

## ■ Auf den Spuren des frühen Sonnensystems

Seit dem 8. September ist die Raumsonde OSIRIS-REx auf dem Weg zum Asteroiden Benu.

Asteroiden sind Überreste aus der Frühzeit unseres Sonnensystems. Die primitivsten von ihnen sind kohlenstoffreich und haben sich seit ihrer Entstehung vor über vier Milliarden Jahren kaum verändert. Sie enthalten flüchtige organische Moleküle und Aminosäuren, die Hinweise auf die Entstehung von Leben geben können.

Am 8. September startete die NASA die Mission OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, and Security-Regolith Explorer). Sie soll sich dem erdnahen Asteroiden Benu nähern, ihn untersuchen und eine Probe nehmen. Ziel der 800 Millionen Dollar teuren Mission ist auch, potenziell gefährliche Objekte zu beobachten sowie den Einfluss von Sonnenlicht auf die Umlaufbahn von Asteroiden zu erforschen.

Über 500 000 Asteroiden sind im Sonnensystem bekannt, doch nur wenige kamen für die Mission infrage: Erreichbarkeit, Größe und Zusammensetzung müssen passen. Benu hat als erdnahes Objekt einen Durchmesser von 492 Metern und ist wohl kohlenstoffreich. Damit ist er einer von nur fünf Kandidaten, die alle Kriterien erfüllen: Am besten eignen sich Asteroiden mit einer erdähnlichen Umlauf-



Die Mission OSIRIS-REx soll eine Probe vom erdnahen Asteroiden Benu nehmen.

bahn. Durchmesser von weniger als 200 Metern erschweren ein sicheres Annähern.

Im Laufe von zwölf Monaten umkreist OSIRIS-REx zunächst die Sonne. Im August 2018 wird sich die Raumsonde Benu bis auf 240 Meter nähern. In Erkundungsflügen soll die Sonde den geeigneten Ort für die Aufnahme der Probe bestimmen. Dafür wird Bensus Oberfläche mittels optischer Kameras sowie eines Laserhöhenmessers zwei Jahre lang kartographiert. Die Instrumente an Bord erfassen die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Asteroiden. Die Aufnahme der

Probe erfolgt mithilfe eines Touch-And-Go-Verfahrens: Ein drei Meter langer Roboterarm mit Probenkapsel kommt fünf Sekunden lang in Kontakt mit der Asteroidenoberfläche und wirbelt mit Stickstoffgas Staub und loses Gestein auf. Daraus entnimmt die Kapsel eine bis zu zwei Kilogramm schwere Probe. Planmäßig soll OSIRIS-REx im März 2021 zur Erde umkehren und im September 2023 die Kapsel über der Erdatmosphäre freigeben. Die Raumsonde könnte ihre Umlaufbahn um die Sonne ohne weiteres Ziel fortsetzen, während die Kapsel in der Wüste von Utah landen wird.

Nina Beier

## USA

### Alternde Kernkraftwerke

Gegenwärtig erzeugen in den USA 60 Kernkraftwerke mit 99 Reaktorblöcken etwa ein Fünftel der benötigten elektrischen Leistung. Dabei handelt es sich um Leichtwasserreaktoren, die fast alle zwischen 1970 und 1990 ihren Betrieb aufgenommen haben. Die staatliche Nuclear Regulatory Commission (NRC), die für die Sicherheit der Kernkraftwerke verantwortlich ist, vergibt Betriebslizenzen für 40 Jahre, die sich auf Antrag verlängern lassen. Die

Lizenzen von 81 Reaktoren wurden schon um 20 Jahre verlängert. Nach den neuen Sicherheitsrichtlinien der NRC soll eine Verlängerung um weitere 20 Jahre möglich sein. Aber sind die Anlagen nach so langer Zeit noch sicher? Insbesondere die Komponenten, die jahrzehntelang intensiver Neutronenstrahlung ausgesetzt sind, altern stark und sollten gründlich überprüft werden. Dazu führt das Department of Energy (DOE) beschleunigte Alterungsversuche durch, bei denen Materialien sehr intensiv mit Neutronen bestrahlt werden, um die Risiken

bei verlängerten Laufzeiten besser abschätzen zu können.

Da sich die Kernkraftwerksbetreiber zurzeit gegen niedrige Erdgaspreise behaupten müssen, investieren viele von ihnen nur ein Minimum in Wartung und Aufrüstung der Anlagen. Die Pläne der NRC, den Betrieb von älteren Kernkraftwerken zu gestatten, steht daher unter Kritik. Um den Ausstoß von Treibhausgasen bei der Energieerzeugung in Grenzen zu halten, können die USA derzeit aber nicht auf Kernkraftwerke verzichten. Ein Ausweg ist die Entwicklung

von neuen Reaktormodellen. Dazu gehören kleine „modulare“ Reaktoren, die flexibel und ökonomisch sind, aber auch Reaktoren mit alternativer Kühlung oder anders konfigurierten Kernbrennstoffen als heutige Leichtwasserreaktoren. Dazu erarbeiten NRC und DOE die technischen Sicherheitskriterien. Der US-Senat hat das DOE beauftragt, ein „National Nuclear Innovation Center“ einzurichten. Die NRC hat regulatorische Richtlinien aufgestellt, die bei der Vergabe von Betriebslizenzen für fortschrittliche Kernreaktoren Flexibilität, Innovation und schnelle Kommerzialisierung fördern. Die „Union of Concerned Scientists“ fürchtet, dass dadurch Genehmigungsstandards von neuen und unerprobten Technologien verwässern.

## Private und staatliche Forschung

Die US-Privatwirtschaft hat 2014 341 Milliarden Dollar für Forschung und Entwicklung (F&E) ausgegeben und damit 5,6 Prozent mehr als 2013.<sup>1)</sup> Die Unternehmen haben aus eigenen Mitteln knapp 283 Milliarden Dollar (+6,7 Prozent) aufgewendet, aus Fremdmitteln kamen rund 58 Milliarden Dollar (+1 Prozent), von denen knapp 27 Milliarden staatliche Gelder waren (-9,7 Prozent). Dies geht aus einer Studie der National Science Foundation hervor.<sup>2)</sup> Demnach flossen von den gesamten F&E-Mitteln 22 Milliarden Dollar (+12,4 Prozent) in die Grundlagenforschung, 53 Milliarden (+4,7 Prozent) in die angewandte Forschung und

265 Milliarden (+5,3 Prozent) in die Entwicklung. Wie schon im Vorjahr gab die Computer- und Elektronikindustrie 2014 rund ein Zehntel (10,2 Prozent) ihrer Umsatzerlöse für F&E aus. Ihre Spitzenreiterposition musste sie jedoch an die Pharmaindustrie abgeben, die eine F&E-Quote von 13,4 Prozent vorweisen konnte.

Während die F&E-Ausgaben der US-Wirtschaft kräftig zugenommen haben, stagnieren die staatlichen Mittel für die Grundlagenforschung in vielen Bereichen. Dafür ist vor allem der republikanisch dominierte US-Kongress verantwortlich. Vor einem Jahr hatten 250 einflussreiche Organisationen aus Industrie, Hochschule und Wissenschaft in einer Erklärung an den Kongress appelliert, Maßnahmen zu beschließen und Investitionen durchzuführen, damit die USA in der Innovation weltweit führend bleibt. Weil die Lage unverändert ernst ist, unterschrieben nun über 500 Organisationen die Erklärung und veröffentlichten sie zusammen mit einem Zwischenbericht.<sup>3)</sup> Zu den Unterzeichnern gehören neben Microsoft, Novartis und Shell auch das American Institute of Physics (AIP) und die American Physical Society (APS).

## Initiative für Quanten

Die Quanteninformationsverarbeitung entwickelt sich stürmisch. Seit 2000 hat sich die Zahl der jährlichen Veröffentlichungen über Quantencomputing oder Quanteninformation verzehnfacht. Kommerzielle Quantenkryptographie und Googles Quantencomputerprojekt „Quantum Supremacy“ belegen, dass Entwicklung und Vermarktung neben die Grundlagenforschung treten. Die US-Regierung hat zwei Studien veröffentlicht, die den Stand und die Möglichkeiten der Quanteninformationsverarbeitung untersuchen.<sup>4)</sup> Angesichts des europäischen Flagships für Quantentechnologien liegt das Augenmerk der Studien darauf, wie die USA ihre führende Rolle auf diesem Gebiet sichern

## Forschungsgelder aus der Industrie für F&E

Industriezweig	Ausgaben in Mrd. \$	Veränderung zu 2013 in %
Verarbeitende Industrie	232,8	+5,1
Computer & Elektronik	73,9	+9,9
Chemische Industrie	66,3	+7,5
Flug- und Fahrzeugbau	46,7	+1,7
Maschinenbau	12,1	-4,1
Elektrotechnik	4,4	+5,5
Sonstige	29,4	-1,6
Nichtverarbeitende Industrie	107,9	+6,8
Software & Information	63,8	+11,5
F&E-Dienstleister	31,0	-0,1
Finanzen & Versicherung	4,1	-4,3
Sonstige	9,0	+6,1

können. Die „Interagency Working Group on Quantum Information Science“ hat eine Studie erarbeitet, die untersucht, wie die Forschung und Förderung zwischen den beteiligten Organisationen und Laboratorien besser zu koordinieren ist. Die zweite Studie beschäftigt sich mit Maßnahmen, mit denen das DOE die Entwicklung der Quanteninformationsverarbeitung vorantreiben kann. Neben der Förderung von kleineren Forschungsteams über fünf Jahre sollen große Gruppen mit bis zu 50 Mitgliedern die „Grand Challenges“ über zehn Jahre anpacken. Ausgewiesene Forscher sollen mit High-Risk-High-Gain-Projekten „aufregende neue Ideen“ verfolgen.

## NASA ermöglicht Open Access

Das Office of Science and Technology Policy (OSTP) des Weißen Hauses hatte vor drei Jahren gefordert, die veröffentlichten Ergebnisse staatlich geförderter Forschung für alle Bürger frei zugänglich zu machen.<sup>5)</sup> Nachdem staatliche Forschungsförderorganisationen wie die NSF diese Politik des „Open Access“ schon umgesetzt haben, zieht auch die NASA nach. Alle Veröffentlichungen in begutachteten Fachzeitschriften oder Tagungsbänden, die aus NASA-geförderten Forschungsprojekten hervorgehen, sind nun frei zugänglich auf dem Archiv PubSpace abzulegen.<sup>6)</sup> Die Artikel und Daten stehen innerhalb eines Jahres nach ihrer Veröffentlichung zur Verfügung.

Rainer Scharf

1) Physik Journal, Oktober 2015, S. 13

2) [www.nsf.gov/statistics/2016/nsf16315](http://www.nsf.gov/statistics/2016/nsf16315)

3) [www.amacad.org/content/innovationimperative](http://www.amacad.org/content/innovationimperative)

4) <http://bit.ly/2d4AdCC>

5) Physik Journal, April 2013, S. 15

6) [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/funder/nasa](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/funder/nasa)

## ERRATUM

Zu: A. Lambrecht, Die Kraft aus dem Nichts, Physik Journal, August/September 2016, S. 51

Auf Seite 52 hat sich in der Diskussion um den Casimir-Druck  $P$  ein Fehler eingeschlichen: Natürlich wächst er gemäß der Formel  $P = F/A \sim 1/d^4$  um den Faktor 16, wenn sich der Abstand  $d$  der Spiegel halbiert. Zudem entspricht ein Casimir-Druck von 1 mPa einem Hundertmillionstel des typischen Atmosphärendrucks.