

[Sättigungstauchen]

Tiefbau

Bis zu 450 Meter Tiefe werden beim Sättigungstauchen erreicht, 150 bis 300 Meter sind die Regel. In der Finsternis wartet Arbeit auf die Elite der Berufstaucher – ihr wichtigster Arbeitgeber: die Offshore-Ölindustrie.

Bei Sporttauchern wird die Dekompressionsproblematik im Handumdrehen gelöst: Stellt sich bei der Planung heraus, dass die Auftauchzeit zu lang würde, liegt der geplante Tauchgang außerhalb der Grenzen des Sporttauchens und wird nicht durchgeführt. Berufstaucher können so wählerisch nicht sein, denn in der Tiefe wartet Arbeit. Deshalb akzeptieren die Profis lange Dekompressionen. Doch trotz aller Leidensfähigkeit – auch hier gibt es Grenzen. In der so genannten Offshore-Taucherei ist effektives Arbeiten mit herkömmlichen Tauchmethoden nicht mehr möglich. Also werden Sättigungstaucher eingesetzt. Die Theorie ist recht einfach: Dekostopps müssen eingehalten werden, weil sich der

Körper mit zunehmender Tauchzeit mit Inertgas (bei Luft wäre das Stickstoff) füllt. Nach einer gewissen Zeit ist der Organismus gesättigt. Das heißt, es wird kein zusätzliches Gas mehr aufgenommen – egal ob und wieviel länger man unter Druck bleibt. Ab dem Zeitpunkt der Sättigung werden die Dekopausen nicht mehr länger. Selbst viele Tage unter Druck haben die gleichen Auftauchzeiten wie einige Stunden.

[Die Wohnkammern]

Um diese theoretischen Erkenntnisse in der Praxis zu nutzen, bedarf es umfangreicher Technik. Da die Taucher unter Druck gehalten werden müssen, leben sie in Druckkammern (Wohnkammer oder Deck



Der Gedanke ist verlockend: mit dem Hobby Geld verdienen. In Sachen Tauchen durchaus machbar – aber ein hartes Brot und nicht frei von Risiken. Vier Protagonisten der jeweiligen Berufssparten berichten. Die **Reportage** finden Sie in **unterwasser 03/2010**.

Decompression Chamber, DDC). Diese stehen aber nicht in der Tiefe, sondern an Bord der Tauchschiffe (Dive Support Vessel, DSV). Die Lebenserhaltungstechnik gleicht den Anlagen in einer Raumstation. Alle Umgebungsparameter müssen überwacht und bei Bedarf von außen angepasst werden. Dazu zählen Druck, Gasgemisch, Temperatur und relative Feuchtigkeit. Da in großen Tiefen gearbeitet wird, ist Luft als Atemgas nicht mehr zu verwenden. Meist atmen Sättigungstaucher ein Gemisch aus Helium und Sauerstoff, das sogenannte Heliox. Ab einer gewissen Tiefe wird wieder etwas Stickstoff beigemischt. Dann wird von Trimix gesprochen. Bei Extremtauchgängen wird auch schon mit Ge-

mischen aus Wasserstoff, Helium und Sauerstoff, dem Hydreliox, experimentiert. Wichtigster Parameter beim Gasgemisch ist der Sauerstoffpartialdruck, aber auch der Kohlendioxidpartialdruck wird konstant kontrolliert. Bei komplizierten Gasgemischen werden alle anderen Gase einzeln gemessen, so dass die Atmosphäre in der Kammer bei Abweichungen von den Sollwerten sofort korrigiert werden kann. Helium leitet Wärme viel besser als Stickstoff. Deshalb ist die Gefahr einer Auskühlung (Hypothermie) bei Helioxatmung bedeutend größer als bei Luftatmung. Die Temperaturüberwachung der Druckkammern spielt deshalb bei den Lebenserhaltungssystemen eine große Rolle. Der Komfortbe-

ERSTE SCHRITTE

Der Haken an der Ausbildung zum Sättigungstaucher: Man muss schon Berufstaucher sein und Offshore-Arbeitserfahrung nachweisen können, bevor es überhaupt losgeht. Weltweit gibt es nur drei Schulen, die diese Ausbildung anbieten:

- > The Underwater Centre, Fort William, Scotland, www.theunderwatercentre.co.uk
- > The Underwater Centre Tasmania, www.underwaterctr.com.au
- > INPP Institut National de la Plongée Professionnelle, Marseille, Frankreich, www.inpp.org

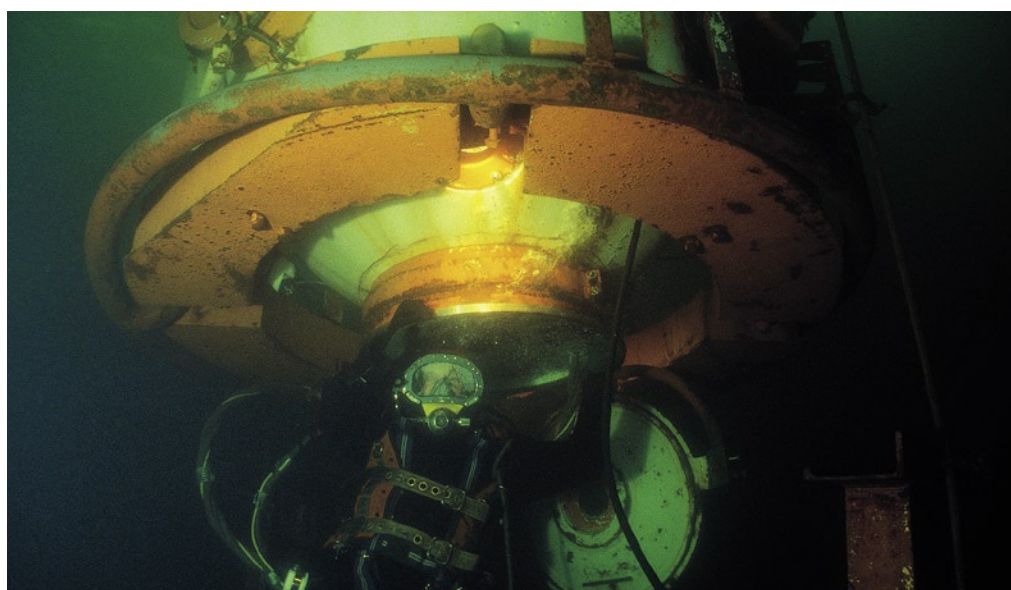


Foto: Thomas Matner

Fahrstuhl in die Tiefe: Mit der »closed bell« pendeln Sättigungstaucher zwischen der Druckkammer an Bord ihres Schiffes und ihrem Arbeitsplatz in der ewigen Finsternis.

reich, dass heißt der Bereich, in dem sich der Mensch wohl fühlt, ist bei einer Helioxatmosphäre viel kleiner als in Luft. Die relative Feuchtigkeit ist durch die geschlossene Atmosphäre der Druckkammer ein Problem. Bei jedem Duschen oder Umziehen der Taucher steigt sie wieder auf fast 100 Prozent an. Nur durch ständiges Trocknen des Gases ist es möglich, sie auf einem annehmbaren Niveau zu halten.

[Die Bell Runs]

Aber die Taucher sollen sich nicht nur in der Druckkammer wohlfühlen – in erster Linie müssen sie ihre Arbeit in der Tiefe verrichten. Zu diesem Zweck werden sie mit einer Taucherglocke, der sogenannten »Bell«, auf die Arbeitstiefe befördert. Die Taucherglocke ist an die Druckkammer angedockt und eigentlich nichts anderes als eine versenkbare Druckkammer (Submersible Decompression Chamber, SDC). In ihr herrscht der gleiche Druck wie in der Wohnkammer. Ist sie an diese angedockt, steigt ein Tauchteam in die »Bell« um. Dann wird sie von der Wohnkammer abgedockt und in die Arbeitstiefe abgesenkt – der »Bell Run«. Über ein ganzes Bündel an dicken Leitungen, der so genannten Nabelschnur oder Umbilical, wird sie mit Atemgas, Heißwasser und Energie versorgt. Ebenso enthält die Umbilical Leitungen für Sprechfunk und Kameras. Nach Erreichen der Arbeitstiefe wird ein Druckausgleich zwischen der Taucherglocke und der Umgebung hergestellt und die Luke wird geöffnet. Dann verlässt einer der beiden Taucher die Glocke. Sein Kamerad, der so genannte »Bellman«, bleibt vorerst im Trockenen. Sämtliche Funktionen der Taucherglocke können für den Notfall auch von innen gesteuert werden, so dass unzählige Ventile und Schalter über die Wände verstreut sind. Der Taucherhelm ist unter der Decke aufgehängt, und die Nabelschnur des Tauchers, die »Diver's Umbilical«, ist über zwei Haken an der Seite aufgewickelt. An diesen Haken hängt auch die Reserveflasche des Tauchers – im Fall des Brechens der Umbilical führt der Taucher genügend Atemgas mit sich, um sicher zur Bell zurück zu kommen. Ansonsten wird er über Schläuche von der Bell aus mit allem Notwendigen versorgt. Zusätzlich werden bei jedem Absenken der Taucherglocke

BERUFS-ALTERNATIVE

Bedienpersonal eines Sättigungssystems

An der Sättigungstechnik interessierte Personen müssen nicht selbst als Taucher in die Druckkammer gehen. Die Überwachung der Kammern und Lebenshaltungssysteme ist eine eigene Ausbildung. Der »Life Support Technician« (LST) genannte Beruf verlangt ein umfangreiches Wissen in der Tauchphysik. Die LSTs analysieren alle verwendeten Gase, mischen daraus die jeweiligen Atemgase, überwachen sämtliche Parameter der Druckkammeratmosphäre, schleusen die Mahlzeiten in die Druckkammer ein und sind für die Auswahl und Einhaltung der Dekompressionstabellen verantwortlich. Sie werden gemeinsam mit den Sättigungstauchern ausgebildet. Im Gegensatz zu diesen müssen sie keine taucherische Vorbildung haben und werden im Kurs auch nicht nass. Sie sitzen während der Tauchgänge mit den nicht tauchenden Sättigungsschülern am Kontrollpult und bedienen die Druckkammern. Am Ende des Kurses schreiben sie eine Prüfung und erhalten nach Bestehen ein international anerkanntes Zertifikat. Da technische Ausfälle während eines Sättigungstauchgangs lebensgefährlich wären, gehören zum

Bedienpersonal immer speziell ausgebildete Techniker. Im Offshore-Jargon werden sie »Dive Technicians« genannt. Obwohl Kurse für diese Tätigkeit angeboten werden, haben fast alle »Dive Technicians« eine technische Ausbildung/Lehre absolviert und sind danach von einer Tauchfirma weitergebildet worden. Insbesondere Personen mit breit gefächertem technischem Wissen und besonderen Kenntnissen in Hydraulik oder Elektrik haben in diesem Bereich gute Einstellungs- und Verdienstmöglichkeiten.

Zusätzlich zu den »LSTs« und »Dive Technicians« ist immer ein »Air Dive Team« an Bord. Seine Mitglieder bereiten an Deck die durchzuführenden Unterwasserarbeiten vor und unterstützen häufig die »LSTs« bei Arbeiten wie z.B. dem Einschleusen der Mahlzeiten. Bei Zwischenfällen mit der Taucherglocke im oberen, für Pressluft geeigneten Bereich können sie auch als Rettungstaucher eingesetzt werden. Nach der Ausbildung zum Berufstaucher ist dieser »Sat Support« (saturation support = Sättigungsunterstützung) häufig ein Einstieg in die Offshore-Taucherei.

neben der Tauchausrüstung lebenswichtige Ersatzteile, eine umfangreiche Erste Hilfe-Ausrüstung und Notfallausrüstung für alle möglichen Unfallszenarien mitgeführt. Schon in der Wohnkammer haben beide Taucher ihre Heißwasseranzüge angezogen und ihr Sicherheitsgeschirr, den Harness, angelegt. In der Bell legt der Taucher als erstes seine Reserveflasche, das sogenannte Bail-Out, an. In großen Tiefen ist dies ein Kreislaufgerät, da der in Druckgasflaschen mitgeführte Gasvorrat im Notfall nicht ausreichen würde, um sicher zur Bell zurück zu kommen. Dann befestigt der Bellman die Umbilical am Taucher und schließt die Heißwasserversorgung an seinem Anzug an. Anschließend setzt er dem Taucher den Helm auf. Der Taucher prüft dann die Funkverbindung zur Oberfläche und die Funktion seines Notfallsystems. Dann öffnet der Bellman die Atemgasversorgung. Bevor der Taucher ins Wasser steigt, geht der Bellman mit dem Kontrollraum an der Oberfläche noch einmal eine Checkliste zur letzten Kontrolle des Tauchers durch. Nachdem der Taucher die Bell verlassen hat, ist es seine erste Aufgabe, die Umbilical für den Bellman, der auch sein Sicherheitstaucher ist, in die Glocke zu bringen. Diese ist nämlich während des Abstiegs aus Platzgründen an der Außenseite der Taucherglocke befestigt. Da ein Taucherhelm nicht

alleine angelegt werden kann, benutzt der Bellman eine Vollgesichtsmaske. An diese schließt er die Umbilical an. Nachdem er Funk und Gasversorgung mit dem Kontrollraum geprüft hat und seine Heißwasserversorgung an seinen Anzug angeschlossen hat, bekommt der draußen wartende Taucher das OK, sich von der Bell zu entfernen und mit der Arbeit zu beginnen. Der Bellman sitzt nicht nur als Sicherheitstaucher tatenlos in der Bell herum. Seine wichtigste Aufgabe ist die Kontrolle der Gasversorgung des Tauchers. Da die beim Sättigungstauchen benutzten Gasgemische sehr teuer sind, werden nur noch sehr selten offene Atemsysteme benutzt. Meistens wird das Gas recycelt. Das Ausatemgas wird nicht ins Wasser abgeatmet, sondern zurückgeführt, gereinigt, getrocknet und aufbereitet. Der Bellman überwacht das entsprechende Kontrollpult in der Taucherglocke. Ebenso beobachtet er die Temperaturanzeige für die Heißwasserversorgung, kontrolliert die Atmosphäre in der Bell und führt die Umbilical des Tauchers. Nach etwa vier Stunden wechseln Bellman und Taucher ihre Positionen, um nach insgesamt rund acht Stunden den Bell Run zu beenden.

[Die Rückkehr]

Während die Bell an die Oberfläche geholt wird, wird konstant ihr In-

nenndruck überwacht. Ein Druckabfall wäre für die Taucher tödlich. Zurück an Bord des Schiffes, wird die Taucherglocke wieder an das Druckkammersystem angedockt. Dieser so genannte TUP (Transfer Under Pressure) ist der kritischste Moment des ganzen Bell Runs. In einer Druckkammer dichten nämlich alle Luken mit dem Druck, das heißt, der Druck presst die Luken in ihre Dichtungen. Da aber Taucherglocke und Wohnkammer unter Druck stehen, müssen sie gegen den Druck gedichtet werden, indem man sie mit einer mechanischen Sperre gegeneinander drückt. Der ganze Vorgang wird vom Kontrollraum aus gesteuert und verlangt äußerste Präzision des gesamten Bedienpersonals. Ist die Taucherglocke sicher an die Wohnkammer angedockt, wechseln die Taucher zurück, und das nächste Team wird in die Tiefe gebracht. Die Taucher können jetzt duschen und sich bis zu ihrem nächsten Bell Run ausruhen. Da rund um die Uhr gearbeitet wird, ein Bell Run etwa acht Stunden dauert und drei Tauchteams auf Sättigung sind, haben sie 16 Stunden frei. Von wirklicher Freizeit kann aber keine Rede sein. Das Team lebt in einer engen Röhre, in der es kaum Bewegungsmöglichkeiten gibt. Schlafen, lesen, Musik hören – damit hat sich das Freizeitprogramm auch schon erschöpft. ➤

Richtig eng und langweilig wird es aber erst während der mehrtägigen Dekompression. Es gibt keine Bell Runs mehr. Und da jetzt keine Taucher mehr im Wasser sind, erscheint die Kammer noch enger als zuvor.

[Die Ausbildung]

Es ist ein langer und steiniger Weg in die Sättigungstaucherei. Grundvoraussetzung ist eine Ausbildung zum Berufstaucher (siehe *unterwasser* Februar 2004). Danach muss der Aspirant Offshore-Arbeitserfahrung sammeln. Kann er die entsprechenden Nachweise bringen, kann er die Ausbildung zum Sättigungstaucher beginnen. Für die meisten Schüler besteht diese »Lehre« aus zwei Teilen. Am Anfang steht der Diver Medic-Kurs. Ist für den »normalen« Berufstaucher noch eine umfangreiche Erste Hilfe-Ausbildung ausreichend, verlangt man beim Sättigungstauchen wesentlich mehr Kenntnisse. Der Grund dafür: Auf Sättigung sind die Taucher von medizinischer Versorgung zeitlich weiter entfernt als die Astronauten auf der ISS. Die Regularien für das Sättigungstauchen schreiben zwei »Diver Medics« in jedem Sättigungsteam vor, oft sind es aber mehr. Deshalb erleichtert dieser Kurs schlicht die Arbeitssuche. Nach zwei Wochen Medizin in Klassenraum und Praxis wird den Schülern das Sättigungssystem vorgestellt. Sättigungstaucher können nämlich nicht nur unter Wasser arbeiten. Sie sind auch berechtigt, als so genannte LST (Life Support Technician) die Systeme an den Kontrollpulten zu fahren, den Kran zum Versenken der Taucherglocke zu bedienen und die Gasversorgung der Taucher zu regeln.

GAS-GEMISCHE

Bei der Berechnung des Atemgases für Sättigungs-Tauchgänge spielt zum ersten der Sauerstoff eine Rolle, da er ab einem gewissen Partialdruck giftig wird. Nächstes Sorgenkind ist der Stickstoff: Da er für den Tiefenrausch verantwortlich ist, wird er durch Helium ersetzt, wodurch Heliox entsteht. Das Helium führt aber in großen Tiefen (ab etwa 250 Meter) zum »High Pressure Nervous Syndrom« (HPNS), dem gefährlichsten Heliumzittern, so dass dem Gas wieder ein geringer Prozentsatz Stickstoff zugefügt wird – das Gemisch heißt jetzt Trimix.

In sehr großen Tiefen spielt selbst die Dichte der einzelnen Gase eine wichtige Rolle: Dann wird selbst das »leichtflüssige« Helium zu schwer zu atmen, und es wird teilweise durch Wasserstoff ersetzt. Das so entstandene Gasgemisch heißt Hydrellox.

Die positiven und negativen Eigenschaften der Gase sind allesamt vom jeweiligen Partialdruck abhängig. Somit muss ihr prozentualer Anteil mit wechselnden Tiefen ständig angepasst werden. Ein konstantes Atemgas-Monitoring ist in der Sättigungstaucherei deswegen lebenswichtig.

KLEINES WÖRTERBUCH: SÄTTIGUNGSTAUCHER-ENGLISCH

Die wichtigste Sprache in der Berufstaucherei ist Englisch. Da dies für die Sättigungstaucherei in einem besonderen Maß gilt, hier die wichtigsten Begriffe:

Air Dive Team: Presslufttaucher für unterstützende Arbeiten.

Bail Out: Reserveflasche, in großen Tiefen ein Kreislaufgerät.

Bell: Taucherglocke (in der Sättigungstaucherei stets die geschlossene Variante »Closed Bell«).

Bellman: der Taucher im Zweier-Team, der in

der Glocke verbleibt und Kontrollfunktionen ausübt, während sein Kamerad draußen arbeitet.

Bell Run: die Zeit vom Abdocken der Taucherglocke von der Wohnkammer bis zum Wiederandocken.

Deck Decompression Chamber (DDC): Wohn-Druckkammer an Bord des Tauchschiffs.

Dive Support Vessel (DSV): Tauchschilder-Plattform.

Diver Medic: Medizin- und Erste Hilfe-Kurs für Sättigungstaucher.

Hotwater Suit: besserer Kälteschutz als jeder Trockentauch-Anzug. Wird über die Versorgungsleitung ständig von heißem Wasser durchspült.

Life Support Technician (LST): Bedienpersonal an den Kontrollpulten.

Lock out: die »nasse« Phase eines Bell Run – die Zeit vom Verlassen der Taucherglocke bis zur Rückkehr.

Lost Bell Situation: der Bruch sämtlicher Versorgungsleitungen von der Oberfläche zur Taucher-

glocke – das gefürchtete »worst case«-Szenario.

Umbilical: Leitungsbündel zur Versorgung mit Atemgas, Heißwasser für den Anzug, Funkverbindung etc. – entweder von der Oberfläche zur Bell oder von dort aus zum draußen arbeitenden Taucher (diver umbilical).

Transfer under Pressure (TUP): die Verbindung von Wohnkammer und Taucherglocke und das Wechseln der Teams von einem Bereich in den anderen.

Danach geht es ins Wasser: Zuerst aber ins flache, und anfangs ist noch ein Ausbilder mit den Schülern in der Bell. Bei diesem ersten Bell Run ist jeder Schüler einmal Bellman und einmal Taucher. Dann wird die Bell an Deck des Schiffes gebracht und an die Wohnkammer angedockt, um das kritische Wechseln von der Glocke in die Wohnkammer zu üben. Nach dem Andocken wird die Bell sofort wieder gelöst und wieder auf Tiefe gebracht – ganz wie später, im »richtigen« Offshore-Leben. In der Folge wird intensiv das Verhalten bei Notsituationen trainiert. Kann sich jeder oberflächenorientierte Taucher noch darauf verlassen, nach dem Auftauchen das Größte hinter sich zu haben, fangen die Probleme für den Bellman

mit der Rückkehr zur Bell erst an: Er ist auf sich allein gestellt, er muss den Taucher allein durch die enge Luke in die Taucherglocke bekommen, er muss in der äußersten Enge Erste Hilfe leisten und ist dafür verantwortlich, die Bell für die Rückkehr zur Oberfläche zu sichern.

[Der worst case]

Die gefährlichste Situation oder »worst case« wäre ein Brechen der Umbilical mit allen Verbindungen der Bell zur Oberfläche. Neben den Versorgungsleitungen wäre dann auch das Kranseil, mit dem die Bell zur Oberfläche geholt wird, gebrochen. In der Glocke würde in so einem Notfall das Licht ausfallen und Wasser einbrechen. Der Bellman muss dann in vollständiger Dunkelheit wissen, wie auf Notstromversorgung umgeschaltet wird. Dann muss er die entsprechenden Ventile schließen, um den Wassereintrich zu stoppen. Wenn die Bell gesichert ist, muss er den Taucher mit Zugsignalen informieren und zurückholen. Jede Taucherglocke hat für einige Stunden Atemgas an Bord. Aber die Anreicherung der Bellatmosphäre mit Kohlendioxid wäre ein Problem. Deshalb müssten die Taucher Atemmasken benutzen, die das Kohlendioxid aus ihrem Ausatemgas herausfiltern. Das größte und akuteste Problem ist aber die Temperatur. Die Wassertemperatur in den Sättigungstiefen ist sehr niedrig, und die Wärmeleitfähigkeit des Heliums im Atemgas beschleunigt die

Auskühlung enorm. Deshalb befinden sich in jeder Taucherglocke Überlebensanzüge, die in einem Notfall sofort angezogen werden müssen. Im Zusammenhang mit einer »Lost Bell-Situation« werden auch Klopfzeichen geübt. Da nach dem Brechen der Umbilical auch die Telefonverbindung ausgefallen ist, muss eine Rettungsmannschaft über Klopfzeichen von außen mit den Tauchern in der Taucherglocke Kontakt aufnehmen. Zwischen den Bell Runs trainieren die Schüler Aufgaben in der Wohnkammer: Duschen und Toilettengänge, banale Dinge des täglichen Lebens, können bei Bedienfehlern tödliche Folgen für ein Sättigungsteam haben. Druckverlust oder Feuer in der Wohnkammer sind weitere Notfallszenarien, die geübt werden – zwölf Stunden täglicher »Drill«, garniert mit umfangreichen Theorielektionen, sind die Regel. Sind die Ausbilder mit allen Leistungen der Kursteilnehmer zufrieden, kommt am Ende des Kurses der große Moment: Die Übungen finden jetzt auf 100 Meter Tiefe statt. Danach ein Wechsel in die Wohnkammer und noch zwei Bell Runs auf 75 und 55 Meter. Dann das letzte Hinüberschleusen in die Wohnkammer und vier Tage Dekompression. Nun bekommt man nun einen Eindruck von der psychischen Belastung. Einige Kursteilnehmer stoßen schon nach dieser kurzen Zeit an ihre Grenzen. <

Hans-Jürgen Strickling