

# Nachrichten aus dem schwarzen Loch

## Physiker fahnden in der Tiefsee nach Relikten des Urknalls

Text: Frank Grotelüschen

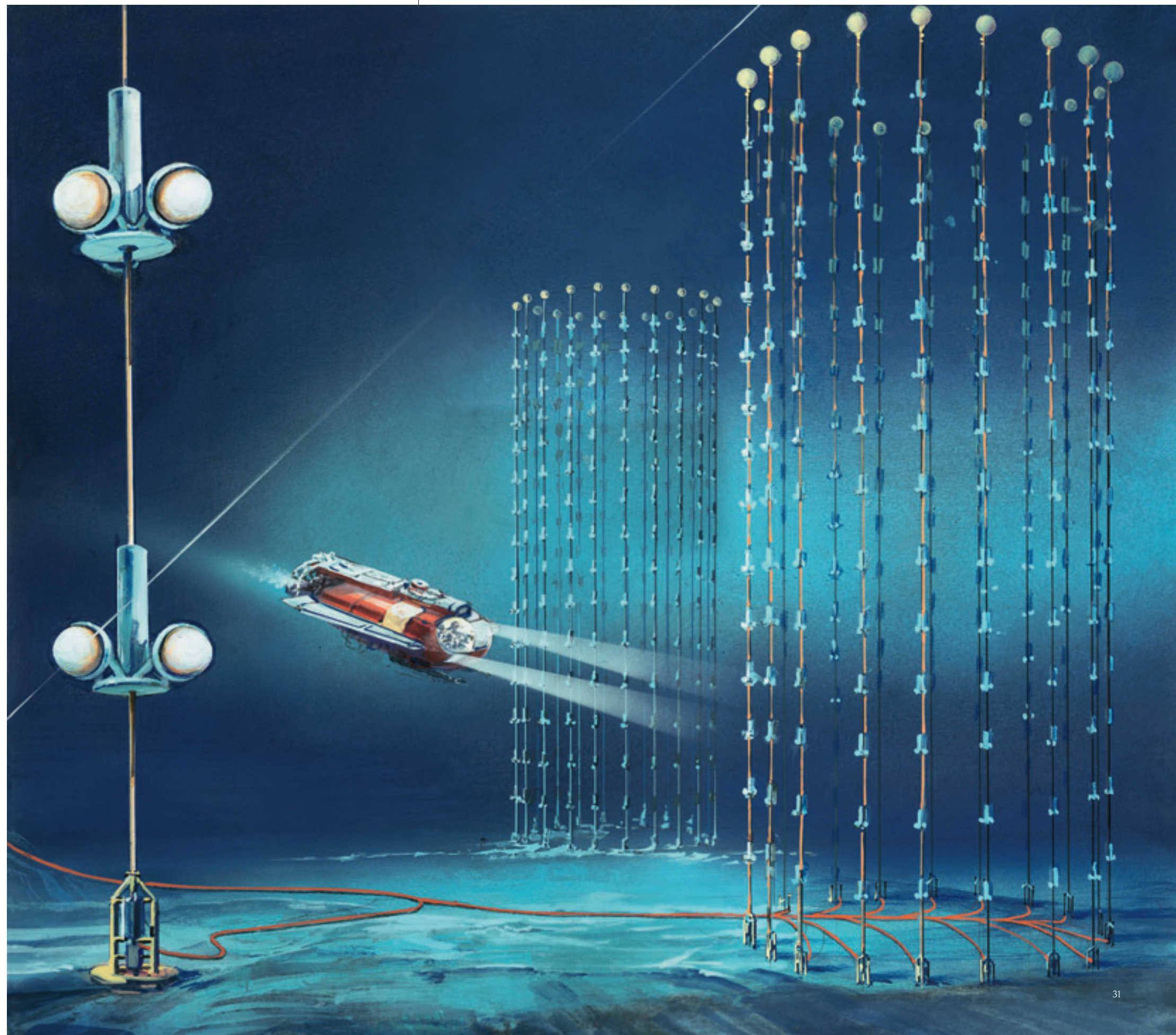
Illustration: Günter Radtke

IM ZENTRUM DER MILCHSTRASSE SCHLUMMERT ein Monstrum. Ein schwarzes Loch, Millionen Mal schwerer als die Sonne, zugleich kleiner als ein Atom. Kraft seiner gewaltigen Gravitation saugt es alles auf, was ihm zu nahe kommt. Selbst Lichtstrahlen fallen dem Ungetüm zum Opfer und verschwinden in seinem pechschwarzen Schlund. An seinen Rändern jedoch gebiert das Loch einen stetigen Strom aus seltsamen Geisterteilchen. Schnell wie das Licht eilen die Schattenpartikel hinaus in die Weiten des Alls.

Nach einer 30 000 Jahre währenden Reise erreichen sie die Erde. Dort, am Grund des Mittelmeers, entzündet eines der Teilchen einen bläulichen Lichtfunken. Glaskugeln, groß wie Medizinbälle, aufgereiht auf kilometerlange Seile, schnappen das schwache Glimmen auf. In einem Kontrollraum an Land brandet Jubel auf. Die Physiker haben ein „kosmisches Neutrino“ entdeckt – einen Kundschafter aus dem Herzen der Milchstraße.

Von diesem Szenario kann John Carr bislang nur träumen. Denn noch steht – oder besser taucht – sein Experiment nicht. Erst in ein paar Jahren wird „Antares“ fertig sein, eines der ungewöhnlichsten Teleskope der Welt. Keine Riesenschüssel auf einem Berg, sondern

**Tausend Augen warten auf einen Funken**  
In einer Tiefe von 2500 Metern im Mittelmeer verankern Wissenschaftler das 260 Millionen Euro teure Teleskop „Antares“. Es fängt das bläuliche Glimmen auf, das Neutrinos abgeben, wenn sie mit einem Atomkern kollidieren



ein Geflecht aus 1000 Glaskugeln, abgesehen in die Tiefen des französischen Mittelmeers. Statt Licht soll „Antares“ Neutrinos aufspüren, merkwürdige subatomare Teilchen. Das Forschergerät ist kein Einzelstück: Auch vor der Küste Griechenlands und im ewigen Eis der Antarktis üben sich Physiker an einer neuen Spielart der Astronomie, der Neutrinoelektronik. Es soll die ungewöhnlichsten Gebilde erkunden, die es im Kosmos gibt – wie das schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxis.

„Neutrinos interagieren so schwach mit Materie“, erläutert Carr, der am Zentrum für Teilchenphysik in Marseille arbeitet, „dass sie Hindernisse durchdringen können, die für Licht unüberwindlich sind.“ Die Folge: Einige Neutrinos kommen von ganz weit her, stammen aus den äußersten Regionen des Universums. Andere wurden im Inneren von Sternen und Galaxien geboren. Ließen sich, so Carrs Kalkül, diese kosmischen Kurierereinfangen, könnten die Astronomen in bislang unerreichte Tiefen des Alls und in die Kerne von Gestirnen und Milchstraßen blicken. „Vielleicht können wir sogar Relikte des Urknalls beobachten“, spekuliert Carr, „Neutrinos, die in den ersten Millisekunden nach dem ‚Big Bang‘ erzeugt wurden.“

Doch die Angelegenheit ist schwierig. Gerade wegen ihres flüchtigen Charakters lassen sich Neutrinos extrem schwer einfangen. Es braucht riesige Nachweisgeräte, nahezu perfekt abgeschirmt gegen störende Einflüsse. Beste Voraussetzungen bietet die Tiefsee. Das Meer schirmt das Störfeuer der aus dem All kommenden kosmischen Strahlung weitgehend ab. Und: Im extrem reinen Tiefseewasser hinterlassen die Neutrinos – wenn auch sporadisch – verräterische Leuchtspuren.

Diese Spuren soll „Antares“, benannt nach dem hellsten Stern im Bild des Skorpions, aufspüren. Das Prinzip: Im Mittelmeer vor Toulon, in 2,5 Kilometer Tiefe, verankern Carr und seine Crew Seile am Grund. Bojen halten die 500-Meter-Stränge in der Senkrechten. An jedem Seil sind 90 Lichtsensoren befestigt, eingebaut in medizinballgroße Glaskugeln, die einen Druck von 250 Bar aushalten.

„Das Areal soll später aus 13 Seilen mit insgesamt 1000 Glaskugeln bestehen“, sagt Carr. „Antares“ wird auf dem Meeres-

boden eine Fläche von zehn Fußballfeldern abdecken.“ Gleich Dutzende von Sensoren werden anschlagen, wenn ein Neutrino vorbeikommt. Auf dem Computermonitor erscheint eine Leuchtspur. Sie verrät, aus welcher Ecke des Weltalls das Neutrino gekommen ist.

Die riesige Unterwasserkonstruktion ist für Carr und seine 130 Mitstreiter absolutes Neuland. „Um die Meerestechnik in den Griff zu kriegen, arbeiten wir eng mit einem französischen Institut für Ozeanographie“, erklärt der Engländer. „Gemeinsam entwickeln wir ein Sensorsystem, das die Bewegung der Kugeln in der Meeresströmung misst.“ Heikel auch die Anbindung von „Antares“ an die Küste. Ein 40 Kilometer langes Unterwasserkabel soll das Kontrollzentrum mit dem Detektor am

## Neutrinos

Schattenhafte Geisterteilchen

Sie gelten als die merkwürdigsten unter den Elementarteilchen. Neutrinos tragen weder eine elektrische Ladung, noch reagieren sie auf die Kraft, die die Atomkerne zusammenhält. Deshalb können Neutrinos alles durchdringen, was sich ihnen in den Weg stellt. Selbst die Erde ist kein Hindernis: Pro Sekunde rasen Milliarden Neutrinos wie Geister durch jeden Quadratzentimeter der Erdoberfläche, ohne dass wir etwas davon merken. Entsprechend schwer sind die Teilchen einzufangen: Nur äußerst selten kollidiert ein Neutrino mit einem Atomkern und löst dabei einen schwachen Lichtfunken aus. Trotz ihrer Fadenscheinigkeit spielen die flüchtigen Winzlinge eine wichtige Rolle in der Welt: Sie sind beim radioaktiven Zerfall von Uranatomen beteiligt, ebenso bei der Kernfusion im Inneren der Sonne, ohne die unser Mutterstern nicht scheitern würde. Viele Neutrinos entstehen in Sternen. Manche jedoch wurden bereits beim Urknall vor rund 15 Milliarden Jahren geboren – und geistern seither als flüchtige, rastlose Schattenteilchen durch den Weltraum.

Meeresgrund verbinden. Die Kugeln sind per Glasfaser miteinander vernetzt; ein ferngesteuertes U-Boot soll Tausende von Strippen ziehen. „Kritisch wird's, wenn wir die ganze Sache in die Tiefsee bekommen wollen, ohne etwas zu beschädigen“, sagt Carr. „Ein spezielles Positionierungssystem erlaubt es uns, die Seile bis auf ein paar Meter genau abzusetzen.“

Bislang haben die Forscher das Abtauchen der kugelbehängten Stränge nur mit kleinen Modellen geübt. Jetzt wollen sie das erste Seil mit der endgültigen Technologie versenken; 2004 sollen alle 13 Stränge auf dem Meeresgrund stehen, jeder von ihnen 20 Millionen Euro teuer. John Carr ist optimistisch: „Wenn alles funktioniert, versuchen wir das Geld für einen Detektor aufzutreiben, der zehn Mal so groß ist.“ Dieses mediterrane Riesenteleskop soll dann nicht 1000, sondern 10 000 Glasaugen auf die kosmischen Neutrinos richten. Erst damit, so glauben die Experten, wird die Suche nach den exotischen Himmelsboten richtig ergiebig.

Das meint auch Leonidas Resvanis, Direktor des Nestor-Instituts in Pylos, 300 Kilometer südwestlich von Athen. Sein Ziel gleicht dem der „Antares“-Crew. „Mit unserem Neutrinoelektronik wollen wir Regionen des Universums entdecken, auf die noch niemand einen Blick geworfen hat“, hofft Resvanis, „zum Beispiel auf supermassive schwarze Löcher, die wir in den Zentren von Galaxien vermuten.“

Nestor unterscheidet sich vom französischen Konzept nur in technischen Details. Auch die Griechen wollen 1000 lichtempfindliche Glaskugeln in der Tiefsee versenken. Diese jedoch sollen nicht an Seilen hängen, sondern an Metallgerüsten befestigt werden. „Wir wollen sieben Türme aussetzen, einer in der Mitte, sechs darum herum in einer Entfernung von jeweils 200 Metern“, erläutert Resvanis. „Jeder von ihnen ist fast so groß wie der Eiffelturm und besteht aus zwölf sternförmigen Stockwerken mit einem Durchmesser von jeweils 32 Metern.“

Platz finden soll die Konstruktion auf einem 4000 Meter tiefen Plateau vor der griechischen Küste. Doch auch Resvanis bereitet der bevorstehende Tauchgang Kopfzerbrechen. „Niemand hat bislang etwas so Großes so tief versenkt.“ Die

Erfahrung der Meerestechnik reicht bislang nur in eine Tiefe von etwa 2000 Metern.

„Wir werden die Sterne an Land zusammenbauen“, erklärt Resvanis' Mitstreiter Peter Koske von der Universität Kiel. „Dann hievt sie ein Kran auf ein dreieckiges Spezialfloß.“ Auf hoher See zieht ein schwerer Anker den ersten Stern in die Tiefe. Nach 30 Metern stoppt die Winde, der nächste Stern wird verbunden. Sind alle Stockwerke verbaut, lässt der Kran den gesamten Turm zum Meeresgrund ab-

Dort unten, in 4000 Meter Tiefe, müssen die zentimeterdicken Glaskugeln einem Druck von 400 Bar standhalten. An sich kein Problem, aber: „Der Strom für die Energiezufuhr muss in die Kugeln hinein, die Messsignale müssen heraus“, so Koske. „Dazu verwenden wir Spezialstecker aus Titan. Die können auch unter Hochdruck optische Signale übertragen.“

Eine weitere Schwierigkeit: „Zu bestimmten Jahreszeiten stirbt das Plankton ab und sinkt auf den Meeresboden“, sagt Koske. „Dieser marine Schnee trübt das Wasser und verfälscht das Messergebnis.“ Also entwickeln die Forscher ein Sensorsystem, das die Intensität des Schneetreibens erfasst und den Experten verrät, wie sie ihre Daten zu korrigieren haben.

Zurzeit testen Resvanis und seine Mitarbeiter ihren Detektor als verkleinertes Modell. In spätestens fünf Jahren soll Nestor so weit fertig sein, dass er das Leuchten der Neutrinos aufspüren kann. Doch Resvanis denkt schon weiter: „Das ultimative Ziel ist ein Detektor aus 50 Türmen, einen Kubikkilometer groß.“

Das aber heißt sich mit den Plänen der Franzosen. Denn gleich zwei teure Riesenteleskope im Mittelmeer, das scheint selbst den Physikern zu viel. „Es wäre plausibel, beide Projekte irgendwann zusammenzuführen“, meint Peter Koske.

Dieses Problem haben die Neutrinojäger von „Amanda“ nicht. Ihr Teleskop steht bereits, oder besser: Es ruht im ewigen Eis der Antarktis. „Aktuell haben wir 677 Lichtsensoren im Eis, in einer Tiefe bis zu 2000 Metern“, erzählt Marek Kowalski, Mitarbeiter des Teilchenforschungszentrums Desy in Zeuthen bei Berlin. „In dieser Tiefe ist das Eis unheimlich klar, klarer als reinstes Ozeanwasser.“ Der Grund: Die Luftbläschen, die einem

Eiswürfel sein trübes Aussehen verleihen, werden von dem enormen Druck des Gletschers schlicht aufgelöst.

Der Bau des Tiefkühlteleskops ist aufwendig: „Ein Heißwasserbohrer schmilzt das Eis und bohrt ein 2000 Meter tiefes Loch“, erklärt Kowalski. In dieses Loch wird ein mit 36 Glaskugeln behängter Strang gleich einer Perlenkette abgelassen. „Man wartet 20 bis 30 Stunden, bis das Loch zugefroren ist“, so Kowalski. „Dann sind die Lichtsensoren für immer im Eis.“

### Wissenschaft unter Druck

Die Lichtsensoren werden in Kugeln aus Glas von der Größe eines Medizinballs eingebaut; das Material muss einer Last von 250 bis 400 Bar standhalten



Bislang hat das internationale Forscherteam 19 Stränge im Gletscher versenkt.

Das Dasein am Südpol ist eher freudlos denn aufregend. Nur im antarktischen Sommer, von November bis Februar, wird die Station angefliegen. Dann sind 150 Leute vor Ort; sie schlafen in Thermozelten oder Containern. „Den Körper strengt das sehr an“, klagt Kowalski, „die Umgebung ist höchst unangenehm.“

Nicht nur die Kälte setzt den Wissenschaftlern zu, auch die dünne, extrem trockene Luft in drei Kilometer Höhe. „Um nicht auszutrocknen, muss man am Tag sechs Liter Wasser trinken.“ Doch das Leben im Camp hat auch seine Annehmlichkeiten. Die Kantine bietet vier warme Mahlzeiten. Und: „Wenn die Sonne nie untergeht, entwickelt jeder seinen eigenen Biorhythmus“, schwärmt Kowalski. „Man kann arbeiten, so viel man will.“

Im Winter dann bleiben 50 Hartgesotene ein knappes Dreivierteljahr lang in der Station eingeschlossen, sehen für Monate keinen Sonnenstrahl. „Das ist ein bisschen wie ‚Big Brother‘“, meint Kowalski, „nicht jeder eignet sich dazu.“ Trotz aller Strapazen hat die „Amanda“-Crew große Pläne. Auch sie bastelt an den Plänen für ein noch größeres Neutrinoelektronik. „Ice Cube“ ist ein gigantischer Würfel mit einer Kantenlänge von einem Kilometer“, so Kowalski. „Er besteht aus 80 Strängen mit 4800 Sensoren.“

Der „Eiswürfel“ dürfte 50 Millionen Dollar kosten, wird „Amanda“ in seinem Inneren umschließen und soll in drei Jahren fertig sein. „Mit der Größe wächst die Wahrscheinlichkeit, dass wir tatsächlich etwas entdecken“, so Kowalski. „Amanda“ konnte bislang nämlich nur „uninteressante“ Neutrinos aufspüren – Teilchen, die bei bestimmten Prozessen in der Erdatmosphäre entstehen. Ein kosmisches Neutrino ist dem Südpolteleskop zum Leidwesen der Forscher noch nicht ins Netz gegangen. ☹

Der Physiker Frank Grottel, Jahrgang 1962, arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Hamburg. Zuletzt schrieb er in *mare* No. 24 über das Phänomen der Superkavitation.

Günter Radke, Jahrgang 1920, war Chefgrafiker und Mitbegründer des „Sterns“. Er lebt in Uetze bei Hannover. Wissenschaftliche Visionen sind seine Leidenschaft.