

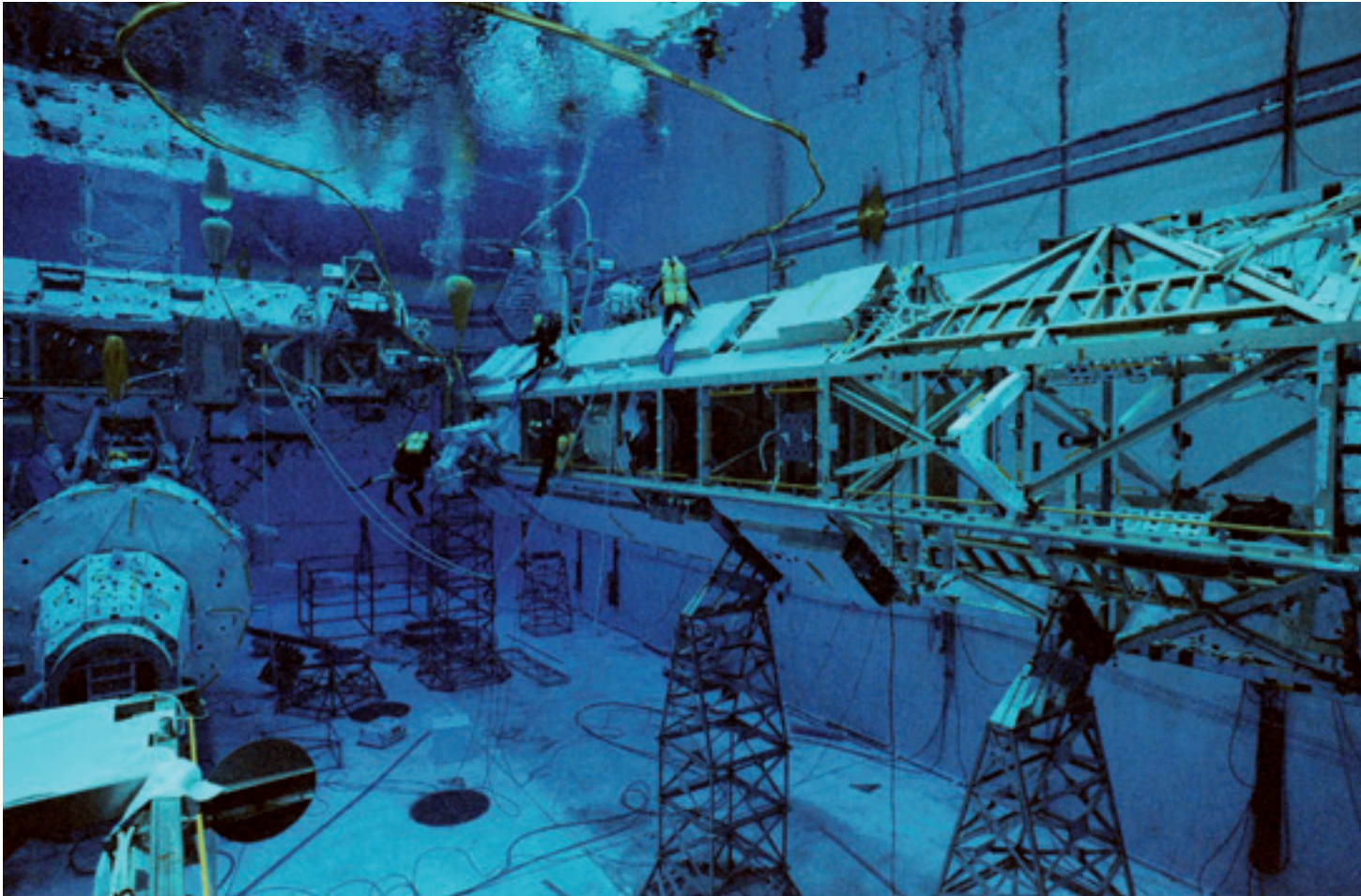
Jede Raumfahrt beginnt im Wasser

Wasser und Weltall gleichen sich in einer Eigenschaft: Sie lassen den Menschen das eigene Gewicht vergessen. Raumfahrer machen sich die Verwandtschaft zunutze. Bevor sie abheben, trainieren sie am Johnson Space Center im texanischen Houston jeden Handgriff unter Wasser

Von Olaf Kanter



Künstlicher Kosmos



Auftrieb im Wasser lässt das eigene Gewicht vergessen
An einer Attrappe der Raumstation üben Astronauten von
Nasa und Esa das Schweben in Schwerelosigkeit

Vorhergehende Doppelseite
Heidi Stefanyshyn-Piper, 39 Jahre alt und
Offizierin der US Navy, startet 2005 mit
der Raumfähre „Atlantis“ ins All

Rechts
Ein Kran hievt die Astronauten samt ihrer
140 Kilogramm schweren Montur ins
Tauchbecken des Johnson Space Center



Die INTERNATIONALE RAUMstation (ISS) gleitet in 350 Kilometer Höhe über den Indischen Ozean dahin, und die Astronauten Leroy Chiao und Salischan Scharipow schweben einigermaßen aufrecht vor einer Kamera im Wohnmodul der Station. Ihre Haare stehen wild zu Berge, was sie seltsam verschlafen aussehen lässt. Ob sich Friseure auf Erden jemals überlegen, was sie der Schwerkraft verdanken? Mission control in Houston hat die Verbindung zu einer Schule in Maryland hergestellt, NasaTV überträgt live. Ein Kind fragt: „Was ist das Besondere an Schwerelosigkeit?“ Der Russe greift sich das Mikrofon: „Dass sich jede Bewegung fortsetzt, bis sie von einer Gegenbewegung gestoppt wird.“ Der Amerikaner stößt sich sanft vom Boden ab und bremst kurz vor der Decke mit den Händen. Dann schlägt er lässig einen fünffachen Salto. „Und wie bewegt man sich draußen im All?“ Das Mikrofon segelt zu Chiao, das Kabel wie eine träge Schlange hinterher. „Nur mit den Händen, wir müssen uns immer festhalten und mit Leinen sichern, damit wir nicht von der Station wegdriften. Wir befinden uns in einem lebensfeindlichen Vakuum und müssen jede Bewegung mit größter Vorsicht ausführen.“

Chiao hat Erfahrung mit Außenbordmanövern; seine Logbücher verzeichnen 26 Stunden *spacewalk time*. Das klingt

umso eindrucksvoller, wenn man hört, wie viele Stunden Chiao dafür im *Neutral Buoyancy Laboratory* des Johnson Space Center in Houston trainiert hat. Die Faustregel der Astronauten: Jeder Job draußen im All wird auf der Erde vorher sieben bis acht Mal durchgespielt, und zwar in einem Schwimmbecken. *Neutral Buoyancy*, neutraler Auftrieb – nur im Wasser lässt sich das mühelose Schweben lernen, das Chiao und Scharipow so elegant beherrschen. Die Ausbildung eines Astronauten dürfte mühelos für vier oder fünf Lebensläufe reichen. Sie sind Physiker, Biologen oder Mediziner, Mechaniker und Elektriker, Piloten und austrainierte Athleten – in einer Person. Wobei die Vermittlung von Wissen und technischen Fertigkeiten keine unlösbaren Aufgaben stellt. Die Vorbereitung auf die Schwerelosigkeit hingegen hat den Ausbildern lange Kopfschmerzen bereitet. Solange die Pioniere der bemannten Raumfahrt ihre Kapseln nicht verließen, drohte keine Gefahr. Aber dann setzten Moskau und Houston das Außenbordprogramm auf die Agenda; *Extravehicular Activity* sagt die Nasa oder EVA. Und das brachte Kosmonauten wie Astronauten ins Schwitzen. Die Ersten waren nur wenige Minuten draußen, Alexej Leonow im März 1965 und Ed White ein Vierteljahr später. Doch schon das nächste Vorhaben war ehrgeiziger: Eugene Cernan sollte für zweieinhalb

Stunden seine *Gemini 9* verlassen. „Wie auf der Veranda Gottes“ preist er noch die Aussicht, als er aus der Luke steigt. Und dann beginnt eine Tortur, die er in seinen Memoiren später mit „The Spacewalk from Hell“ überschreibt. Seine erste Aufgabe: „Probieren, ob man allein mit Hilfe der Nabelschnur manövrieren konnte“, also mit seiner Verbindung zur Raumkapsel – und das ist keine gute Idee. Am Ende seiner Leine angekommen, wird er abrupt zurückgerissen wie ein Bungee-Springer, er verheddert sich in den losen Schlaufen des Schlauchs. „Ich hatte überhaupt noch nichts getan und die Schlacht schon verloren. Es war, als ob ich mit einem Kraken kämpfte. Ich hatte nicht einen Hauch von Kontrolle über die Position oder Flugrichtung meines Körpers. Ich war völlig hilflos.“ Sein Puls rast mit 180, sein Visier beschlägt. Cernan kracht gegen eine Antenne, reißt ein Loch in die äußere Lage seines Anzugs. Aber er hält durch. Wenn jemand die Treppe hinunterfällt, wird er den Hinweis zynisch finden, doch Gravitation ist ein verkanntes Ordnungsprinzip im Leben. Die Dinge haben ihr Oben und Unten, ihren Platz und ihre Richtung. In der Schwerelosigkeit fehlt diese regelnde Kraft, und es ist nicht leicht, einen Gegenstand so zur Ruhe zu bringen, dass er nicht mit dem kleinsten Restschub weiterschwebt. In der ISS wird das Problem mit Klettverschlüssen gelöst;



Claude Nicollier, 60 Jahre alt, war vier Mal im All. Der Schweizer Astrophysiker und Luftwaffenpilot gehörte zu der Space-Shuttle-Crew, die 1999 das kurz-sichtige „Hubble“-Teleskop reparierte

alles lässt sich irgendwo festheften. Aber wie den Menschen darauf vorbereiten, dass er, befreit von seinem irdischen Gewicht, im freien Fall durchs All rast?

Schwerelosigkeit bedeutet nicht, dass der Mensch der Erdanziehungskraft entkommen ist, dazu müsste er gut sechs Millionen Kilometer Abstand zu seinem Heimatplaneten gewinnen. Im Orbit verwirklicht er vielmehr ein Gedankenexperiment zur Gravitation, das Sir Isaac Newton bereits 1687 in seinem Schlüsselwerk „Principia Mathematica“ angestellt hat: *Von einem hohen Berg wird eine Kanone abgefeuert. Je stärker der Zündsatz, desto weiter fliegt die Kugel. Wenn sie nur schnell genug beschleunigt wird, dann fällt sie parallel zur Erdkrümmung – um den Planeten herum.* Dasselbe gilt für Raumstation oder -transporter – sie fallen.

Die größte Annäherung bietet auf Erden noch der Parabelflug, bei dem ein Flugzeug abwechselnd aufsteigt und sich im Sturzflug fallen lässt. Während der Sturzphase, etwa 25 Sekunden lang, erleben die Passagiere Schwerelosigkeit. Eine wertvolle Erfahrung und deshalb fester Bestandteil des Astronautentrainings, aber der Ausflug währt nicht lange genug, um komplexe Abläufe zu üben. Deshalb setzen die Astronautenausbilder seit Eugene Cernans wildem Ritt auf das Wasser, auch wenn es auf den ersten Blick so gar nichts mit dem Weltall gemein hat.

Doch es sind zwei Gemeinsamkeiten, die das irdische H₂O als ideale Simulation empfehlen: Wie das Vakuum ist es für uns ein lebensfeindliches Medium, wir müssen unsere Atemluft mitbringen. Und wie der freie Fall sorgt der Auftrieb im Wasser für diesen Schwebezustand, der das eigene Gewicht vergessen lässt. Nur im Tauchbecken des *Neutral Buoyancy Laboratory* können die Astronauten in ihrer schweren Montur für den Auftritt im Weltall proben.

Heidi Stefanyshyn-Piper trägt einen Raumanzug der Größe M, der rund 140 Kilogramm auf die Waage bringt; damit schafft sie an Land natürlich keinen einzigen Schritt. Der Schwede Christer Fuglesang, Astronaut der *European Space Agency* und heute ihr Trainingspartner im Wasser, schleppt bei Größe L noch ein paar Kilogramm mehr. Die Nasa bezeichnet das zwei Millionen Dollar teure Outfit als *Extravehicular Mobility Unit* oder kurz *EMU*, aber von Mobilität kann man nicht wirklich sprechen, wenn man darin nicht einmal seine eigenen Füße sehen kann. Den Bauch übrigens auch nicht; am rechten Ärmel ist ein Spiegel angebracht, damit die Astronauten den toten Winkel einsehen können, in dem sich ihr Temperaturregler befindet. Die Skala auf dem Anzug ist praktischerweise in Spiegelschrift geschrieben.

Ein *suit engineer* hilft beim Anlegen des Anzugs, der sich außen überraschend weich anfühlt, eine Mischung aus Teflon, Mylar und Kevlar, die vor Meteoritenschlag schützen soll. Wasser- und luftdicht wird die Rüstung durch ein Nylongewebe auf der Innenseite, das an robustes Ölzeug erinnert. Das Gewicht steckt vor allem im Rucksack, der das Überlebenspaket enthält: Atemluft für acht Stunden, Batterien, Kühlaggregat und Heizung, das Funkgerät und den Notantrieb für den Fall, dass der Astronaut von Station oder Raumfähre wegtreibt. Stefanyshyn-Piper und Fuglesang stehen Rücken an Rücken auf einem Stahlgestell; ein Kran hievt sie ins Wasser.

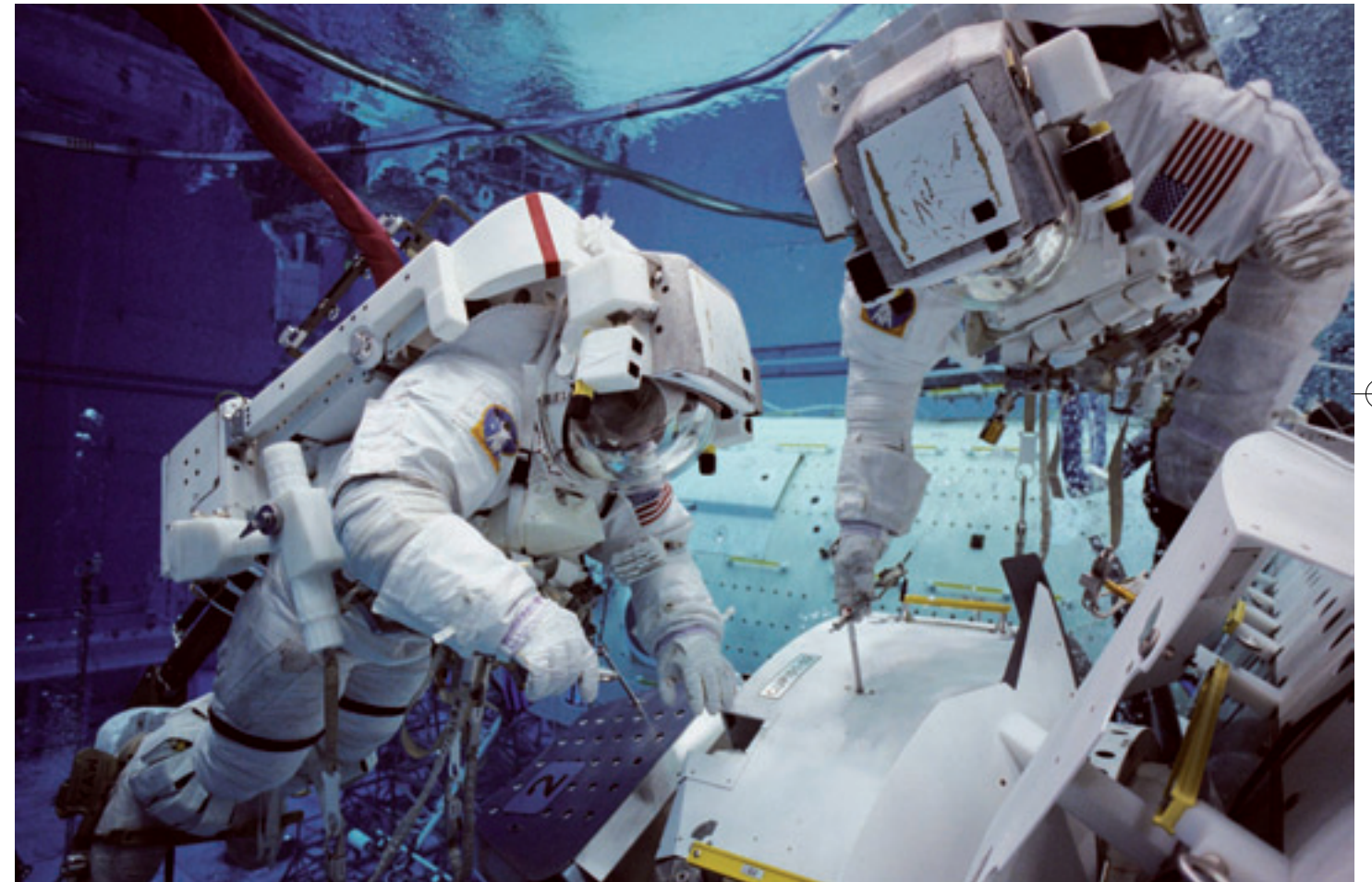
Ihr künstlicher Kosmos breitet sich unter dem Dach eines ehemaligen Flugzeughangars auf dem Ellington Airfield aus. 62 mal 31 Meter misst das Becken in der Fläche; es ist zwölf Meter tief und fasst 22,7 Millionen Liter Wasser – neben den originalgetreuen Attrappen von Raumstation und *Space Shuttle*, die der ungeschulte Blick allerdings nicht auf Anhieb erkennt. Die *ISS* hat eine Spannweite von 109 Metern und muss in handliche Segmente zerlegt werden; die Raumfähre ist auf ihren Laderaum und den Kran reduziert.

Jeweils vier Taucher mit regulärer Scuba-Ausrüstung nehmen die Astronauten in Empfang; sie werden Stefanyshyn-Piper und Fuglesang während der gesamten Übung begleiten, filmen und, wenn nötig,

mare No. 48, Februar/März 2005

Schwerpunkt • TAUCHEN

Schwebendes Schwergewicht



Probelauf für eine Reparatur in 400 Kilometer Höhe
Wenn die Crew im All auf ein Problem stößt, testen Kollegen in Houston die Lösungen im Pool



Am schnellsten Arbeitsplatz der Welt
Kopfüber hängt der Astronaut am Kran des Space Shuttle,
das mit 29 000 Kilometern je Stunde um die Erde rast

Schwerpunkt • TAUCHEN

eingreifen und helfen. Wie jetzt, beim *weigh-out*: Die Taucher drehen und wenden die Raumfahrer in alle Richtungen, damit auch noch die letzten Luftblasen aus den Falten des Anzugs entweichen. Über Funk spielt ihnen Testleiterin Christy Hansen Musik auf die Kopfhörer: „Green Onions“ von Booker T. and the MGs, der Soundtrack zu einem rituellen Unterwasserballett, bei dem Froschmänner in Schwarz mit riesigen weißen Puppen jonglieren. Mit Hilfe von Auftriebskörpern und Gewichten an Armen und Beinen werden die Astronauten so austariert, dass sie weder sinken noch steigen, dass sie in jeder Position verharren können.

Die erste Übung: kopfüber und rückwärts mit den Füßen die Halterungen am Kran der Raumfähre finden. Fuglesang hängt am Handlauf des *Shuttle*-Laderaums und angelt blind nach den Bügeln für die Füße, seine amerikanische Kollegin soll helfen, ohne dabei selbst den Halt zu verlieren. „Geht nicht“, keucht sie, „Arme zu kurz. Vielleicht, wenn ich mich an Christer entlanghänge!“ Ein Fuß rastet ein, der andere tastet noch; Fuglesang ächzt. „Ok, probier das mal.“ Die Suche nach den Halterungen gehört zum Pflichtprogramm, denn ohne sie fällt jeder Job außenbords unendlich schwer. Wenn Astronauten im All eine Schraube festziehen wollen, müssen sie sich verankern. Sonst drehen sie nicht den Bolzen, sondern sich selbst im Kreis um ihr Werkzeug.

Claude Nicollier war schon vier Mal im All und hält die Vorbereitung unter Wasser für unverzichtbar. 1999 hat der Schweizer Esa-Astronaut das kurzsichtige „Hubble“-Teleskop eingefangen und repariert. „Dank der Vorarbeit im Pool war ich mit jedem Handgriff vertraut.“ Aber fühlt sich Wasser denn nicht anders an als kaltes kosmisches Vakuum? „Doch, beim Schweben unter Wasser spüren wir Schwerkraft und Druck im Anzug; unten ist, wo es kneift. Und natürlich funktioniert auch der Gleichgewichtssinn im Wasser.“ Im All meldet einem dieser Sinn zwar ganz richtig, dass man fällt, aber wohin? Wo ist „unten“? „Manche Astronauten klettern zu Außenmanövern aus der Schleuse“, be-

richtet der deutsche Physiker Hans Schlegel, der 1993 zur Crew des *Spacelab* gehörte, „und haben das Gefühl, sie stürzten nach vorn auf die Erde oder rückwärts in den Weltraum.“ Zwei, drei Tage brauchen die Sinne, bis sie sich auf diese verwirrenden Signale eingestellt haben.

Da hilft es, wenn schon die Orientierung am Gerät stimmt. „Der Mensch ist an ein Dasein in zwei Dimensionen gewöhnt, Astronauten müssen sich in dreien zurechtfinden“, sagt Schlegel. „Wie im Knotenpunkt zwischen den Modulen in der *ISS*, da geht es geradeaus weiter, nach rechts und links, nach oben und unten. Im Wasser lernt die Crew, sich Zeit zu nehmen, um sich genau zu orientieren. Wer schnell sein will, muss langsam machen.“

Auch bei dieser Einsicht hilft das Wasser, das im Gegensatz zum Vakuum jeder Bewegung einen Widerstand bietet. Eine Ungenauigkeit in der Simulation, doch mit einen positiven Nebeneffekt: Wenn mit fließenden, kontrollierten Bewegungen gearbeitet wird, ist der Widerstand kaum spürbar. Wer sich Filmaufnahmen von den Bauarbeiten an der *ISS* anschaut, glaubt fast, dass er eine Zeitlupensequenz sieht. Im Wasser haben die Raumfahrer den Wert der Langsamkeit entdeckt.

Für die Ausbilder ist der Probelauf unter Wasser auch in anderer Hinsicht aufschlussreich – als Eignungstest der Astronauten. Wie ist ihre Übersicht? Wie verhalten sie sich im Team? Wie reagieren sie bei Zwischenfällen? Halten sie sich auch in der siebten Stunde der Übung noch an die Sicherheitsvorschriften, oder nehmen sie Abkürzungen im Protokoll? Nur wer überall mit Bestnoten abschneidet, kommt in die engere Wahl für einen *space walk*.

Die Nasa kann es sich bei 120 Astronauten leisten, die besten auszusieben; das Personal der Esa, das gemeinsam mit den Amerikanern fliegt, zählt hingegen nur zwölf Raumfahrer, deshalb sind die Ausbilder vom Europäischen Astronautenzentrum in Köln zurzeit dabei, einen Zwischenschritt im Trainingsprogramm zu entwickeln: erst mit regulärem Tauchgerät an Wasser und Abläufe gewöhnen – und dann zum Test mit der vollen Montur nach Houston ins Schwebelabor.

Letzte Übung heute: Die Raumfahrer sollen ein Kabel verlegen. Von der langen Gitterstruktur, an der die Solarpaneele angebracht sind, zur Rückseite des Hauptlabors, *spaghetti factory* genannt, wo in einem wirren Knoten wichtige Leitungen zusammenlaufen. Die Amerikanerin und der Schwede hangeln sich vorsichtig zwischen den Trägern der Struktur in zwei benachbarte Abschnitte. Fuglesang soll das Kabel anschließen, Stefanyshyn-Piper soll es weiter in Richtung Labor fädeln.

„Kommt das Kabel vor oder hinter die Halterung 34/99?“, erkundigt sich Fuglesang bei der Testleiterin, die ständig die Liveübertragung aus dem Pool mit einem Detailfoto der *ISS* vergleicht. „Dahinter!“ Der Schwede versucht die Leitung mit einem Kabelbinder zu bändigen, was mit den dicken Handschuhen nicht gleich gelingen will. „Da nicht“, protestiert Hansen, „das ist eine Heißwasserleitung, die du nicht berühren darfst!“ – „Oh.“ Nebenan hat sich die Amerikanerin in ihrer Sicherungsleine verstrickt. „Brauchst du einen Taucher?“ – „Nein, ich schaff's.“ Später auf der *ISS* hat sie auch niemanden, der ihr aus der Patsche hilft.

Christer Fuglesang ist Physiker, Fachgebiet Teilchenkollisionen, 47 Jahre alt, verheiratet, drei Kinder. Heidi Stefanyshyn-Piper, 39 Jahre alt, verheiratet, ein Kind, hat einen Ingenieursabschluss vom MIT und arbeitet bei der US Navy als Spezialistin für Unterwasserbergungen. Der Flug zur Raumstation wird die Krönung der Karriere, für beide. Sie werden noch mehr als 100 Stunden über den Kacheln dieses Beckens tauchen, bevor sie das erste Mal aus der Luftschleuse der *ISS* steigen, um hoch über der Erde an ihren Arbeitsplatz zu schweben, der mit der unglaublichen Geschwindigkeit von 29 000 Kilometern in der Stunde durch das kalte Nichts rast. ☞

Olaf Kanter, Jahrgang 1962, *mare*-Redakteur für Wissenschaft, gehört zu der Generation, die noch mit einer Begeisterung für die Raumfahrt aufgewachsen ist. Wer weiß heute, was gerade auf der *ISS* geschieht? Ist das wirklich nur noch Routine? Kanter sah in Houston *NasaTV* – und war fasziniert wie früher. Wäre das nicht ein Sender für unser Kabelprogramm?