

aber das Modell des Neurons selbst bleibt gleich, weil es BrainScaleS mit seiner Hardware festlegt“, gibt Karlheinz Meier zu bedenken. Hier sieht er einen Vorteil des komplementären Systems SpiNNaker, das in Manchester entstand. SpiNNaker besteht aus 500 000 Mikroprozessoren, deren Architektur sich auch in den Prozessoren von Smartphones wiederfindet. Wie ein Neuron modelliert ist, legt die Software fest, die in konventionellen Programmiersprachen erstellt wird.

Durch eine spezielle Vernetzung der Prozessoren arbeitet das System hochgradig parallel: Lernprozesse des Gehirns lassen sich so in Echtzeit simulieren. Mit beiden Maschinen positioniert sich Europa auf dem wachsenden Gebiet des alternativen Computing. Vergleichbare Entwicklungen finden derzeit im IBM-Forschungslabor Almaden (Kalifornien, USA) statt.

Für Karlheinz Meier ist die Anwendung neuromorpher Computer nicht darauf begrenzt, das Gehirn

zu erforschen oder zu untersuchen, wie Selbstorganisation in Netzwerken abläuft: „Unser Gehirn kann besser als jeder Supercomputer Strukturen in unvollständigen Daten erkennen.“ Diese Fähigkeit teilen die neuromorphen Systeme und erlauben damit kognitives Computing – ein Markt der Zukunft, wenn es um die Analyse großer Datenmengen geht, wie sie in der Hochenergiephysik oder bei Google anfallen.

Kerstin Sonnabend

Leben, wie wir es (noch) nicht kennen

Eine Roadmap stellt erstmals Leitlinien für astrobiologische Forschung in Europa vor.

Wie ist das Leben entstanden? Gibt es außerhalb der Erde Leben? Das sind uralte Fragen, die neuerdings eine Renaissance erleben. So gelingt es, immer mehr erdähnliche Planeten um andere Sterne zu entdecken, die Rosetta-Mission der ESA spürte organische Moleküle in den Eisschichten des Kometen Churyumov-Gerasimenko auf, und die europäische Exomars-Sonde ist auf dem Weg zum Roten Planeten, um nach Anzeichen für primitives Leben zu suchen. Da kommt die Roadmap, die das European AstRoMap Project Ende März veröffentlicht hat, zur rechten Zeit.¹⁾ Sie erfasst den Stand der astrobiologischen Forschung in Europa. Astrobiologie wird dabei verstanden als die Erforschung von Ursprung, Evolution und Ausbreitung des Lebens im Kontext kosmischer Entwicklungen. Die Roadmap identifiziert fünf zentrale Forschungsfelder:

- Ursprung und Entwicklung von Planetensystemen,
- Entstehung organischer Verbindungen im Weltraum,
- Gesteins-Wasser-Kohlenstoff-Wechselwirkungen, organische Synthese auf der Erde und die Schritte zum Leben,
- Leben und „habitable Zonen“ im Sonnensystem und darüber hinaus sowie
- Biomarker, welche den Nachweis von Leben ermöglichen.



NASA/JPL-Caltech/SETI Institute

Unter dem dicken Eispanzer von Jupitermond Europa vermutet man Ozeane aus

Wasser, die eventuell lebensfreundliche Bedingungen bieten könnten.

Innerhalb dieser Forschungsfelder werden Schlüsselfragen und Leitlinien für die künftige Forschung skizziert – für die nächsten zehn bis zwanzig Jahre und teilweise darüber hinaus. Bei der Erforschung von Planetensystemen geht es etwa darum, die chemische Zusammensetzung protoplanetarer Scheiben genauer zu erfassen und mehr Erkenntnisse über die Vielfalt exoplanetarer Systeme und die Entwicklung habitabler Zonen zu gewinnen. Im Hinblick auf unser Sonnensystem gilt es z. B., besser zu verstehen, wie Wasser und organisches Material auf der Erde entstand bzw. auf diese gelangte.

Für die kommenden zehn Jahre besteht daher laut Roadmap zu-

nächst ein Bedarf an mehr und besseren Beobachtungen von der Erde und vom Weltraum aus. Bestehende Observatorien wie ALMA und NOEMA versprechen dabei unter anderem den Nachweis komplexer Moleküle. Erkenntnisse über die Häufigkeit chemischer Elemente und molekularer Verbindungen können in ausgefeiltere räumliche Modelle für protoplanetare Scheiben einfließen, die auch chemische Prozesse berücksichtigen. Große Hoffnungen ruhen auf dem James-Webb-Weltraumteleskop und dem European Extremely-Large-Telescope (E-ELT) in Chile, deren Beobachtungsbetrieb ab 2018 bzw. 2024 beginnen könnte. In unserem Sonnensystem liegt ein Augenmerk

¹⁾ G. Horneck et al., *Astrobiology* 16, 201 (2016), <http://bit.ly/1YGNWA7>

2) www.mpia.de/HIFOL3) www.volkswagenstiftung.de/en/life.html4) nai.nasa.gov

auf Weltraummissionen etwa zum Jupitermond Europa, der unter seiner Eiskruste flüssiges Wasser beherbergen könnte.

„Gerade die Frage nach der Herkunft des Lebens ist jetzt wieder besonders spannend“, sagt Thomas Henning, Direktor am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg. Dieses Forschungsthema wurde nicht zuletzt durch neuartige physikalische und chemische Methoden wiederbelebt, etwa Massenspektroskopie, um detaillierte Reaktionen zu analysieren, mit denen die ersten biologisch relevanten Moleküle aus unbelebter Materie entstanden sein könnten. Henning selbst befasst sich unter anderem mit der Bildung und Entwicklung von Wasser und organischer Materie in protoplanetaren Scheiben und ist Mitinitiator der „Heidelberg Initiative for the Origins of Life“ (HIFOL), die Forscher aus der Astrophysik, den Geowissenschaften, der Chemie und den Lebenswissen-

schaften zusammenbringt.²⁾ „Viele der unter dem Begriff Astrobiologie zusammengefassten Themen drehen sich um sehr gut formulierte physikalisch-chemische Fragen. Eine wirkliche Astrobiologie gibt es streng genommen erst, wenn wir Leben außerhalb der Erde entdeckt haben“, gibt Thomas Henning zu bedenken. Allerdings thematisiere die Roadmap ausdrücklich die große Interdisziplinarität des Forschungsgebiets. Auf diese Interdisziplinarität sei man zwar stolz, aber gerade Forschung an den Grenzen zwischen den Disziplinen habe es oft genug schwer, die angemessene Förderung zu erhalten. „Hinzu kommt, dass sich die ESA im Gegensatz zur NASA nicht so sehr als Wissenschaftsförderorganisation sieht. In der Astrobiologie ist die Forschungsförderung in Europa daher zumeist nur national organisiert“, sagt Henning. In Deutschland gibt es unter anderem die Förderinitiative „Life? – A

fresh scientific approach to the basic principles of life“ der Volkswagenstiftung³⁾ sowie die DFG-Schwerpunktprogramme „Building a Habitable Earth“ und neuerdings „Exploration der Diversität extrasolarer Planeten“ (Kordinatorin: Heike Rauer, TU Berlin).

Ein zentrales Anliegen der Roadmap ist es, eine entsprechende Forschungsförderung der Astrobiologie im europäischen Rahmen zu organisieren. Die Roadmap empfiehlt daher nachdrücklich, eine Plattform oder ein Institut für die europäische Astrobiologie zu gründen. In den USA hat das Forschungsfeld mit dem 1959 etablierten „Exobiology and Evolutionary Biology Program“ eine lange Tradition. Seit 1998 bündelt das virtuelle NASA Astrobiology Institute die astrobiologischen Forschungen an amerikanischen Universitäten und NASA-Zentren.⁴⁾

Alexander Pawlak

■ Empfohlene Astroteilchenphysik

Der Wissenschaftsrat stufte den Forschungsbau für Astroteilchenphysik der Universität Erlangen-Nürnberg als förderwürdig ein.

Vermessung hochenergetischer Gammastrahlung und Neutrinos aus dem Weltraum, Astrophysik mit Satellitenmessungen von Röntgenstrahlung oder die experimentelle Untersuchung von Neutrinoeigenschaften – dies sind einige wissenschaftliche Schwerpunkte des Erlangen Centre for Astroparticle Physics (ECAP).^{#)} In seiner Sitzung im April hat der Wissenschaftsrat das ECAP Laboratory als wissenschaftlich herausragend bewertet und zur gemeinsamen Förderung von Bund und Ländern empfohlen.^{§)}

Der Forschungsbau soll eine Nutzfläche von 3500 Quadratmetern haben und ab 2022 Platz für 148 Nutzer bieten. Die Gesamtbaukosten betragen knapp 40 Millionen Euro. Das ECAP Laboratory würde es den dortigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglichen, die Astroteilchenphysik international

führend mitzugestalten und wesentliche Beiträge zu kommenden Großexperimenten zu leisten, ist ECAP-Direktor Stefan Funk überzeugt. Auch die Laborastrophysik wird dort eine Heimat finden. Ziel dabei ist es, astrophysikalische Prozesse im Labor nachzustellen und unter kontrollierten Bedingungen zu vermessen. „Wir können somit in diesem gerade aufkommenden Gebiet von Anfang an eine führende Rolle spielen“, freut sich Funk.

Entscheidend wird auch die Entwicklung von Detektoren für die Astroteilchenphysik sein. Zudem wollen die Wissenschaftler den Technologietransfer in der Medizintechnik weiter ausbauen, etwa in der Phasenkontrast-Röntgenbildgebung und Dosimetrie.

Das Forschungsprogramm des ECAP sei von höchster wissenschaftlicher Aktualität und Relevanz, urteilt der Wissenschaftsrat.

Die vier Forschungsschwerpunkte – Herkunft und Rolle relativistischer Teilchen, extreme Astrophysik, fundamentale Fragen der Teilchenphysik sowie Detektorentwicklung und Technologietransfer – fügen sich zu einem kohärenten Programm zusammen, das große Synergien erwarten lässt. Angesichts der bestehenden Kooperationen bewertet der Wissenschaftsrat die Möglichkeiten des ECAP als hervorragend.

Insgesamt stufte der Wissenschaftsrat für die Förderphase ab 2017 zwölf Forschungsbauten mit Gesamtkosten von 396 Millionen Euro und zwei Vorhaben aus der Förderlinie „Hochleistungsrechner“ als förderwürdig ein. Alle diese Vorhaben lassen sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln finanzieren. Die Entscheidung trifft die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) im Juni.

Maika Pfalz

#) www.ecap.nat.uni-erlangen.de

§) www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5246-16.pdf