertragen, was der vorausgesagten Welterzeugung von Elektroenergie im Jahre 2000 entspricht. Bei der Einzelleistung des serienmäßig hergestellten kosmischen Kraftwerkes von zehn Millionen Kilowatt beträgt die Anzahl der gesamten eingesetzten Kraftwerke 150 Einheiten. Die Gesamtmasse der Kraftwerke mutet phantastisch an: fünf bis zehn Millionen Tonnen. Um diese Last und die Mittel des Orbitaltransports mit Hilfe von superleistungsstarken Rake-

Links: Zwei kosmische Kraftwerke für die Umwandlung der Sonnenenergie nach einem thermodynamischen bzw. photoelektrischen Verfahren – Rechts: Produktionskomplex zur Errichtung von kosmischen Kraftwerken

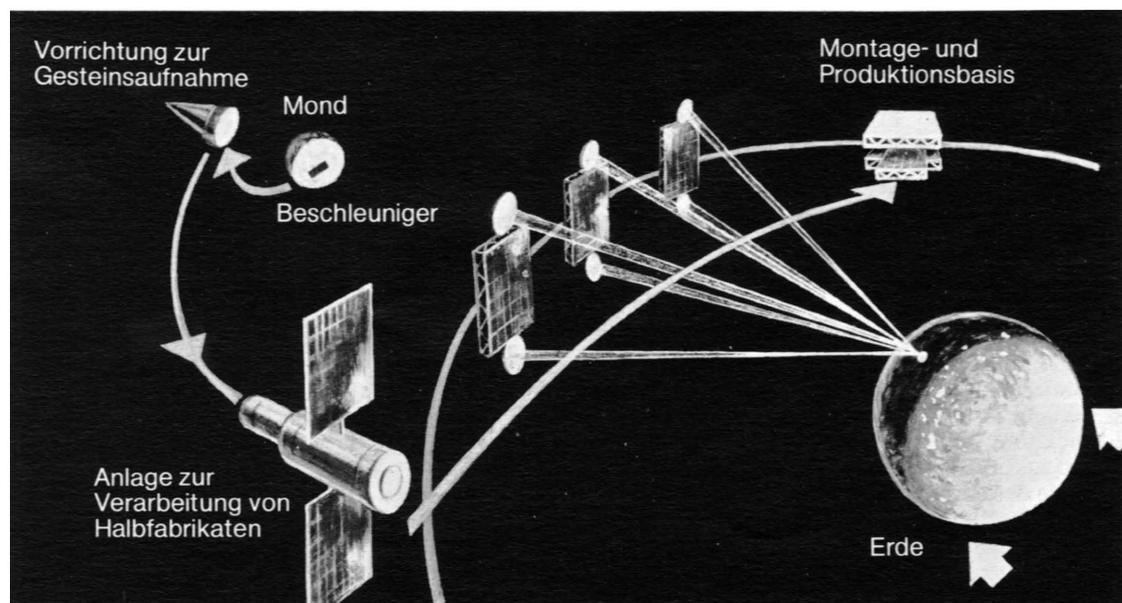


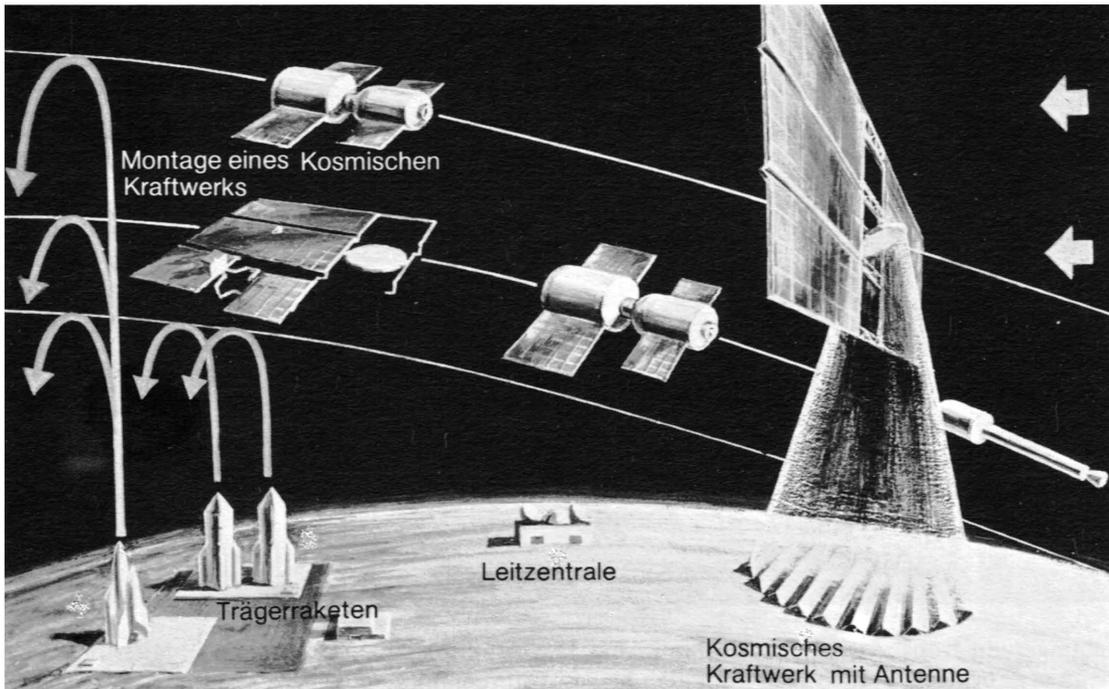
tenträgern in erdnahe Umlaufbahnen zu bringen, werden 200 bis 400 Millionen Tonnen Raketentreibstoff erforderlich sein. Die notwendigen Halbleitermaterialien und die Komponenten des Raketentreibstoffes übersteigen die prognostizierte Weltproduktion um einige Größenordnungen. Es gilt auch, den großen Umfang des ursprünglichen Energieaufwandes zu berücksichtigen. Um die Elektroenergie, die für die Produktion und das Einsteuern eines kosmischen Kraftwerkes verbraucht wird, wiederzugewinnen, muß das Kraftwerk zwei Jahre lang arbeiten. Die Beförderung von Elementen eines kosmischen Kraftwerkes in eine erdnahe Umlaufbahn durch hochwirtschaftliche, superleistungsstarke Raketenträger hat eine Ver-

schmutzung der Atmosphäre mit den heißen Verbrennungsprodukten des Raketentreibstoffes zur Folge. Und das führt zu ernstzunehmenden ökologischen Störungen, zu einer Änderung des bestehenden Gleichgewichts der globalen atmosphärischen Prozesse. Die ressourcenbedingten und ökologischen Beschränkungen stellen also recht ernsthafte Probleme dar, die der Umstellung der Weltenergiewirtschaft im Wege stehen.

Ein möglicher Weg zur Überwindung dieser Schwierigkeiten besteht darin, Materialien des Mondes und von Asteroiden für den Bau von kosmischen Kraftwerken zu nutzen. Dem Urteil von Spezialisten zufolge, kann ein kosmisches Kraftwerk zu 90 Prozent aus

Mond- und anderen außerirdischen Materialien hergestellt werden. In diesem Fall erübrigt es sich, große Nutzlasten von der Erde aus einzusteuern und folglich auch eine große Menge von Raketentreibstoff zu produzieren, es kommt zu keiner Verschmutzung der Atmosphäre mit Verbrennungsprodukten. Jedoch müssen im Weltraum wirkungsvolle Systeme für die Gewinnung, die Verarbeitung und den Transport von Rohstoffen sowie Produktions- und Montagekomplexe errichtet werden, was ihrerseits Orbitalstationen mit zahlreichen Besatzungsmitgliedern sowie Stützpunkte und Stationen auf dem Mond und folglich auch das Einsteuern von Nutzlasten mit großen Massen von der Erde aus erfordern wird. Leider ergeben die Berechnungen, daß





Links: Kosmische und Bodenanlagen, die zum Komplex eines kosmischen Kraftwerks gehören  
Foto: APN

Kilometer um zwei Größenordnungen weniger Solarbatterien gebraucht werden als bei einem Kraftwerk gleicher Leistung in einer geostationären Umlaufbahn. Entsprechend wird auch die Masse der Energieanlage des kosmischen Kraftwerks zurückgehen.

Die Übertragung der Energie von einem kosmischen Kraftwerk zu Boden- oder Orbitalanlagen kann mit Hilfe eines Laserstrahls erfolgen.

Man muß dabei berücksichtigen, daß die Steuerung eines Laserstrahls über astronomische Entfernungen sehr große Schwierigkeiten bereitet. Die Probleme sind im Grunde genommen alle technischen Charakters. Problematisch wird es auch sein, die Bedienung und die Reparatur eines derart weit von der Erde entfernten kosmischen Kraftwerks zu organisieren, die Energieversorgung rund um die Uhr zu gewährleisten und viele andere Fragen zu lösen. Aber die Verringerung der erforderlichen Masse des kosmischen Kraftwerks um zwei Größenordnungen ist derart bedeutend, daß sie die Nutzung von kosmischen Kraftwerken in der Energiewirtschaft der Welt wesentlich beschleunigen kann.

Die Errichtung eines kosmischen Kraftwerks ist eine überaus komplizierte Aufgabe, an deren Lösung sehr verschiedene wissenschaftliche Disziplinen beteiligt sind – Weltraumfahrt, Raketenbau, Energiewirtschaft, Elektronik, Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Ökonomik, Ökologie. All diese Zweige entwickeln sich heute sehr rasch. Es ist über jeden Zweifel erhaben, daß die Wissenschaftler und Ingenieure zweckmäßige Verfahren für die Überwindung der Schwierigkeiten finden werden, die dem Bau von kosmischen Energiekomplexen im Wege stehen.

Prof. Sergej Grischin

das ökologische und das Rohstoffproblem beim Bau von kosmischen Kraftwerken aus außerirdischen Materialien in einem bedeutenden Maße bestehen bleiben.

Es gibt ein grundsätzlich anderes Verfahren, um das Hauptproblem zu lösen, das einem

umfassenden Ausbau der kosmischen Energiesysteme im Wege steht. Die Idee dieses Verfahrens besteht darin, daß die kosmischen Kraftwerke nicht im erdnahen Raum, sondern im Bereich des sonnennahen Raums mit einem erhöhten Niveau der Sonnenstrahlung gebaut werden. Die Idee läuft

also darauf hinaus, daß das kosmische Kraftwerk näher an die Sonne gebracht wird, zum Beispiel in eine Entfernung, in der die Merkurbahn verläuft, oder noch näher. Das bedeutet, daß bei dem Einsteuern des kosmischen Kraftwerks in eine Kreisbahn um die Sonne mit einem Radius von etwa 15 Millionen

## Energiewirtschaft der Zukunft

**A**ngesichts der relativ raschen Abnahme der leicht zugänglichen Vorräte von Erdöl und Erdgas und der höheren Reinheitsanforderungen an die Energieerzeugung ist schon heute abzusehen, daß in Zukunft der Ausbau der Energiewirtschaft nicht durch technische, sondern vor allem durch ökologische Barrieren gehemmt wird. Gleichzeitig geht eine schnelle Vervollkommnung der Prozesse des Auffangens und der Umwandlung der in jeder Hinsicht reinen Sonnenenergie vor sich.

Noch bedeutungsvollere Perspektiven bieten sich der Sonnenenergiewirtschaft im Kosmos.

Heute wird das Problem der Beherrschung der kosmischen Sonnenenergie zu einem der Hauptanreize für die Entwicklung der außerirdischen Produktion, ebenso wie es Ende des vorigen Jahrhunderts als Grundlage der Entstehung der wissenschaftlichen Weltraumfahrt diente. Damals war

Konstantin Ziolkowski durch die Tatsache frappiert, daß fast die gesamte Energie der Sonne für den Menschen verlorengeht. Ziolkowski begann zielstrebig, nach einem Verfahren zu suchen, diese Energie zu beherrschen. Er begründete eine Theorie der strahlgetriebenen Bewegung und erfand eine Flüssigkeitsrakete für die Verwirklichung von Weltraumflügen. Der Traum von der Fahrt zu den Sternen verwandelte sich in eine Wissenschaft – die theoretische Weltraumfahrt. Den im Jahre 1912 veröffentlichten zweiten Teil seiner grundlegenden Arbeit „Erforschung des Weltraums mittels Reaktionsapparaten“ beendete Ziolkowski mit den Worten:

„Der beste Teil der Menschheit wird allem Anschein nach nie ums Leben kommen, sondern von einer Sonne zur anderen nach Maßgabe ihres Erlöschens übersiedeln.“

Die von Ziolkowski vorausgesagte Ära der Weltraumfahrt brach tatsächlich an. Die Flüge

der ersten Sputniks, die rein wissenschaftliche Ziele verfolgten, förderten auch die Entwicklung der Sonnenenergiewirtschaft. Bereits im Jahre 1958 waren der dritte sowjetische Satellit und der erste amerikanische Sputnik mit Sonnenbatterien ausgerüstet. Unter den Bedingungen eines monatelangen Weltraumfluges konnte mit ihnen keine andere Energiequelle konkurrieren. Mit der Forcierung der praktischen Weltraumfahrt ging auch die Vervollkommnung von Sonnengeneratoren einher.

Erfahrungen bei der Arbeit der Orbitalstation „Salut 6“ haben gezeigt, daß das Problem der Energieversorgung von überaus energieintensiven Ausrüstungen moderner kosmischer Flugkörper durch die Sonnenenergie restlos gelöst ist. Die Erfolge der Weltraumfahrt erschlossen die Perspektiven für kosmische Sonnenkraftwerke, welche nicht nur die Energieversorgung von Flugkörpern und Anlagen gewährleisten, die auf der Umlaufbahn arbeiten, sondern auch von Anlagen auf der Erde.