



Pixabay

Greentech

Solarstrom aus dem All

Solarenergie aus dem Weltraum könnte ein großes Problem auf der Erde lösen: den Mangel an grüner Energie, die dauerhaft zur Verfügung steht. Das Potenzial ist riesig, die Hürden sind es auch.

Kathrin Witsch Düsseldorf

Im Weltall scheint die Sonne 24 Stunden, sieben Tage in der Woche. Im Weltall gibt es keinen Sonnenuntergang. Und das Sonnenlicht ist zehnmal so intensiv wie auf der Erde. Diese ständig verfügbare, unerschöpfliche Energiequelle könnte die Lösung für eines der größten Probleme der Erneuerbaren auf der Erde sein. Noch ist die sogenannte weltraumbasierte Solarenergie kaum mehr als eine Idee auf einem Papier.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der europäischen Weltraumagentur (European Space Agency, kurz Esa) wollen das jetzt ändern. Im November vergangenen Jahres gab es grünes Licht für das Projekt mit dem passenden Namen „Solaris“ (von der Sonne). Mit einem Budget von 60 Millionen Euro haben die Forscher jetzt drei Jahre Zeit zu prüfen, ob sich eine volle Entwicklung der weltraumbasierten Solarenergie wirklich lohnt. „Die Technologie existiert seit Jahrzehnten. Es ist theoretisch möglich. Ob es praktisch möglich ist und kosteneffizient, das wollen wir jetzt herausfinden“, sagt Esa-Direktor Josef Aschbacher.

Der Gedanke einer grundlastfähigen, jederzeit verfügbaren grünen Energie in Zeiten des Klimawandels ist für viele Länder mittlerweile ein interessantes Forschungsobjekt. Großbritannien, die USA, Japan, Australien, Südkorea und China – alle wollen das Sonnenlicht, das rund um die Uhr geerntet werden kann. Denn so nachhaltig wie Wind- und Solarenergie sind, so wetterabhängig ist die Stromerzeugung mit den Ökoanlagen. Strom gibt es nur, wenn der Wind weht oder die Sonne scheint. Und das tut sie hier auf der Erde eben

nur ein paar Stunden am Tag. Ganz anders als im All.

Wird aus der Idee von weltraumbasierter Solarenergie mehr als nur eine Theorie, könnten ab 2050 theoretisch jährlich 800 Terawattstunden grüne Weltraumenergie gewonnen werden. Zu dieser Erkenntnis kommt eine Studie des Beratungsunternehmens Frazer-Nash im Auftrag der britischen Regierung. Zum Vergleich: Die Europäische Union verbrauchte im Jahr 2020 knapp über 3000 Terawattstunden. Solarenergie aus dem All könnte also rund ein Drittel des jetzigen Strombedarfs decken und fossile Energieträger aus dem europäischen Mix verdrängen. Aber bis dahin ist es noch ein sehr weiter Weg.

Transport in Mikrowellen

Obwohl die Technologie dahinter überraschend simpel ist: Die Energie würde im wahrsten Sinne des Wortes zur Erde „gebeamt“. Tausende Hochleistungs-solarzellen würden die Sonnenergie 35.000 Kilometer von der Erde entfernt einfangen. Anschließend würden die Elektronen in Mikrowellenstrahlung umgewandelt, damit die Energie drahtlos zur Erde geschickt werden kann. Dort würde ein Feld aus Antennen die Mikrowellen auffangen.

Dann müsste die Strahlung zurück in Strom umgewandelt werden, der schließlich ins Netz und so zur Steckdose kommen könnte. So zumindest die Idee. „Dafür braucht es eine einige Kilometer lange Infrastruktur, die im Weltall zusammengeschraubt und montiert werden muss“, erklärt Aschbacher. Für ein bis zwei Gigawatt Strom, was in etwa der Leistung eines Kernkraftwerks entspricht, bräuchte es im All eine Fläche von 15 Quadratkilometern, etwa so groß wie 2000 Fußballfelder, schätzt

der Weltraumforscher. Allein der Materialaufwand wäre immens.

Trotzdem wurden jetzt schon erste Tests mit deutlich kleineren Solarkacheln gestartet. Allerdings in den USA. Das California Institute of Technology (CalTech) aus den USA hat im Januar ein kleines Raumfahrzeug in den Orbit geschickt. An Bord war auch der sogenannte Space Solar Demonstrator (SSPD). Im All soll das etwa 50 Kilogramm schwere Gerät mehrere PV-Module arrangieren, die sich erst dann wie eine Art Sonnensegel aufklappen. 32 verschiedene Solarzellentypen sind mit an Bord, um zu testen, welche im All besonders effektiv und stabil sind. Sie sollen die Energie einfangen und gebündelt über eine Strecke im Orbit schicken.

Auf der Erde funktioniert das System laut den CalTech-Forschern bereits: „Es gibt immer noch viele Risiken, aber nachdem wir den gesamten Prozess durchlaufen haben, haben wir wertvolle Lektionen gelernt. Wir glauben, dass die Weltraumexperimente uns nun viele zusätzliche Informationen liefern werden“, ist Ali Hajimiri, einer der leitenden Direktoren für das Projekt, überzeugt. Für ihn ist das Experiment ein riesiger Schritt. Auch wenn noch sehr viele Hürden bleiben.

Zusammenbau im All

Solarmodule sind sperrig und schwer, was ihren Transport ins Weltall teuer macht. Sie benötigen außerdem eine umfangreiche Verkabelung, um Strom zu übertragen. Dafür braucht es neue Architekturen, Materialien und Strukturen für ein System, das in der Lage ist, Solarenergie im Weltraum praktisch umzusetzen, und gleichzeitig leicht genug ist, um für den Masseneinsatz kostengünstig zu sein, und stark genug, um

der rauen Weltraumumgebung standzuhalten.

Die riesigen Solaranlagen müssen im All dann von Robotern zusammengebaut werden, die es noch nicht gibt. Vor allem aber muss die auf der Erde funktionierende Technologie der kabellosen Energieübertragung erst noch auf der deutlich längeren Strecke durch den Weltraum erprobt werden.

Einen erfolgreichen Versuch auf terrestrischem Boden gab es dagegen schon. Im vergangenen Jahr haben die Esa und das europäische Luftfahrtunternehmen Airbus zusammen mit dem neuseeländischen Start-up Emrod einen ersten Test durchgeführt.

In der Nähe von München wurden die 2,5 Kilowatt Leistung eines Solarpanels in Mikrowellen umgewandelt und in Form eines Mikrowellenstrahls mithilfe eines Transmitters immerhin über eine Distanz von 36 Metern übermittelt. Die Mikrowellen wurden wieder in elektrische Leistung umgewandelt und zur Beleuchtung einer Modellstadt, für einen Kühlschrank und die Produktion von grünem Wasserstoff mithilfe eines kleinen Elektrolyseurs genutzt.

Die Effizienzverluste bei der Umwandlung hielten sich dabei überraschend im Rahmen, sagt Energieexperte Martin Hoyer von dem Beratungsunternehmen Roland Berger. Mit gerade mal 30 bis 50 Prozent Verlust würde man bei der Umwandlung von Strom zu Mikrowellen und dann wieder zu Strom rechnen.

Um das erforderliche Maß an Effizienz zu erreichen, braucht es allerdings noch erhebliche Fortschritte bei mehreren Umwandlungstechnologien. Auch wenn diese Fortschritte theoretisch möglich sind, müssen sie erst noch durch tatsächliche Hardwareentwick-



Diese grünen Ideen könnten die Welt verändern

Von Wellenkraftwerken, CO₂-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum bis zu energiespendenden Algenarten – überall gibt es Ideen mit dem Potenzial, die Welt zu verändern. Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects. **Nächste Folge:** Wie Blockchain eine Nachhaltigkeitsrevolution auslösen kann.

lung und -tests demonstriert werden. „Die eine Herausforderung ist die Hochskalierung und Effizienz der Technologie. Die andere ist das Aufbauen der Struktur im Weltraum“, erklärt Hoyer. Das seien die beiden forschungsintensivsten Felder.

Viele Fragen noch ungelöst

Hoyer hat bei Roland Berger die Machbarkeitsstudie zur Sonnenenergie aus dem All im Auftrag der Esa geleitet. Das Ergebnis: „Obwohl viele der Bausteine auf bestehenden oder neu entstehenden Technologien für Weltraum- und Bodenanwendungen basieren, sind noch erhebliche Entwicklungen erforderlich, um ein solches System zu ermöglichen“, schreiben die Autoren. Vor allem die Kostenfrage ist ein wichtiger Punkt. Für eine Leistung von zwei Gigawatt Kapazität rechnet Hoyer mit Kosten von über zehn Milliarden Euro. Das ist zwar vielleicht weniger, als man hätte annehmen können, aber würde immerhin Systemkosten zwischen 70 und 250 Euro die Megawattstunde bedeuten. Zum Vergleich: Die gleiche Menge Strom kostete bis zum Krisenjahr 2022 zwischen 25 und 50 Euro.

„Der Kernpunkt für die Machbarkeit ist das Gewicht. Die Tonnen determinieren die Kosten“, erklärt Hoyer. Gemeint sind die Tonnen an Rohstoffen, die es braucht, um die nötigen Anlagen auf der Erde, aber vor allem im All überhaupt erst aufzubauen. Bis zu 4000 Tonnen an Photovoltaik-Modulen allein könnten nötig sein. Je nachdem wie effizient sie sind und wie günstig oder auch teuer die Raketenstarts werden, um die Module ins All zu bringen, können die Kosten je nach Gewicht also stark variieren.

Dass sich aktuell immer mehr Länder mit der weltraumbasierten Solarenergie beschäftigen, liegt vor allem daran, dass die Gesamtkosten für ein solches Vorhaben in den vergangenen Jahrzehnten schon erheblich gesunken sind. Und zwar durch Privatunternehmen wie das von Elon Musk gegründete SpaceX. Um das Material in den Orbit zu bringen, braucht es zahlreiche Raketenstarts. Und die waren vor 15 Jahren noch deutlich teurer als heute. Effizientere Raketenstarts machen die Solarenergie aus dem All plötzlich zu mehr als reiner Fiktion.

Die britische Regierung investiert dafür heute schon umgerechnet rund 19 Milliarden Euro. Über 60 Technologieunternehmen sind schon Teil der UK Space Energy Initiative, darunter Schwergewichte wie der Luft- und Raumfahrtkonzern Airbus, die Universität Cambridge und der Satellitenhersteller SSTL. Sie sind davon überzeugt, dass Solarenergie aus dem All auf die Erde gebeamt werden kann.

Vor 2040 rechnen Experten allerdings nicht mit ersten Pilotprojekten. Esa-Direktor Aschbacher glaubt selbst bei erfolgreicher Forschung, dass es mindestens noch gut 15 Jahre dauern könnte, bis die erste allbasierte Solarenergie auf der Erde ankommt.

Um das Equipment in den Orbit zu bringen, brauche es viele Raketenstarts. Gelingt die Treibstoffumstellung auf grünen Wasserstoff in den 2030er-Jahren, „wären wir hier immerhin schon weitgehend klimaneutral“. Dann müssten Strukturen im Orbit aufgebaut werden, ähnlich wie es damals bei der internationalen Raumstation ISS passiert ist. Und dann muss das Kraftwerk installiert und eingeschaltet werden. „Aber stellen Sie sich mal vor, es funktioniert wirklich. Das wäre phänomenal“, schwärmt der Forscher.