Vom irdischen zum außerirdischen Raum Ein Weg zum Erfolg

Von wo sollten NASA oder die private Industrie die nächste Generation von Astronauten auswählen? Sie brauchen abenteuerhungrige Menschen mit minutiöser Detailgenauigkeit und ungebändigtem Enthusiasmus, auf Erkundungsreisen zu gehen.

Die beste Auswahl für die neuen Astronauten findet man in den Tiefen des Ozeans. Astronauten und Aquanauten (NAUTEN) sind sehr ähnlich, und zwischen den beiden Gruppen gibt es schon eine Beziehung. Als der Astronaut Scott Carpenter von der U.S. Navy Urlaub von der NASA hatte, arbeitete er 1965 als Teamleiter an dem Projekt „Man in the Sea“, wo er ein Taucherteam leitete. Für Beides müssen Weltraum- und Unterwasserwelterforscher viele derselben Merkmale haben, um erfolgreich zu sein.

Von den Nachtsternen zu den Seesternen

Der Transfer der gewünschten Gewohnheiten durch die Nutzung von Aquanauten in den Rollen der Astronauten würde die Weltraumerforschung durch eine Verkürzung der notwendigen Ausbildungszeit stark vorantreiben. Weiterhin könnten auch einige der Sicherheitsvorkehrungen und Rettungsaktionen, die bei Rebreather und Expeditionserkundungstauchgängen benutzt werden, für die Erkundung des Weltraums nützlich sein.

Es gibt aber auch Unterschiede zwischen diesen beiden Subkulturen. Die Astronauten von heute fahren in einer großen (2.000 Tonnen) Rakete in den Weltraum, umkreisen die Erde mit einer Geschwindigkeit von 8 Kilometern pro Sekunde in einer Höhe von 180 bis 650 Kilometern. Aquanauten steigen in einer unter Druck stehenden Glocke ab, oder als frei schwimmende Taucher oder in einer Kammer bis zu einer Tiefe von zwischen 10 und 600 Metern Seewasser (msw) unter dem Meeresspiegel mit einer Geschwindigkeit von 3 bis 40 Metern pro Minute. Sie bleiben in der Hochdruckumgebung, bis sie in Dekompression kommen.

Aber auch die Unterschiede haben Ähnlichkeiten. Wenn ein Taucher absteigt, steigt der Partialdruck der Gase, die sie atmen, (Sauerstoff, Helium oder Stickstoff) gemäß dem Dalton-Gesetz an. Dieses Gesetz bestimmt das empfindliche Gleichgewicht der Atemgase in einer saturierten Tauchkammer(SAT-Kammer). Während die Internationale Raumstation (ISS) und das heutige Shuttle (Orbiter) einen normalen Sauerstoffgehalt mit einem normalen Druck auf Meereshöhe haben, bestimmt das Dalton-Gesetz die Druckkammer des Raketenantriebs. Die Größe der Brennkammer wird von der Notwendigkeit bestimmt, den Treibstoff im Gleichgewicht zu halten. Das Dalton-Gesetz bestimmt das Verhältnis zwischen Druck und anderen Variablen. Beide Teams werden von fast den gleichen Gesetzen bestimmt, auch wenn sie nicht in der gleichen Weise gehandhabt werden.

Sowohl Astronauten als auch Aquanauten sind gewöhnlich kleine, eng verbundene, sehr gut ausgebildete und eng zusammenarbeitende Gruppen von Personen. Beide entwickeln, praktizieren und prägen sich Vorgehensweise für Notfallsituationen ein und beide brauchen eine gewisse Unterstützung durch Personal und Ausrüstung für ihre Missionen. Logistiktraining ist eine wichtige Komponente aller Missionen, und beträchtliche Planung und vorbereitende Übungen gehören zu Weltraum-fahrten und SAT-Taucheinsätzen.

Die NAUTE beider Arten müssen zwischen fünf Tagen und sechs Monaten auf beschränktem Raum leben. Beide Teams haben keine richtige Vorstellung von Tag und Nacht, und Sonnenlicht dringt selten in die Tiefen eines SAT-Taucheinsatzes vor. Sogar das kleinste bisschen Licht, das bis in die Tiefen vordringt,

verliert seine Rot-, Orangeund Gelbtöne, und ohne Licht von außen scheint alles Grün oder Blau zu sein. Im Gegensatz dazu erleben Astronauten 32 Sonnenaufgänge und –untergänge jeden Tag, wenn sie die Erde mit einer Geschwindigkeit von mehr als 7,5 km pro Sekunde umrunden.

Flexibilität ist das Schlüsselwort

Die NAUTE sitzen sprichwörtlich in der Goldfischkugel, gucken durch kleine Öffnungen und beobachten die Weiten der Welt, wenn sie sich fortbewegen. Wenn man sich aber auf so engem Raum befindet, muss man klare Führungsrollen und bestimmte Verantwortungsbereiche definieren. Dennoch hat jeder die Change als Ingenieur, Ichthyologe, Geologe, Fahrer oder Cloputzer, Putzfrau oder Koch zu fungieren. Leute, die das Multitasking beherrschen, sind durchaus wertvoll.

Aufgrund der besonderen Umgebung auf der Reise durch das All oder die Meerestiefen, muss für alle NAUTE ein psychologisches Profil erstellt werden: Leute, die zusammenpassen, werden zusammen eingesetzt, damit die Teammitglieder auch gut miteinander kommunizieren können. Der körperliche Stress in einer veränderten Umgebung, das veränderte Tageslichtmuster, das zu Schlafstörungen führen kann, das intensive Arbeitsprogramm und die beengten Wohnbedingungen verlangen unbedingt, dass sich die Leute gut verstehen. Du kannst nicht einfach einen Streit beilegen, indem du kurz mal draußen spazieren gehst, um dir den Kopf zu klären, wenn du meilenweit über oder unter dem Meeresspiegel bist. Alle Teammitglieder müssen ihre persönlichen Ziele außer Acht lassen und sich auf die Ziele des Teams konzentrieren.

Wasser ist die beste und preisgünstigste Umgebung, um Astronauten auf den andauernden Freifall im Weltall (die simulierte Schwerelosigkeit) vorzubereiten. Zur Übung von Aufgaben werden Astronauten in ihren Raumfahrtanzügen schwerelos gemacht und in ein schwereloses Labor gesteckt. Bevor sie versuchen, ein Manöver oder eine Aufgabe im Weltraum auszuführen, simulieren sie es unter Wasser.

NASA-Astronauten trainieren zurzeit in SAT-Kammern, medizinische Vorgänge ferngesteuert auszuführen. Die vollständig entlegene und kompakte Natur der SAT-Kammer imitiert die Bedingungen in der Internationalen Raumstation oder dem Orbiter, wo ein Medizintechniker auf beschränktem Raum operieren muss. Die Astronauten haben eine beschränkte Menge medizinischer Vorräte über der Atmosphäre und im Meer, das Training ist also für die tatsächlichen Bedingungen charakteristisch.

In einer SAT-Kammer kann ein Arzt, der simuliert, Tausende von Kilometern weg von der Erde zu sein, mit den unbeschadeten Astronauten bestimmte medizinische Vorgänge besprechen. Dieses Training ist ein Vorteil für die Tauchergemeinschaft und die Astronauten und zeigt wiederum die Ähnlichkeiten zwischen den beiden Gemeinschaften.

Für länger dauernde Missionen werden die Astronauten in diesen SAT-Kammern vorbereitet. In dem NASA-Programm Extreme Environment Mission Operations (NEEMO) können die Astronauten einen umfassenden Einblick in die Techniken und Technologien erhalten, die den Raumfahrern helfen könnte, wenn sie den Präsidentenerlass ausführen und zum Mond oder noch weiter fliegen.

Sie tauchen in einer SAT-Kammer vor der Küste von Key Largo in Florida, wo sie eine Umgebung erleben, die in vieler Hinsicht potentiell genauso ungastlich ist, wie der Weltraum oder andere Planeten. In sechs Unterwassermissionen testeten die Astronauten die Geräte, die in den Weltraum geflogen werden. Zum ersten Mal werden jetzt nach langer Zeit Forschungen im Bereich der menschlichen Physiologie auf diesen NEEMO-Taucheinsätzen durchgeführt. Astronauten in diesen Teams bemerken oft, wie ähnlich die Arbeitsbedingungen unter Wasser und im Weltraum sind.

Die NEEMO-Expeditionen sind nicht das erste Mal, dass NASA versucht, Erkenntnisse aus dem Meer zu

gewinnen. Im Jahr 1969 startete NASA die PX-15 Ben Franklin zwei Tage vor dem Start von Apollo 11. Es hatte sechs Besatzungsmitglieder und ging auf eine 30 Tage andauernde Unterwasserreise, um den Fluss des Golfstroms sowie den länger andauernden Effekt, den ein Leben auf begrenztem Raum auf Menschen hat, zu untersuchen. NASA wollte die Umgebung an Bord eines UBoots studieren, was genauso ist, wie an Bord einer Raumstation.

Die Daten aus dieser Mission sollten in die NASAErkundungsmission integriert werden, aber zu schnell verstreichende Zeit und die Notwendigkeit, sehr genaue Arbeit zu leisten, schlossen den Abschluss dieser Mission vor der umwerfenden Mondlandung von Apollo 11 aus. Da beide Ereignisse zeitlich zusammenfielen, wurden die Leistungen der NAUTE auf dieser Mission von dem Interesse der Amerikaner, die in den Himmel blickten, als eine andere Gruppe von Entdeckern auf dem Mond landete, in den Schatten gestellt. Die Information, die die Besatzung der Ben Franklin sammelte, wird noch heute als Richtschnur für Expeditionen überall benutzt.

NAUTE haben die gleichen Sorgen über Unterstützung und Personalmanagement. In beiden Situationen hat ein NAUT sehr wenig Autonomie, er braucht Unterstützung vom Boden oder der Oberfläche, wo vielleicht mehr Erfahrung zur Verfügung steht. Jeder Moment am Tag vom Arbeiten bis zum Schlafen wird von Personen arrangiert und koordiniert, die nicht wirklich vor Ort sind. Es dauert ziemlich lange, mit dieser schwierigen Dynamik, von einem externen Manager geleitet zu werden, umgehen zu können. Aquanauten haben sich schon an externes Management gewöhnt und können gut damit umgehen.

Alle NAUTE wollen natürlich lieber selbst die Probleme lösen. Ihnen die Möglichkeit zu geben, Probleme alleine oder als Team zu lösen, gibt ihnen wertvolle Erfahrung im Umgang mit ihrer eigenen Umgebung und den Geräten und hilft ihnen, ein autarkeres Team zu aufzubauen.

Ein Vergleich der Wohnbereiche

Die Atmosphäre kann kontrolliert werden, man braucht also keine besonderen Anzüge in dem engen Innenraum der Internationalen Raumstation, dem Orbiter oder einer SAT-Kammer. Metallwände halten den Druck im Innern der Internationalen Raumstation oder der Orbiters (im Vakuum des Weltraums) oder außerhalb der SAT-Kammer (wo der Wasserdruck höher ist als der Luftdruck). Weil die Atmosphäre in den begrenzten Wohnräumen in sich abgeschlossen ist, muss sie ordentlich versorgt werden, um Leben zu erhalten.

Säugetiere können nicht am Leben bleiben, wenn sie nicht ein Gasgemisch atmen, das mindestens 16 % Sauerstoff enthält. Die Atmosphäre in der Internationalen Raumstation und im Orbiter wird genauso erhalten wie in einer SAT-Kammer. In geschlossenen Systemen könnte die Ansammlung von Kohlendioxid (CO_2, einem Beiprodukt des Sauerstoffsstoffwechsels)das Niveau in nur 10 Minuten um etwa 6 Volumenprozent über die menschliche Toleranzgrenze erhöhen.

Um dieses Problem in Fortbewegungsmitteln, die die Erde umkreisen, zu lösen, wird das Atemmedium von einer Reihe von Ventilatoren zirkuliert und durch so etwas wie eine Scheuerbürste gepresst, die das CO_2 entfernt. Diese Scheuerbürsten binden das CO_2 chemisch und erzeugen Wasserdampf, Feuchtigkeit und Kalk.
Das entzogene Wasser wird in ein Untersystem für das Wasser-Wiedergewinnungsmanagement geschickt. Diese Scheuerbürsten enthalten oft eine Kohleschicht, die unangenehme Gerüche absorbiert und reduziert.

Andere Systeme fügen Sauerstoff hinzu und homogenisieren ihn, damit es keine Sauerstoffblasen gibt; eine Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle hilft bei der Luftzirkulation, entzieht der Luft Feuchtigkeit und

hält den Druck und den Sauerstoffgehalt in der Internationalen Raumstation und dem Orbiter im Rahmen der normalen Maße auf Meereshöhe.

Die Temperaturkontrolle ist für die Internationale Raumstation und den Orbiter ganz entscheidend, weil die Temperatur im Vakuum des Weltraums stark schwanken kann. Es gibt keine Atmosphäre, die die Hitze 90 Minuten lang beständig halten
kann, während sie bei der Erdumkreisung von Tag in die Nacht und wieder in den Tag eintreten.

Aufgrund der vollständigen Isolation im Weltraum ist ein Recycling des Wassers extrem wichtig. Während normale SAT-Kammern ein solches Niveau von Komplexität nicht besitzen und auch keine Notwendigkeit besteht, das Wasser zu sammeln, wird dort auch auf dieselbe Weise das CO2 „geschrubbt“, Feuchtigkeit entzogen, geheizt oder unangenehme Gerüche entfernt. Heizen ist in einer SAT-Kammer sehr wichtig, weil das Wasser der Kammer die Hitze 25 Mal schneller entzieht als Luft. Aufgrund der Metallwände der Kammer und des normalerweise sehr hohen Heliumgehalts fühlen sich die SAT-Taucher oft unangenehm kalt.

SAT- Kammern werden normalerweise auf einem konstanten Druck gehalten (Lagerungstiefe) ungeachtet der Tiefe, die die Taucher für die Erfüllung ihrer Mission brauchen. Wenn ein SAT-Taucheinsatz auf einer maximalen Tiefe von 120 msw notwendig wäre – (mehr als 13 Mal mehr Druck als auf der normalen Meereshöhe), müsste die Lagerungstiefe etwa ~90 msw betragen. Die Atmosphäre in der SAT-Kammer wäre eine Mischung aus drei Gasen (Trimix), nämlich Helium, Sauerstoff und Stickstoff. Helium wird benutzt, um die potenzielle narkotisierende Wirkung des Stickstoffs zu neutralisieren.

Der Partialdruck von Sauerstoff (PPO2) muss auf 0,5 % beschränkt werden (was dem Atmen von 50 % Sauerstoff bei normalem Oberflächendruck entspricht), damit Taucher keine Symptome einerpulmonalen Sauerstofftoxizität erleiden. Eine pulmonale Sauerstofftoxizität ist ein Verbrennen der Lungenbläschen, das durch eine zu starke Aussetzung an zu hohen Sauerstoffkonzentrationen verursacht wird, und sich durch Irritationen unter dem Brustbein, Schmerzen beim Einatmen und weniger Vitalität offenbart. Oft gehen diesen Symptomen ein trockener Husten oder ein Juckreiz hinten in der Kehle voran.
Die Atemmedien in einer SAT-Kammer werden oft nicht ausgetauscht, bis der Taucheinsatz zu Ende ist und die Taucher dekomprimiert sind. Der Druck wird dementsprechend während der Dekompression reduziert, bis die Taucher wieder zum normalen Druck auf Meereshöhe gebracht worden sind.

Während dieser langen Aufenthalte in diesem „Daheim, weit weg von daheim“ ist Hygiene ein ganz wichtiger Faktor. NAUTE produzieren Abfallprodukte. Für die Sauberkeit und Bequemlichkeit der Einwohner sind die Lagerung und Entfernung dieser Produkte sehr wichtig. Im Weltall werden Exkremente in ein Abteil gesaugt, die Flüssigkeit wird entfernt und über Bord geworfen und der Rest der Materie wird in einem Vakuum aufgewahrt. Durch das Vakuum kann der Geruch gebunden werden.

Einige SAT-Kammern haben hart verkleidete Leitungen, sodass die Bewohner die Einrichtungen fast so einfach wie ein normales Bad benutzen können, auch wenn die Leitungen besonders verstärkt werden müssen, um dem höheren Druck standzuhalten. Die meisten SAT-Kammern benutzen tragbare Behälter und flüssige Abfallprodukte können fast sofort über Bord geworfen werden. Der Rest muss eingetütet und an die Oberfläche gebracht oder gelagert werden. Aufgrund der geschlossenen Umgebung, wird von letzterem gewöhnlich abgeraten.

Da die SAT-Kammer komplett unter Wasser ist und aufgrund der Art der Arbeit, ist ein Entfernen der Feuchtigkeit im Atemmedium schwierig. Die erhöhte Feuchtigkeit in Kombination mit dem erhöhten Druck und den unnatürlichen Lichtquellen ist ein ausgezeichneter Nährboden für Bakterien. Um die Risiken einer Entzündung im Ohr zu senken, müssen SAT-Taucher vorsichtshalber eine antimykotische / antibakterielle

Lösung auftragen. Da die schwere Ausrüstung die Haut aufscheuern kann, sind NAUTE auch einem erhöhten Dermatitisrisiko ausgesetzt. Während Astronauten nicht unter erhöhter Feuchtigkeit und zu hohem Druck leiden, müssen sie genau darauf achten, keine offenen Wunden oder Infektionen zu haben.

Normalerweise sind NAUTE körperlich fit, um dem Andruck und dem Dekompressionsstress standzuhalten. Sie behalten normalerweise Ihre körperlichen Fähigkeiten während ihres Einsatzes bei. Für Astronauten könnte fehlende körperlichte
Betätigung die Muskeln so sehr schwächen, dass sie bei ihrer Rückkehr in die schwerkraftreiche Umgebung auf der Erde nicht mehr stehen oder laufen könnten. Mehr noch, wenn der Herzmuskel nicht trainiert wird, könnte auch der schwach werden. Auch sind die Knochen biologisch so ausgelegt, dass sie Stoßwirkungen absorbieren. Wenn diese Stöße fehlen, können Knochen weniger dicht werden und Calcium verlieren. Bei fehlender körperlicher Betätigung könnten sie brüchiger werden und brechen, wenn sie wieder in eine schwerkraftreiche Umgebung gelangen.

Durch körperliche Betätigung schwitzen die NAUTEN. Bei Aquanauten erhöht diese Betätigung den sowieso schon hohen Feuchtigkeitsgrad, aber das ist nicht wirklich ein Problem. Astronauten haben keine Schwerkraft, die ihnen hilft, den Schweiß loszuwerden. Die sich bewegende Luft aus einem Schacht und Handtücher helfen, den Schweiß zu trocknen. Wenn diese sich bewegende Luft den Astronauten nicht trocknen würde, würde der Schweiß auf der Haut kleben bleiben und langsam dicker werden.

Trinkwasser ist für beide Arten von NAUTEN sehr wertvoll. In der Internationalen Raumstation oder im Orbiter gibt es keine Duschen. Astronauten benutzen Waschlappen oder Schwämme mit einer Art Seife, die mit einem Handtuch abgerieben wird. In einer SAT-Kammer duschen die NAUTEN zuerst in Salzwasser und duschen sich dann zum Schluss
mit Trinkwasser ab. Sie brauchen eine besondere Seife, die sich nicht im Salzwasser zersetzt. Das gesamte Grauwasser (das kein Trinkwasser mehr ist), wird über Bord geworfen.

Da nichts das Wasser nach unten zwingt, kann in der Dusche im Weltraum das Wasser frei herumfliegen. Aufgrund der Menge der Elektronik an Bord der Internationalen Raumstationen und des Orbiters könnte frei fliegendes Wasser empfindliches Gerät beschädigen. Da es nicht leicht möglich ist, die Vorratstanks im Weltraum nachzufüllen, bereitet ein Untersystem für die Wasseraufbereitung und –verwaltung das Wasser auf und recycelt es aus den Waschbecken, dem Urin, den Treibstoffzellen des Orbiters und aus dem Atem der Astronauten. Ein Trinkwasserprozessor verfeinert das Grauwasser und bereitet es zu Trinkwasser auf. Die Wasserqualität wird von einem anderen System genauestens überwacht.

Feuer ist eines der größten Gefahren im Weltraum oder in Unterwasserlebensräumen, deshalb werden Vorsichtsmaßnahmen getroffen, um das Verbrennungsrisiko zu mindern. Die vier Elemente des Feuertetrahedrons, die für die Verbrennung gebraucht werden, sind Hitze, Kraftstoff, Sauerstoff und eine chemische Reaktion. Wenn eines dieser Elemente in erhöhtem Maße vorliegt, steigt das Brandrisiko deutlich an.

Der gefährlichste Teil eines Flugs im Weltraum ist der Wiedereintritt. Die Kacheltemperatur kann 938º C erreichen, und die führende Kante der Flügel kann bis zu 1371° C erreichen. Dieser Temperaturanstieg kann problematisch sein, wenn der richtige Kraftstoff und ausreichend Sauerstoff hinzugegeben werden.

Ähnlich sind die SAT-Taucher einem deutlichen Brandrisiko im letzten Teil der Dekompression ausgesetzt. Um die Kompressionszeit zu verkürzen, wird das PPO2-Niveau auf mehr als 1,2 % erhöht. Dies entspricht einer 120 prozentigen Sauerstoffumgebung. Alle anderen Elemente des Feuer-Tetrahedons werden entsprechend gesenkt oder ausgelassen, um das Brandrisiko zu senken.

Ähnlichkeiten beim Verlassen des Lebensraums

Wenn ein Taucher die Aufenthaltskammer in der Tiefe verlässt, nennt man das eine Exkursion. Das Dekompressionsbedürfnis für eine Exkursion wird auf der Basis des Inertgases im Atemmedium vorherbestimmt. Der einzige Weg, die Menge an Inertgas zu senken, ist den Sauerstoffgehalt im Atemmedium zu erhöhen. SAT-Taucher benutzen Reclaimer oder Rebreather, um ihr Atemmedium wieder zu zirkulieren, anstatt es ins Wasser auszuatmen.

Diese Rebreather fangen das Gas auf, entfernen das CO2 und fügen Sauerstoff hinzu, genau wie die Systeme in den Wohnbereichen aber in geringerem Maße. Taucher brauchen eine höhere Sauerstoffkonzentration in ihrem Atemmedium, während sie arbeiten.

Astronauten brauchen bei ihren Exkursionen außerhalb des Raumschiffes kleine Änderungen an ihren Anzügen. Um das hohe molekulare Sauerstoffvakuum des Raums im Low Earth Orbit (LEO) zu bekämpfen, tragen Astronauten komplette Druckanzüge, die EVA-Anzüge (extravehicular activity suit oder Anzüge für Außenbordaktivitäten) genannt werden. Diese Anzüge liefern Sauerstoff zum Atmen und erhalten den Druck um den Körper, damit Flüssigkeiten flüssig bleiben. Dieser Anzug ist so ähnlich wie der hochtechnologische Rebreather, den technische Taucher benutzen.

Ein Weltraumanzug hat zusätzlich auch die Funktion, gegen kleine Meteoriden zu schützen und den Träger gegen die extremen Temperaturen des Weltraums mit einem aktiven Kühl- und Heizsystem zu isolieren. Ohne eine Atmosphäre, die das Sonnenlicht filtert, kann die eine Seite des Anzuges, die der Sonne ausgesetzt ist, bis auf 115 °C erhitzt werden, während die andere Seite, die dem Weltraum ausgesetzt ist, bis zu – 155 °C kalt werden kann.

Die Druckanforderungen des EVA-Anzugs sind anders als bei Druck auf Meereshöhe innerhalb der Internationalen Raumstation oder dem Orbiter. Wenn ein EVA-Anzug mit dem normalen Druck auf Meereshöhe im Vakuum gefüllt wäre, könnte sich der Träger nicht bewegen. (Ein Taucher, der schon einmal seinen Trockenanzug etwas zu voll gemacht
hat, weiß, wie schwer es ist sich zu bewegen.) Der Anzug wäre zu steif, die Arme und Füße könnten nicht bewegt werden, und Astronauten könnten nicht arbeiten. Ein niedriger Druck im Anzug (fast ein Drittel des normalen Drucks auf Meereshöhe) ist vorteilhaft, weil er die Flexibilität und Mobilität des Anzuges während des Ausflugs in den Weltraum
sicherstellt. Aufgrund des Dalton-Gesetzes führt ein Absenken des Drucks zu einer Senkung der Gesamtsauerstoffmenge im Atemraum; deshalb ist eine Anhebung des PPO2 notwendig, um Leben zu erhalten.

Die erhöhte Brandgefahr ist ein akzeptables Risiko in einem EVA-Anzug, weil er keine elektronischen Komponenten hat. Die Internationale Raumstation und der Orbiter haben aber elektronische Komponenten, und das Brandrisiko könnte groß sein, wenn das Sauerstoffniveau höher als normal wäre.

Der SAT-Taucher muss vor den Elementen, denen er/sie mit einem Nass-, Trocken- oder einem Warmwasseranzug ausgesetzt ist, geschützt sein. In erster Linie schützt dies die Taucher vor der Kälte und der Verdunstungskühlung im Wasser, das sie umgibt. In den meisten Gegenden der Welt dringt Sonnenlicht nicht bis in die SAT-Tauchtiefen vor; deshalb kann das Wasser in die Tiefe bis zu -2 °C kalt sein. Anders als im Vakuum des Weltraums können Aquanauten dem Wasser ohne spezielle Anzüge ausgesetzt sein, auch wenn es nur kurz sein darf. Die Hauptsorge von Tauchern ist das Atemmedium.

Das Risiko, von dem Lebensraum getrennt zu werden, ist bedeutend. Astronauten können mit diesem Problem gut umgehen, weil sie normalerweise zwei Verbindungspunkte benutzen, wenn sie auf einen

Weltraumspaziergang gehen, und bewegen sich, indem sie sich mit den Händen entlanghangeln.

Astronauten können sich nicht bewegen, indem sie paddeln oder schwimmen, denn im Weltraum gibt es nichts, wogegen sie drücken können. Das Risiko, von einer SAT-Kammer getrennt zu werden, ist auch real. Heutzutage müssen SAT-Taucher, die vom Lebensraum abgekoppelt werden, sehr vorsichtig sein, nicht die Orientierung zu verlieren.

Ein wichtiger Unterschied ist, das Aquanauten der Schwerelosigkeit nur ausgesetzt sind, wenn ihre Körper im Wasser sind, während Astronauten schwerelos sind, bis sie zur Erde zurückkehren. Wenn Astronauten auf einer Planetenmissionen sind, können sie eventuell eine Partialschwerkraft spüren.

Ähnlichkeiten in der Physiologie

Astronauten müssen in der Internationalen Raumstation oder dem Orbiter wegen des großen Druckunterschieds zwischen dem Lebensraum und dem EVA-Anzug vor einem Weltraumspaziergang Sauerstoff voratmen. Wenn sie nicht voratmen (oder den Kabinendruck vor einem Weltraumspaziergang anpassen) könnte ungelöster Stickstoff aus dem Gewebe in den Blutkreislauf des Astronauten gelangen. Aufgrund des schnellen Druckabfalls würden sich Stickstoffbläschen im Blut bilden. Wenn Sie von Phagozyten (Zellen, die Fremdkörper fressen) angegriffen werden, würden sie auch von den Leukozyten (den weißen Blutkörperchen) als Fremdstoff behandelt werden.
Kurzum der Astronaut würde einen Stickstoffschuss kriegen, und lahm herumhumpeln. Diese Symptome treten entweder während oder nach einer Außenbordaktivität auf und können in schweren Fällen tödlich sein. Das Voratmungsverfahren ist so ähnlich wie das Voratmen, wenn man einen Sauerstoff-Rebreather benutzt. Voratmen geschieht, indem man durch eine isolierte Maske im Lebensraum atmet. Dieser Vorgang wird auch in den EVAAnzügen durchgeführt. Das stellt sicher, dass nur der Astronaut und nicht das Raumfahrzeug einem höheren Prozentsatz an Sauerstoff ausgesetzt ist. In diesem Vorgang wird der Stickstoff, der im Gewebe absorbiert ist, soweit reduziert, dass das Risiko einer Dekompressionskrankheit minimiert ist. Eine Veränderung des atmosphärischen Drucks würde die Zeit, die für das Voratmen notwendig ist, senken.

Auch wenn es keine Berichte über Dekompressionskrankheiten im Weltraum gibt, hat NASA eine recht hohe Rate von Dekompressionskrankheiten bei Versuchen am Boden in hypobarischen Kammern beobachtet. NASA hat aber sehr niedrige Akzeptanzkriterien, bevor es ein Voratmungsplan im Weltraum anwendet. Eine ganze Menge zusätzlicher Sicherheitsmargen werden vor dem Fliegen eingebaut. Wenn eine Versuchsperson Sauerstoff voratmet, sind die Stoffwechselraten im Anzug etwas höher als im Ruhezustand.

Warum? Weil sich der Astronaut bewegt und gegen
den Widerstand des unter Druck gesetzten
Anzugs arbeiten muss. Forschungen von Dr. Michael Gernhardt (NASA-Astronaut, Manager des Environmental Physiology Laboratory und leitender Forscher des Prebreathe Reduction Program am Johnson Space Center) bei der NASA haben gezeigt, dass sogar leicht erhöhte Stoffwechselraten die Stickstoffausscheidung erhöhen und die Dekompressionsbelastung senken können. Demzufolge nutzen Astronauten körperliche Bewegung, wenn sie Sauerstoff einatmen, um die Stickstoffausscheidung zu verbessern. Dieser Plan funktioniert gut, aber es müssen ganz bestimmte Übungen vorgeschrieben werden. Die Kombination von hoch intensiver Bewegung mit wenig intensiver Bewegung war das Beste, um Stickstoffbläschen zu reduzieren.

Dieselben Bedenken zum Thema Dekompressionskrankheit werden laut, wenn ein SAT-Taucher auf eine “Exkursion” gilt. Taucher, die die Tiefe (deutlich) erhöhen, weil eine Aktivität unter der Aufenthaltstiefe

notwendig ist, müssen eventuell auf dem Rückweg in den Wohnbereich dekomprimieren. Zusätzlich müssen alle Taucher ungeachtet der Tiefe nach einem Tauchgang dekomprimieren. Die Dekompression findet normalerweise in Form einer kontrollierten Aufstiegsgeschwindigkeit statt.

Wenn Taucher bis zur maximalen Tiefe eines SATTauchgangs gehen, müssen sie auf Zeichen eines HPNS (High Pressure Nervous Syndrom oder umgangssprachlich Heliumzittern) achten. Das äußert sich bei Menschen in Schwindel, Übelkeit, Erbrechen, Haltungs- oder Intentionstremor, Müdigkeit oder Schläfrigkeit, Zusammenzucken, Magenkrämpfe, verminderte geistige und psychomotorische Leistung, Schlafstörungen mit Albträumen, eine erhöhte Slow Wave-Aktivität und eine gesenkte Fast Wave-Aktivität des Gehirns, was von einem Elektroenzephalogramm gemessen wird.

Auch wenn die genaue Herkunft unbekannt ist, glaubt man, dass HPNS hohem Druck von außen ausgelöst und durch die Wahl des Atemmediums und der Abstiegsgeschwindigkeit verschlimmert wird. Einige Taucher empfinden zum Beispiel eine leichte Form von HPNS bei einem schnellen Abstieg, was auch Heliumzittern genannt wird, wenn sie eine Helium-Sauerstoffs-Mischung in einer Tiefe, die so gering ist wie 92 msw, atmen. Ab einem bestimmten Druck (Tiefe) ist die Effizienz eines Tauchers sehr beschränkt.

Wenn dagegen ein Astronaut eine Geschwindigkeit von 7,5 Kilometer pro Sekunde überschreitet und beginnt den ständigen Freifall des Orbits zu spüren, leiden viele von ihnen unter dem SAS-Syndrom (space adaptation syndrome), was so ähnlich ist wie eine Reisekrankheit. Zu den Symptomen gehören leichte Übelkeit, Desorientierung, Übergeben bis zu intensiven Beschwerden. Kopfschmerzen und Übelkeit werden oft in unterschiedlichem Ausmaß berichtet. Diese Beschwerden dauern angeblich zwei bis vier Tage an. Während Reisetabletten die Symptome mildern könnten, könnten sie den Astronauten auch schläfrig machen.

Während Astronauten im Allgemeinen nicht unter den Problemen von SAT-Tauchern leiden, zu denen die aseptische Knochennekrose gehört (Knochen sterben ab, weil sich Inertgas, das sich schnell aus einer Lösung löst und den Knochen zerstört, im Knochen auflöst), leiden sie unter Knochenschwund, weil sie in Bedingungen mit einer Mikroschwerkraft leben. Die Knochen von Astronauten sind nur einer beschränkten Belastung ausgesetzt, aber die fehlende Schwerkraft verursacht einen Calciumschwund in den Knochen. Besondere Trainingmaschinen werden benutzt, um die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Um ihr Herz-/Kreislaufsystem in Schwung zu halten, schnallen sich Astronauten jeden Tag an und trainieren bei Missionen von zwischen sieben und 14 Tagen 15 Minuten und jeden Tag 30 Minuten lang bei einer 30 Tage andauernden Mission.

Tekk- und Rebreather-Taucher erleben Symptome, die oft Sauerstoffohr genannt werden, eine Sonderform des Barotraumas im Mittelohr, was durch Einatmen eines mit Sauerstoff bereicherten Gases während des Tauchens verursacht werden kann. Das Mittelohr kann noch immer voller Sauerstoff sein, und das Gewebe rundherum absorbiert diesen Sauerstoff. Das Gasvolumen nimmt langsam ab, weil der Sauerstoff metabolisiert wird, wodurch ein Druckungleichgewicht zwischen Außen- und Mittelohr entsteht. Im Allgemeinen können Taucher noch weiter diesen Druckunterschied nach dem Tauchgang ausgleichen, ohne dass sie darunter eiden. Astronauten leiden öfter aus denselben Gründen unter einem „Sauerstoffohr“. Meist nach einem Trainingsflug in dem T-38 oder nach einem Weltraumspaziergang.

Aquanauten und Astronauten sind das Inbild des menschlichen Erkundungsdrangs. Zur Kerngruppe der NASA-Astronauten gehören zwei professionelle Taucher: Dr. Michael L. Gernhard, früher ein Berufstaucher (siehe oben) und Captain (select) Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper, ein Tauchoffzier der US Navy.

Der jetzige Kern der NASA-Astronauten zeigt, dass mehr als 50 % ernsthafte Schwimmer oder ausgebildete Ziviltaucher sind, die in ihrer Freizeit gerne Tauchen gehen. Der allgemeine Konsens scheint zu sein, dass

die Anpassungsfähigkeit an das Wasser eine Vorraussetzung ist, um als Astronaut erfolgreich zu sein. Keine Einzelperson hat alle Merkmale, um ein “perfekter Astronaut” zu sein. Einige Aquanauten sind besser beim Fahren und können mühelos durchs Wasser manövrieren, andere dagegen haben mehr praktisches Geschick und können Fische mit der bloßen Hand fangen. Ebenso gibt es Astronauten, die besser sind beim Weltraumspaziergang und andere, die den Orbiterarm besser handhaben können.

Der Schlüssel scheint zu sein, die richtige Kombination von Menschen zu haben, die ihre gegenseitigen Stärken und Schwächen ausgleichen, sodass sie zusammen ein Team sind, das das „richtige Zeug hat“. Aquanauten sind die am besten ausgerüstete Gruppe, um von den Tiefen des Ozeans in die Höhen des Weltraums aufzusteigen. Einen Aquanauten für eine Mission im Weltraum auszuwählen, ist ein direkterer Weg zum Erfolg und erhöht die Chancen für ein erfolgreiches Team.