



Einführung Rebreather- Tauchen

Erste Kreislaufgeräte (engl. Rebreather) wurden schon im 19ten Jahrhundert entwickelt und waren somit früher im Einsatz als Atemregler. Die Atemreglertechnik wurde erst im Jahre 1940 von Gagnan/Cousteau eingeführt. Heute finden Kreislaufgeräte vorwiegend im Militär- und in der Berufstaucherei ihre Anwender. In den letzten Jahren entwickelte sich ein Kreislaufgeräte-Markt für technische Taucher. Die Geräte werden vorwiegend für lange Höhlentauchgänge und tiefe Wracktauchgänge eingesetzt. Mitte der 90er Jahre wurden Kreislaufgeräte für den Sporttauchermarkt entwickelt. Nach den anfänglichen Erfolgen, bewegt sich der Markt heute bei wenigen hundert Geräten pro Jahr. In diesem Bericht erklären wir das Grundprinzip der Kreislaufgeräte und gehen auf die verschiedenen Typen wie halbgeschlossene Konstantdosierer, halbgeschlossen atemgesteuert, geschlossen elektronisch und geschlossen manuell ein. Die Gefahren, mögliche Einsatzgebiete, sowie die Geschichte der Kreislaufgeräte werden ebenfalls beschrieben.

Grundprinzip

Die Grundidee eines Kreislaufgerätes ist, den verbrauchten Sauerstoff durch frischen zu ersetzen und das ausgeatmete Kohlendioxid zu binden. Das einfachste machbare Kreislaufgerät besteht nur aus Mundstück, Atembeutel, Sauerstoffeinspeisung und Kalkbehälter. Geräte dieser Bauart wurden in der Praxis eingesetzt. Das Sauerstoff-Kreislaufgerät von Fleuss (1878) war der erste Vertreter dieser Art. Die heute erhältlichen Kreislaufgeräte sind deutlich komplexer, bauen aber auf demselben Grundprinzip auf. Um größere Tiefen zu erreichen, muss der Sauerstoff verdünnt werden. Dies geschieht Mittels eines Verdünnungsgases engl. Diluent, d.h. es wird ein Nitrox- oder Trimixgemisch eingespeist, um den Sauerstoffpartialdruck in akzeptablen Grenzen zu halten. Der Regelkreislauf ist entsprechend komplizierter: das fehlende Volumen darf nicht mehr nur mit Sauerstoff ausgeglichen werden, sondern muss an aktuelle Tiefenbedingungen angepasst werden. Bei den halbgeschlossenen Geräten sind der Sauerstoffersatz und die Diluent-Einspeisung

gekoppelt, d.h. es wird kein reiner Sauerstoff eingespeist. Der Sauerstoff im Atemkreislauf ist durch den Diluentgasfluss und den persönlichen Sauerstoffverbrauch bestimmt. Diese Geräte können bei entsprechender Gasauswahl und Ausbildung ohne Sauerstoff-Sensor getaucht werden. Bei den geschlossenen Geräten werden zwei Flaschen eingesetzt. Eine mit Diluent, um den Volumenverlust beim Abtauchen auszugleichen und eine zweite mit Sauerstoff, um den Sauerstoffpartialdruck einzustellen. Da die Gaszusammensetzung während des Tauchganges vom Gerät bzw. Benutzer nachgeregelt wird, muss zwingend ein Sauerstoff-Sensor eingesetzt werden. Um die Sicherheit zu erhöhen, werden typischerweise mehrere Sensoren eingebaut.

Funktionsprinzipien/Gerätetypen

Die Kreislaufgeräte werden in folgende Haupt-Kategorien unterteilt:

1. Halbgeschlossene Kreislaufgeräte
 - a. Konstantdosierer
 - b. Bedarfsgesteuert
2. Geschlossene Kreislaufgeräte
 - a. Sauerstoff
 - b. Elektronisch mischend
 - c. Manuell mischend

SCR – Halbgeschlossene Kreislaufgerät

Halbgeschlossene Kreislaufgeräte (engl. Semi Closed Rebreather (SCR)) haben eine lange Geschichte und weisen eine hohe Sicherheit auf, falls die Bedie-



FUNKTIONSPRINZIP EINES HALBGESCHLOSSENEN KREISLAUFGERÄTES MIT KONSTANTDOSIERUNG

nungsanleitungen der Hersteller beachtet werden. Die Ausführungen der halbgeschlossenen Rebreather (SCR) werden in zwei Unterklassen aufgeteilt.

Die erste Klasse ist der Konstantdosierer, wie z.B. das Submatix SCR 100 ST. Das zentrale Element dieses Gerätes ist die Speiseeinheit, welche Atemgas mit einem konstanten Flow (Gasmenge / Minute) in den Einatembeutel speist (auch Gegenlung genannt). Fällt das Volumen des Einatembeckels zusammen (z.B. beim Abtauchen), muss vermehrt Atemgas eingespeist werden. Dies kann automatisch oder manuell erfolgen. Sicherheitstechnisch sind automatische, lungenabhängige Einspeisungen ein Muß. Die automatische Einspeisung (Bypass) sorgt bei Druckabfall (Ausblasen der Maske, Abstieg, Überatmen des Kreislaufgerätes) für zusätzliche Gaslieferung, bei der die Konstantdosierung umgangen wird. Dadurch ist garantiert, dass immer genügend Atemgas im Einatembeutel vorhanden ist. Bei konstanter Tiefe hält der Gasfluss der Speiseeinheit (Düse) das gesamte Gasvolumen (Einatembeutel und Ausatembeutel) in einem

Chemischer Prozess bei Kohlendioxidbindung

Der chemische Prozess der Kohlendioxidbindung ist eine exotherme Reaktion (Freisetzung von Wärmeenergie). Der Prozess ist in drei Phasen unterteilt:

Phase 1 (gasförmig): Das Kohlendioxid bildet eine schwache Kohlensäure.
 $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

Phase 2 (flüssig): Die entstandene Kohlensäure reagiert mit dem vorhandenen Alkalihydroxid zu Natriumcarbonat und Wasser.
 $H_2CO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + 2H_2O + Wärme$

Phase 3 (fest): Das entstandene Natriumcarbonat (Salz) reagiert mit Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat und Natriumhydroxid.
 $Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaOH$

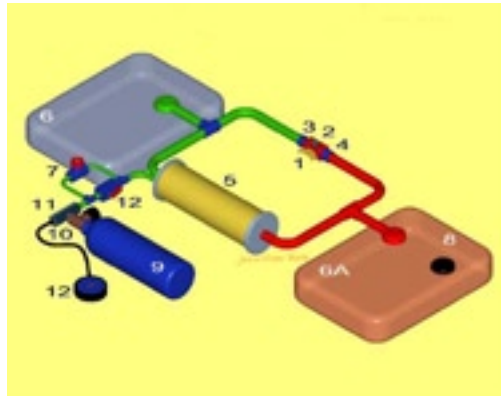
100 Gramm Atemkalk neutralisieren in etwa 25 Liter Kohlendioxid. Dies entspricht ungefähr der Menge Kohlendioxid die bei Ruhe in 30 Minuten ausgeatmet wird. In der Praxis erreicht man, wegen den unten aufgelisteten Faktoren, nur etwa die Hälfte dieser Zeit.

Die chemische Reaktion wird durch folgende Faktoren in ihrer Wirkung beeinflusst:

- Menge des Atemkalks ≠ Menge des Kohlendioxids, das gebunden werden kann.
- Verweildauer des Gases im Kalk und somit Zeit für die Bindung des Kohlendioxides.
- Effizienz ≠ Art und Konstruktion des Kalkbehälters (radiale oder lineare Durchströmung, Strömungsgeschwindigkeit).
- Verdichtung des Atemkalks ≠ Vermeidung von Gaskanälen/Klumpenbildung. Das Gas nimmt den Weg des kleinsten Widerstandes. Bei Hohlräumen/Kanälen kann das Atemgas ungefiltert passieren.
- Feuchtigkeit des Atemkalks ≠ Wasser wird für die Reaktion benötigt, kann aber auch die Reaktion mit dem Natriumcarbonat verhindern (nasser Kalk).
- Temperatur des Atemkalks ≠ Gefrorener Atemkalk kann nicht mit dem Kohlendioxid reagieren. Bei höherer Temperatur läuft die Reaktion besser (schneller) ab. Einflussfaktoren: Wassertemperatur und Isolation des Kalkbehälters.

Basierend auf diesen Faktoren gibt jeder Hersteller eine sogenannte Kalkstandzeit für sein Gerät, bei Normbedingungen und einer bestimmten Atemkalksorte, an. Die Standzeit muss in Abhängigkeit der lokalen Bedingungen evtl. reduziert werden (z.B. Tiefe Wassertemperatur, starke Arbeitsbelastung während des Tauchganges).

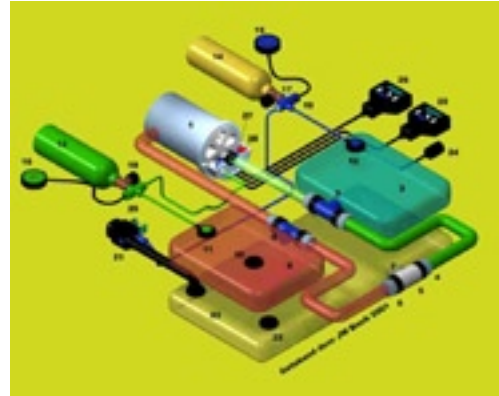
Gleichgewicht, dabei überschüssiges Gas wird beim Ausatembeutel über ein Überdruckventil abgegeben. Das Atemgas wird zwischen Ausatembeutel und Einatembeutel im Kalkbehälter gefiltert, das Kohlendioxid wird gebunden. Die Einsatztiefe (und somit die Zusammensetzung des Speisegases) und die erwartete Arbeitsleistung bestimmen die Gasflussrate. Die Gasflussrate wird durch die Auswahl der Düse vor dem Tauchgang bestimmt. Der Hersteller schreibt für jedes Speisegas eine minimale Gasflussrate vor, um auch bei erhöhtem Sauerstoffverbrauch (Anstrengung) an der Oberfläche den lebensnotwendigen Sauerstoffanteil zu erreichen. Auf Grund der beschriebenen Funktionsweise findet eine Verschiebung der Atemgaszusammensetzung statt. Die Sauerstoffkonzentration im Atemkreislauf ist immer niedriger als im Speisegas. Sie ist in jeder Tiefe gleich, hängt aber vom Sauerstoffverbrauch des Tauchers (Anstrengung) ab. Bei erhöhter Anstrengung nimmt der Sauerstoffanteil ab, da immer dieselbe Menge Sauerstoff pro Minute eingespeist



FUNKTIONSPRINZIP EINES PASSIV HALBGESCHLOSSENEN KREISLAUFGERÄTES

wird. Tritt beim Kreislaufgerät ein Fehler auf, muss die Möglichkeit auf ein anderes System zu wechseln, bestehen. Bei den Konstantdosierern kann das Speisegas auch offen bzw. direkt geatmet werden. Den Zugriff auf das Speisegas erhält man durch einen separaten Lungenautomat oder einen Lungenautomat, der in das Mundstück des Kreislaufgerätes eingearbeitet ist. Wechselt man auf das offene System, spricht man vom Wechsel

auf das BailOut System. Ist das Speisegas nicht geeignet für den offenen Bailout (z.B. zu hoher Sauerstoffpartialdruck, zu kleines Flaschenvolumen für den Aufstieg) müssen eine oder mehrere zusätzliche Tauchflaschen mitgeführt werden. Aufbau und somit Zusammenbau sind bei jedem Gerät unterschiedlich und erfordern für jeden einzelnen Typ eine spezielle Ausbildung um die jeweiligen Charakteristika zu verstehen und das Kreislaufgerät sicher benutzen zu können. Die zweite Klasse ist das bedarfsgesteuerte Kreislaufgerät (engl. passive Semi-Closed Rebreather (pSCR)). Pro Atemzug wird ein fester Anteil ins Wasser ausgeatmet und eine fixe Frischgasmenge zugeführt. Der RB80 von Halcyon zählt zu dieser Klasse. Ein fester Anteil der Ausatemluft wird in einer kleinen Gegenlung geparkt, diese Gegenlung ist fest mit einer großen Gegenlung gekoppelt. Beim Einatmen wird die Luft in der kleineren Gegenlung ins Wasser ausgestoßen. Die Einatemluft passiert auf ihrem Weg zur Lunge den Kalkbehälter. Dort wird der Kohlendioxid



FUNKTIONSPRINZIP EINES PENDELALMERS-KREISLAUFGERÄTES (SAUERSTOFFKREISLAUFGERÄT)

oxidanteil chemisch gebunden. Der durch den Ausstoß ins Wasser und die Bindungsreaktion am Absorber entstandene Volumenmangel wird durch frisches Gas kompensiert. Auf Grund der beschriebenen Funktionsweise findet eine Verschiebung der Atemgaszusammensetzung statt. Die Sauerstoffkonzentration im Atemkreislauf ist immer niedriger als im Speisegas. Sie ist jedoch nicht in jeder Tiefe gleich. Der Sauerstoffanteil

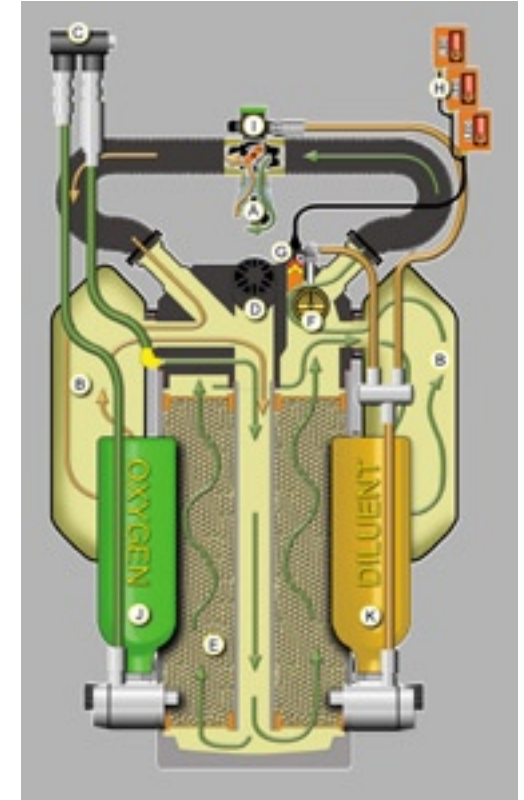
steigt mit zunehmender Tiefe an. Es wird ein konstanter Volumenanteil des Atemzugs ins Wasser ausgestoßen. Mit zunehmender Tauchtiefe nimmt die Dichte des Atemgases zu, d.h. es werden immer mehr Moleküle ins Wasser ausgestoßen. Der Taucher verbraucht aber nicht mehr Sauerstoff(-Moleküle). Die Atemgaszusammensetzung ist unabhängig von der Arbeitsleistung des Tauchers. Die Anpassung an einen erhöhten Sauerstoffbedarf des Tauchers bei Anstrengung erfolgt durch die Erhöhung der Einatemtiefe und der Atemfrequenz. Die Gaszusammensetzung im Kreislauf wird dann nicht verändert. Es gibt viele kleine pSCR Hersteller. Die Stückzahlen sind allerdings gering und heutzutage erfüllen die pSCR die Rebreather Norm EN 14143 nicht. Ein Grund für die fehlende CE-Zertifizierung.

CCR – Geschlossene Kreislaufgeräte

Bei den geschlossenen Kreislaufgeräten (engl. Closed Circuit Rebreather (CCR)) liegt der Hauptunterschied zu den halbgeschlossenen Kreislaufgeräten darin, dass der verbrauchte Sauerstoff durch reinen Sauerstoff ersetzt wird, während bei den SCR der verbrauchte Sauerstoff unter Zuhilfenahme eines Gemisches ersetzt wird. Es gibt drei CCR Klassen: Sauerstoff-Kreislaufgerät, elektronisch (eCCR) und manuell gesteuertes, geschlossenes Kreislaufgerät (mCCR).

Die erste Klasse der CCR sind Sauerstoffkreislaufgeräte. Diese werden heute nur noch in Spezialanwendungen eingesetzt und werden deshalb in diesem Bericht nicht erklärt.

Die zweite Klasse der CCR sind elektronisch gesteuerte, geschlossene Kreislaufgeräte. Die Frischgaszuführung des Sauerstoffs ist computergesteuert. Der Sauerstoffanteil wird typischerweise von drei unabhängigen Sauerstoffsensoren erfasst und durch zwei identische, unabhängige Steuergeräte (engl. Handsets) überwacht. Die Steuerung des Sauerstoffanteils übernimmt das Hauptgerät (Master). Die Funktion der Handsets kann getauscht werden bzw. das zweite übernimmt die Steuerung beim Ausfall des ersten. Der gewünschte Sauerstoffpartialdruck (pO2) kann vom Benutzer eingestellt werden. Der eingestellte Sauerstoffpartialdruck



MANUELL GESCHLOSSENER KREISEL
BILD: CURT BOWEN, ADM

wird Setpoint genannt. Falls der Sauerstoffgehalt im Atemkreislauf beim Tauchen unter den eingestellten Wert (Setpoint) sinkt, wird automatisch Sauerstoff eingespeist bis die voreingestellten Werte wieder erreicht bzw. leicht überschritten sind. Diese Sauerstoff-Nachregulation erfolgt automatisch. Die Diluteinspeisung erfolgt manuell oder bei Erreichen des minimalen Gegenlungenvolumens automatisch (hängt vom Gerätetyp ab). Der Taucher kann bei allen Geräten jederzeit manuell Diluent nachregeln (z.B. um den Sauerstoffpartialdruck zu reduzieren oder das Gerät zu spülen, d.h. das Gas des Kreislaufes auszuwechseln. Ein geschlossenes Kreislaufgerät benutzt somit immer zwei Gase / Tauchflaschen. Eine für den Sauerstoff, die andere für das Diluent. Als Bailout benutzt man das Verdünnungsgas oder eine separate Tauchflasche. Die Sauerstoff und Diluentgasflasche sind

typischerweise im Grössenbereich von 2 bis 3 Litern. So muss bei vielen Tauchgängen eine zusätzliche Bailout Flasche mitgenommen werden, um bei einem Ausfall/Problem des Gerätes auf Tiefe, einen sicheren Aufstieg zur Oberfläche zu ermöglichen.

Die dritte Klasse der CCR sind manuell steuerbare, geschlossene Kreislaufgeräte (engl. manual Closed Circuit Rebreather (mCCR)). Eine Düse gibt konstant Sauerstoff (0,3 bis 1,5 Liter Sauerstoff pro Minute) in das Kreislaufsystem. Die konstant zugeführte Sauerstoffmenge ist etwas weniger als der Grundverbrauch des Tauchers. Der Taucher muss alle paar Minuten manuell Sauerstoff hinzufügen, um den gewünschten Sauerstoffpartialdruck zu halten. Bei Anstrengung muss entsprechend mehr nachgeregelt werden. Eine Sauerstoffüberwachung ist nötig, damit der Taucher den Sauerstoffpartialdruck entsprechend seines Bedarfs einstellen kann. Gordon Smith entwickelte dieses System und verbaut diese seit 1998 erfolgreich in seinen KISS Rebreathern. Dieses System der manuell steuerbaren, geschlossenen Kreislaufgeräte wird deshalb auch oft als KISS (Keep It Simple and Stupid) Prinzip bezeichnet. Mittlerweile haben auch andere Hersteller Geräte nach dem KISS Prinzip auf den Markt gebracht.

Gefahren

Neben den Gefahren, welche das Tauchen mit dem offenen System mit sich bringt (Dekompressionskrankheit, Lungenriss, Unterkühlung, Verletzung durch Meerestiere usw.), müssen beim Kreislaufgerätetauchen weitere Problemfelder beachtet werden.

Folgende Gefahren können besonders beim Kreislaufgerätetauchen auftreten:
Hyperoxie (Sauerstoffvergiftung / Sauerstofftoxizität)

Sauerstoff kommt zu 21% in unserer Atemluft vor und wird für die Verbrennung (oxidativer Abbau) von Nährstoffen im Körper benötigt. Die freien Radikale des Sauerstoffs und seiner Verbindungen sind instabil, welche unter erhöhtem Druck mit anderen Molekülen oxidieren

und so Schäden an gesunden Zellstrukturen (Zellmembranen, Phospholipide/Fette, Enzyme usw.) verursachen. Abhängig vom Sauerstoffpartialdruck im Blut und der Zeit nehmen solche Zellschädigungen zu.

Besonderes empfindlich ist unser zentrales Nervensystem (ZNS) und unsere Lunge. Um diese Organe zu schützen limitieren wir den Sauerstoffpartialdruck und die Einwirkzeit. Die neurotoxischen Effekte (Wirkung auf das Zentrale Nervensystem) wurden von Paul Bert beschrieben und werden mittels ZNSO₂% verhindert. Die Langzeiteinwirkung auf die Lunge wurde von James Lorraine-Smith beschrieben, eine Langzeitvergiftung wird mittels OTU verhindert.

Hypoxie (Sauerstoffmangel)

Um das Funktionieren unseres Körpers zu gewährleisten, wird ein minimaler Sauerstoffpartialdruck im Blut benötigt. Liegt der Sauerstoffpartialdruck unter 0.16bar kann es zu einer Unterversorgung kommen. Diese ist individuell verschieden. Bei einem Sauerstoffpartialdruck unter 0.12bar kommt es zu einem akutem Sauerstoffmangel, welcher zur Bewusstlosigkeit führen kann.

Hyperkapnie

Unter einer Hyperkapnie versteht man die Erhöhung des Kohlendioxidpartialdruckes. Die Höhe des Kohlendioxidpartialdruckes wird von der Produktion und der Abatmung (alveoläre Ventilation) von Kohlendioxid bestimmt. Ursachen für die Hyperkapnie liegen bei Kreislaufgeräten in der Überschreitung der Atemkalk-Standzeit (Sättigung des Atemkalks), unsachgemäß gefülltem Atemkalk (Kanalbildung), zu tiefer Temperatur des Atemkalkes oder geflutetem Atemkalk (auch caustischer Cocktail genannt). Der Taucher verspürt Atemlosigkeit, und nicht selten starke Kopfschmerzen. In extremen Fällen kann man ohnmächtig werden.

Der Hauptunterschied zwischen offenen und geschlossenen Systemen ist der folgende:

- Beim offenen System atmet man das Gas welches in der Flasche ist (und sehr wahrscheinlich atembar ist).
- Bei einem (halb)geschlossenen System atmet man

ein Gas welches zu viel oder zu wenig Sauerstoff hat (typischerweise zu viel) und / oder zu viel Kohlendioxid hat.

Hat man bei einem Kreislaufgerät das Gefühl, dass etwas nicht stimmt, geht man davon aus, dass etwas nicht stimmt und man wechselt auf das offene System (Bailout). Danach kann man überlegen, was schief läuft. Zu viel Kohlendioxid oder zu wenig Sauerstoff reduziert das Denkvermögen, in diesem Zustand wird man eine Fehlentscheidung treffen.

Beim Kreislaufgerätetauchen wird der Satz „If in doubt, bail out“ gelehrt. Das heißt: „Hast du Zweifel, wechsele auf das Bailout System“.

Anwendungsgebiete

Kreislaufgeräte werden im Militär eingesetzt, um „unsichtbar“ „den Auftrag“ erfüllen zu können... Kreislaufgeräte bilden keine Blasen. Der Unterwasserfotograf schätzt ebenfalls die Blasenfreiheit, da er näher an die Fische rankommt oder auch ein Wrack für längere Zeit fotografieren kann. Pioniere in dieser Sparte sind zum Beispiel Richard Pyle und Leigh Bishop. Durch die erhöhte Gaseffizienz besteht die Möglichkeit die Grundzeit deutlich auszudehnen. So werden Kreislaufgeräte ebenfalls bei langen Höhlentauchgängen und Wracktauchgängen eingesetzt. Auf der einen Seite machen erst Kreislaufgeräte einige der Tauchgänge möglich (dann immer öfters in Doppelkonfiguration, d.h. ein zweites Kreislaufgerät als Redundanz), andererseits vereinfachen sie die Gaslogistik für eine Expedition deutlich. Der Planung von Notfallszenarien, wie der Ausfall eines (oder mehrerer) Kreislaufgeräte, muss entsprechend eine hohe Beachtung geschenkt werden. Bei Tauchgängen im kalten Wasser, vor allem im Winter, ist die warme Atemluft ein deutlicher physiologischer Vorteil. Die Auskühlung wird durch die warme Luft erheblich reduziert. Persönliche Erfahrungen zeigen eine Verlängerung der Tauchzeit um 25% bei identischem Kälteempfinden im Vergleich zum offenen System. Das angenehme feuchte Atemgas hilft der Dehydratation vorzubeugen. Der Körper muss nicht kubikmeterweise Atemgas anfeuchten.

Zusammengefasst bieten Kreislaufgeräte folgende Vorteile im Vergleich zum offenen System:

- Reduzierte oder keine Ausatemblasen, somit Geräuschlosigkeit
- Erhöhte Gaseffizienz
- Warme Atemluft
- Feuchte Atemluft
- SCR und pSCR im Vergleich zu den geschlossenen Kreislaufgeräten: einfache und kompakte Bauweise, keine Abhängigkeit von einer Steuerungs- oder Überwachungselektronik

Zu den Nachteilen zählen:

- Disziplin bezüglich Tauchgangsplanung, Checks und Wartung
- Vorbereitungsaufwand (Checks)
- Wartungsaufwand (Reinigung, Sauerstoffsensortausch)
- Investitionskosten

UA, WC

Dive THE BEST of both worlds

Award-winning reefs of **Taskira**
 The capital of muck-diving, **Lembbeh**

TASKIRA RIA RESORT, Manado
KUNINGUNGAN BAF RESORT, Lembbeh Strait

TWO amazing dive destinations
TWO fine resorts
ONE dive operator

North Sulawesi only PADI 5 Star Gold Palm IDC Resorts

eco-divers.com
 info@eco-divers.com

i SCR 100 ST von Submatix

Typ:	SCR
Standardgemische:	Nitrox
Gas/Flaschen:	Standard: 2x Nitrox
Gas/Volumen [l]:	4
Kalkbehälter [kg]:	1,6
Standzeit Kalk [h]:	2-3
Gegenlungen Prinzip:	im Rückengerät
Gegenl. Volumen [l]:	7,5
Harness-Typ:	S-XXL
Anz. O2-Sensoren:	1-3 (optional)
O2-Sensoren Typ:	PSR-11-39-MDSX
maximale Tiefe [m]:	40
Höhe [cm]:	65
Gewicht [kg]:	15
CE-Zulassung:	ja
UVP:	3.200,00 € (3.900,00 € mit O2 Überwachung)

Der SCR 100 ST gehört in die Familie der halbgeschlossenen Kreislaufgeräte mit Konstantdosierung. Im Jahr 2002 stellte Uwe Leßmann auf der internationalen Bootmesse in Düsseldorf einen Prototyp vor. Im März 2003 wurde die CE- Kennzeichnung für das Gerät vergeben und im August 2003 die Firma Submatix GmbH & Co. KG in Erfurt gegründet. 2007 stellte das Unternehmen ein auf dem KISS Prinzip basierendes, manuell steuerbares, geschlossenes Kreislaufgerät, das CCR 100 SMS, vor. Derzeit produzieren 6 Mitarbeiter in Erfurt Tauchgeräte und Zubehörteile, in denen mittlerweile 9 eigene Patente „stecken“. Nachdem die Produktion der Dräger Dolphins und Rays eingestellt wurde, entscheiden sich immer mehr Anwender für einen Submatix. Bis heute wurden über 500 Kreislaufgeräte produziert und verkauft.



SUBMATIX SCR 100 ST KREISLAUFGERÄT

i RB80 von Halcyon

Typ:	pSCR
Standardgemische:	Luft / Nitrox / O2 / Trimix / Heliox
Gas/Flaschen:	Standard: 2x Luft, Nitrox oder Trimix
Gas/Volumen [l]:	10-40
Kalkbehälter [kg]:	3
Standzeit Kalk [h]:	4-6
Gegenlungen Prinzip:	im Rückengerät
Gegenl. Volumen [l]:	4
Harness-Typ:	Hogarthian/DIR-Prinzip
Anz. O2-Sensoren:	keine
O2-Sensoren Typ:	keiner
maximale Tiefe [m]:	gemischabhängig
Höhe [cm]:	71
Gewicht [kg]:	16
CE-Zulassung:	nein
UVP:	ca. 7.800,00 €

1999 stellte Halcyon den RB80 als Nachfolger des PVR-BASC (auch „Kühlschrank“ genannt) vor. Das Gerät wurde von Dr. Reinhard Buchaly entwickelt, welcher selbst seit 1998 mit dem Vorgänger bzw. schon seit 1996 mit diversen Prototypen tauchte. Der RB80 besticht besonders durch seinen kompakten Aufbau und seine Ausbauprodukte. Von 5 Liter Flaschen bis zur Doppel-Zwanzig kann alles am Geräterahmen befestigt werden. Über einen Umschaltblock (engl. Switchblock) können extern Gase in den Kreislauf eingespeist werden. Der RB80 kann nur in der Kombination mit einem Kreislaufgerätekurs bei GUE erworben werden. Entsprechend wurden 1:1 Kopien von Drittherstellern ohne GUE Kurs zum Verkauf angeboten. Es liegen keine offiziellen Verkaufszahlen vor. Man spricht von RB80 Stückzahlen zwischen 40 und 100.



RB 80 von Halcyon, ein Vertreter der passiven halbgeschlossenen Kreislaufgeräte

i Inspiration von A.P.D. Ltd.

Typ:	eCCR
Standardgemische:	Luft / Nitrox / O2 / Trimix / Heliox
Gas/Flaschen:	Standard: 1x Diluent + 1x O2
Gas/Volumen [l]:	6
Kalkbehälter [kg]:	2,5
Standzeit Kalk [h]:	3
Gegenlungen Prinzip:	über der Schulter
Gegenl. Volumen [l]:	11.4
Harness-Typ:	S-XXL
Anz. O2-Sensoren:	3
O2-Sensoren Typ:	APD10
maximale Tiefe [m]:	100
Höhe [cm]:	65
Gewicht [kg]:	29
CE-Zulassung:	ja
UVP:	6.000,00 € (7.100,00 € mit Vision Elektronik)

Das Inspiration gehört zu den elektronisch gesteuerten, geschlossenen Kreislaufgeräten (eCCR). Weltweit zählt dieses Kreislaufgerät zu den meistverkauften. Über 6.000 Geräte wurden produziert und verkauft. Als Martin Parker, CEO von Ambient Pressure Diving Ltd., 1995 einen von David Thompson entwickelten Rebreather Prototypen namens „The Dustbin“ tauchte, war er sofort davon begeistert und wollte diesen zusammen mit seinem Trimixtauchlehrer David Thompson bauen und verkaufen. In dieser Zeit produzierte Parker bereits Teile für den Dräger Atlantis und bediente auch David Thompson mit Teilen für die Prototypen. Die Zusammenarbeit klappte bestens, sodaß im Mai 1997 das Buddy Inspiration die CE Tests bestand. Nachfolgend ging das Gerät in Serie und wurde ab November 1997 ausgeliefert.



Inspiration von Ambient Pressure Diving Ltd

i KISS von Jetsam Technologies

Typ:	mCCR
Standardgemische:	Luft / Nitrox / O2 / Trimix / Heliox
Gas/Flaschen:	Standard: 1x Diluent + 1x O2
Gas/Volumen [l]:	variabel
Kalkbehälter [kg]:	2,7
Standzeit Kalk [h]:	3
Gegenlungen Prinzip:	im Rückengerät
Gegenl. Volumen [l]:	2, 4, 6 (wählbar)
Harness-Typ:	variabel
Anz. O2-Sensoren:	3
O2-Sensoren Typ:	RD22
maximale Tiefe [m]:	75
Höhe [cm]:	54
Gewicht [kg]:	18
CE-Zulassung:	nein
UVP:	ca. 3.600,00 €

Der KISS Rebreather gehört zu den manuell steuerbaren, geschlossenen Kreislaufgeräten (mCCR). Die kanadische Firma Jetsam Technologies von Gordon Smith brachte das erste manuell steuerbare, geschlossene Kreislaufgerät KISS, 1998 auf den Markt. Der KISS Rebreather lässt sich bezüglich Ausbauprodukten der Gasflaschen je nach Bedarf erweitern, da deren Größe nicht durch ein Gehäuse limitiert sind. Bis dato wurden über 500 Kreislaufgeräte produziert und verkauft.



KISS Rebreather von Jetsam Technologies

GESCHICHTE DER KREISLAUFGERÄTE

1726: Stephen Hale ist an der Entwicklung eines Helmes zur Rettung bei Minenunfällen beteiligt. Dieser Helm beinhaltet unter anderem ein mit Seewasser getränktes Flanelltuch und repräsentiert den ersten Versuch kontaminierte Luft „auszuwaschen“.

1808: Sieur Touboullic, französischer Mechaniker bei der Marine in Brest, entwickelt das erste Kreislaufgerät «L'Ichtioandre». Die manuelle Dosierung für die CO2-Filtration funktionierte über Schwämme, welche mit Kalkwasser getränkt waren.

1878: Henry A. Fleuss von Siebe Gorman erhält ein Patent auf ein Sauerstoff-Kreislaufgerät, welches ein Jahr später für den ersten Nitrox-Tauchgang eingesetzt wird. Alexander Lambert, ein englischer Taucher, benutzt Fleuss' Rebreather im Jahre 1880, um in einem komplett dunklen Tunnel unter dem Severn River einen 300 Meter langen Tauchgang durchzuführen. Während dieses Tauchgangs musste er verschiedene Ventile schließen.

1881: Achilles Khotinsky und Simon Lake bemühen sich um ein Patent für einen Apparat, der Bariumhydroxid als Bindemittel einsetzt. Dieses Bindemittel entfernt erfolgreich Kohlendioxid.

1905: Ein Apparat von Fleuss wird als U-Boot-Retter patentiert. Henry A. Fleuss, ein deutscher Offizier der englischen Handelsmarine, beginnt mit der Entwicklung

eines Sauerstoff-Kreislaufgerätes. Das Kohlendioxid wurde mittels eines in Ätzkalk-Lösung getränkten Seilknäuels gebunden. 1879 testete er sein neues Gerät eine Stunde in einem Wassertank, später tauchte er damit in einer Bucht bis zu 5,5 Meter tief. Die Weiterentwicklung führte zu einem Gerät welches 1905 als Rettungsgerät zum Verlassen von Unterseebooten eingesetzt/patentiert wurde.

1912: Dr. Ing. Bernhard Dräger konstruiert einen U-Boot-Schlitten, der mit einem geschlossenen Kreislaufgerät ausgerüstet ist. Sauerstoff für zwei Stunden war verfügbar. SCIENTIFIC AMERICAN sagte voraus, dass mit dieser Entwicklung „ein neuer Sport entstehen wird“.

1913: Dr. Ing. Bernhard Dräger macht Tief-tauchversuche mit Kreislauf-Tauchgeräten. Am 17. Juli 1913 führt ein 40-minütiger Tauchgang im Tauchturm er erfolgreich auf 9 bar (80 Meter).

1914: Dräger konstruiert einen selbstmischenden (Sauerstoff-Luft) Rebreather für Tauchtiefen bis 40 Meter.

1915: Der „Silver Screen“ Oxylite Rebreather wird während der Unterwasseraufnahmen für den Film „20.000 Meilen unter dem Meer“ eingesetzt.

1936: Italienische Taucher benutzen eine modifizierte Version des Fleuss-Apparates, die Davis-Lunge, um Unterwasser-Missionen durchzuführen. Der Hintergrund: aufbringen von feindlichen Schiffen.

1939-1945: 2ter Weltkrieg: die verschiedene Marinekorps benutzten Kreislaufgeräte zur Feindaufklärung, Minenräumung, Zerstörung feindlicher Schiffe etc. – viele Taucher kommen aus Gründen der Sauerstofftoxizität ums Leben.

1941: Hans Hass & Hermann Stelzner entwickeln bei Dräger aus der Gegenlunge das „Schwimmtauchergerät“. Siebe-Gorman stellt das Salvus ANS Sauerstoffkreislaufgerät.

1941: Kleintauchergerät 138 – ein Pionier der Kreislaufgeräte, gemeinsam mit Hans Hass entwickelt.

1953: Leutnant Lund II, ein geschlossenes Kreislauftauchergerät von Dräger kommt auf den Markt, ebenso das über Barakuda vertriebene Delphin I.

1955: Das DC55, Urvater der heutigen passiven, halbgeschlossenen Kreislaufgeräte, wird erstmals vorgestellt.

1957: Das IDA-57 wird in der ehemaligen Sowjetunion entwickelt.

1959: Das Trimix-Kreislaufgerät IDA-59M

wird als „U-Boot Retter“ für Tiefen bis zu 300 Meter entwickelt.

1964: IDA-64 Mischgas-Kreislauftauchergerät, Norge I von Dräger.

1968: LAR II.

1968: Electrolung: das erste elektronisch gesteuerte Kreislaufgerät mit automatischer Atemgasmischung.

1969: Mischgas-Kreislauf-Tauchergerät SMS I zum Austauchen aus Taucherglocken.

1969: Kreislauf-Tauchergerät FGT I, FGT III, werden im Unterwasserlabor Helgoland für die Forschung in Meereskunde und -technik eingesetzt.

1971: Das IDA-71 erscheint: ein teils chemisch dosierendes, umschaltendes Mischgas-Kreislauftauchergerät (CCCR) aus der ehemaligen Sowjetunion.

1975: Sauerstoff-Leichttauchergerät LAR V für spezielle Taucheinsätze.

1976: Das CCR IDA-76 wird von der UdSSR entwickelt.

1982: Biomarine lanciert den MK15.

1984: Die Firma CCBS entwickelte ein

Kreislaufsystem für Berufstaucher mit einer Einsatztiefe bis 600 Meter.

1985: AKA-60, IDA-85

1989: Entwicklung des RI2000 durch Oliver Isler, Henri Paole und Alain Ronjat. Das System beinhaltet 3 unabhängige, halbgeschlossene Kreislaufgeräte. Dieses System wurde 1998 für einen 4.300m langen Tauchgang in der Doux de Coly Höhle verwendet.

1990: Bill Stone entwickelt das Cis-Lunar speziell für Höhlentauchgänge.

1995: Dräger und Uwatec stellen gemeinsam das halbgeschlossene Kreislaufgerät Atlantis I (1998 durch den Dolphin abgelöst) vor. Im ersten Jahr werden 250 Geräte für den amerikanischen Markt geliefert.

1996: Cis-Lunar MK 5P.

1997: LAR VI, FGT II.

1997: Die englische Firma Ambient Pressure Diving Ltd. von Martin Parker entwickelt ein CCR Gerät mit dem Namen Buddy Inspiration. Das erste elektronisch gesteuerte, geschlossene Kreislaufgerät mit einer CE Zulassung bis 100 Meter.

1998: Die kanadische Firma Jetsam Technologies von Gordon Smith bringt das

erste manuell steuerbare geschlossene Kreislaufgerät KISS auf den Markt. Das KISS (Keep It Simple and Stupid) Prinzip fand damit seine Anfänge. Dieses wurde von verschiedenen anderen Rebreather Herstellern übernommen.

1999: Mares bringt den Azimuth auf den Markt.

1999: Dräger bringt die kleine Version des Dolphins – das Dräger Ray – auf den Markt.

1999: Halcyon bringt das passive, halbgeschlossene Kreislaufgerät RB80 auf den Markt. 2003 wurde der RB80 in der Doux de Coly Höhle in der Doppelkonfiguration für einen Tauchgang von 5.880m Länge verwendet.

2002: Ambient Pressure Diving Ltd. lanciert das Evolution, den „kleinen Bruder“ des erfolgreichen Buddy Inspiration.

2003: Submatix bringt den SCR 100 ST auf den Markt.

2004: Die italienische Firma Aquatek bringt den Voyager auf den Markt. Ein Gerät, welches in verschiedenen Varianten (halbgeschlossen, geschlossen und für Sauerstoff) erhältlich ist.

2005: Closed Circuit Research Ltd. (Kevin Knurr) bringt den Ouroboros auf den Markt, ein elektronisch gesteuertes, geschlossenes Kreislaufgerät welches neue Maßstäbe setzt.

2006: Die amerikanische Firma InnerSpace lanciert eine Weiterentwicklung ihres bestehenden Rebreathers (eCCR) unter dem neuen Namen Megalodon.

2008: Closed Circuit Research Ltd.; das „jüngste Kind“, der Sentinel Rebreather, kommt auf den Markt.



1808



1878



1912



1941



1941



1969



1984

Rekordtauchgang am Wrack der Milano

Rebreather-Tauchgang am Limit

Im Rahmen der italienischen Tauchmesse DDE – Dynamic Dive Exhibition vom 9.-11. Mai 2008 – wurde am Lago Maggiore ein Rekordtauchgang zum Wrack des Rad-dampfers Milano durchgeführt. Mit einer maximalen Tiefe von 236 m stellte das Team um Alessandro Scuotto, Mario Marconi und Pim van der Horst gleich mehrere Rekorde auf: tiefster Wracktauchgang, tiefster Kaltwassertauchgang und tiefster Teamtauchgang. Die drei neuen Rekordhalter tauchten mit einem Ouroboros eCCR.



BILD LINKS: NUNO GOMES, DER WELTREKORDHALTER IM TIEFTAUCHEN, WAR EHRENGAST BEIM REKORDVERSUCH AM LAGO MAGGIORE. BILD RECHTS: MIT HILFE EINES ROV WURDE DER TAUCHGANG VERFOLGT UND PER LIVEVIDEO AN DIE PROJEKTLEITUNG ÜBERTRAGEN.

Das Ziel:
Erkundung des Raddampfers Milano

Die Milano, ein Raddampfer mit der für den Lago Maggiore typischen Bauweise, wurde am Ende des 2. Weltkrieges kurz nach Verlassen des Hafens von Verbania durch alliierte Kampfflugzeuge gesichtet und versenkt. Das Personenschiff wurde aufgrund einer Fehlinformation bombardiert, man nahm an, dass Kriegsgüter transportiert werden sollten. Das Wrack galt lange Zeit als verschollen. Bei einer Übung der örtlichen Feuerwehr mit einem ROV wurde die Milano zufällig gesichtet – die letzte Ruhe fand der Raddampfer auf 236m Tiefe. Nach bekannt werden dieser Information, begann die Idee einer Betauchung des Wracks zu keimen...



Marco Braga, der Präsident des technischen Verbandes P.T.A. (Pure Tech Agency), plante den spektakulären Tauchgang seit der Entdeckung durch die Feuerwehr. Im Rahmen der diesjährigen Tauchmesse am Lago Maggiore sollte es dann endlich soweit sein. Monate der Vorbereitung lagen hinter dem Planungsteam. Supporttaucher für die verschiedenen Tiefenstufen wurden ausgebildet

und als Team zusammengeschweißt, die Handhabung der Tauchglocke für die letzten Stufen der Dekomprimierung immer wieder trainiert. Bei einer durchschnittlichen Wassertemperatur von 4° bis 6° mussten die letzten langen Stufen der Dekompression im Trockenen durchgeführt werden. Die Auskühlung der Taucher wäre sonst lebensgefährlich. Wie gut dieser Plan war, sollte sich später zeigen; ein Riss im Trockenanzug von Pim van der Horst führte zu so starker Auskühlung, dass dieser nur mit Mühe und tatkräftiger Hilfe des Supportteams die rettende Glocke erreichen konnte.

Christian Müller von der DTUAG war Teil des Teams. Als Deep-Support Taucher und zuständig für

Notfälle, schildert er den Tag aus seiner Sicht:

„Die Supporttaucher, zu welchen ich gehörte, waren auf 3 Tiefenstufen eingeteilt. Der Tiefensupport in 100m stationiert. Der Abstieg des Rekordteams und des Tiefensupports verlief unspektakulär und wie geplant. Nach dem Erreichen der Zieltiefe signalisierte uns das Team das OK, worauf wir eine Boje als Signal an die Oberfläche schossen. Zusammen mit den Tieftauchern stiegen wir bis ca. 70m auf, wo bereits längere Dekozeiten notwendig waren. Auf ca. 60 m übernahm das nächste Supportteam, welche die Tiefentaucher bis auf 30m begleitete. Das dritte Supportteam übernahm bei 25 m und war behilflich beim Ablegen der Tauchgeräte und



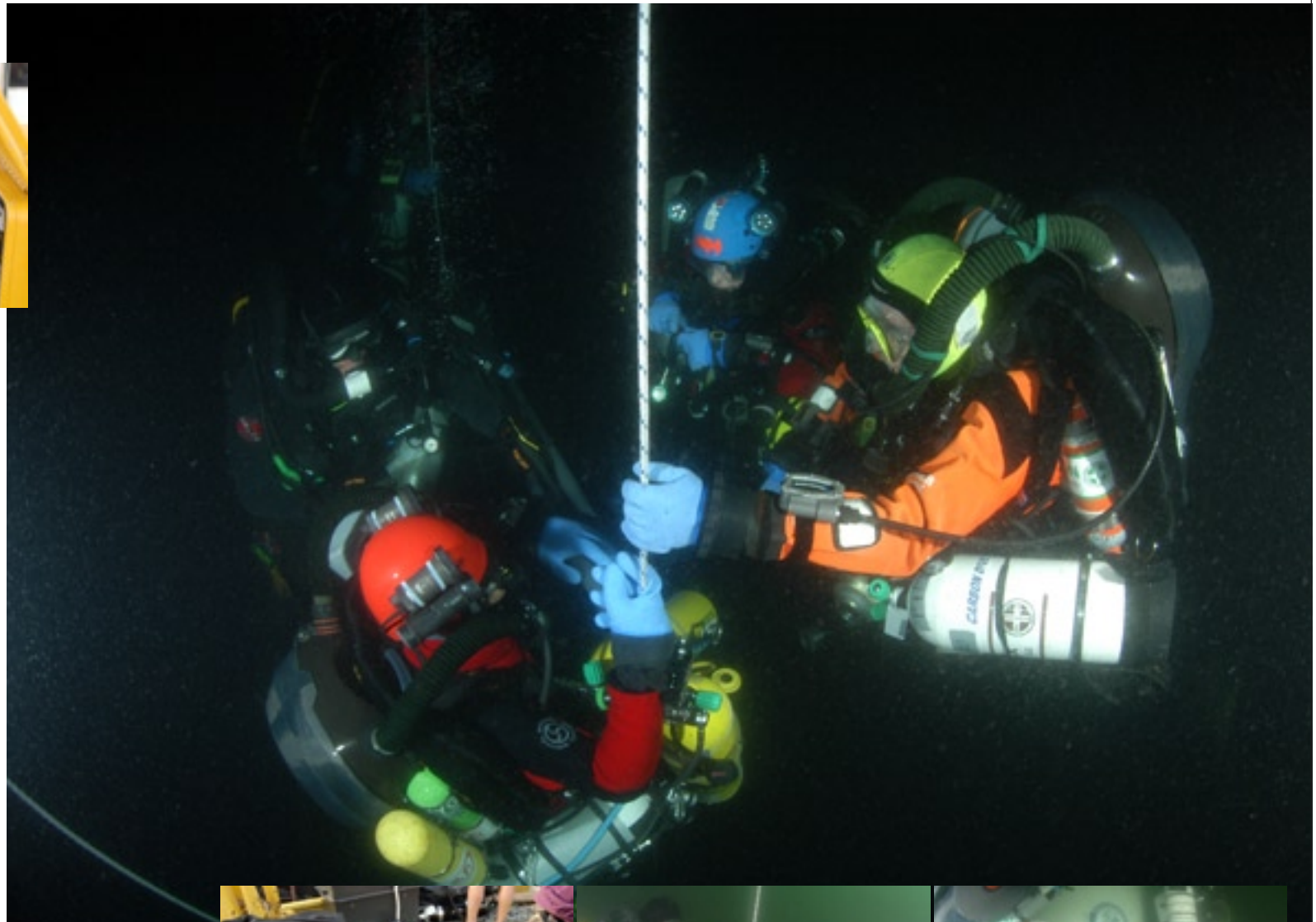
DIE TAUCHERGLOCKE KURZ VOR DEM ABSENKEN AUF DEKOTIEFE. HIER WERDEN DIE DREI REKORDTAUCHER DIE FLACHEN, ABER EXTREM LANGEN DEKOSTUFEN IM TROCKENEN VERBRINGEN.

ANSPANNUNG PUR: DIE PROJEKTLEITUNG VERFOLGT DEN TAUCHGANG PER LIVEÜBERTRAGUNG VOM ROV.



beim Einstieg in die Glocke. Insgesamt war unsere Arbeit nach knapp zwei Stunden beendet und wir konnten den weiteren Verlauf der langen Dekompressionszeit vom Ponton aus verfolgen. Leichte Probleme entstanden beim späteren Einstieg in die Glocke, da bei einem der Taucher der Anzug versagte und dieser beim Einstieg bereits so stark fror, dass er nur mit Hilfe der Supporttaucher die Glocke betreten konnte. Zum Glück war für diesen Fall vorgesorgt: eine Warmwasserversorgung in der Glocke wirkte wahre Wunder. Der Fall zeigte aber, welche wichtige Funktion der Wärmeisolation zukommt und das ausgerechnet bei einem Ausrüstungsgegenstand, der nicht redundant mitgeführt werden kann. Während der Dekompressionsphase in der Glocke wurden die Taucher von Feuerwehrtauchern versorgt. Diese begleiteten die Taucher schließlich auch an die Oberfläche, da ein Ausstieg aus der Glocke auf 6m nötig war. Die Gesamttauchzeit belief sich auf knapp 500 Minuten.

Abschließend kann ich für meinen Teil nur sagen, dass ich von der Präzision und Durchführung des Projekts durch P.T.A. beeindruckt war. Die Stimmung im Team war hervorragend, zu keinem Zeitpunkt, weder in der Vorbereitung, noch direkt beim Tauchgang wurde es hektisch oder laut. Alle wichtigen Punkte wurden gemeinschaftlich, in ruhiger Atmosphäre besprochen und geplant. Obwohl sich einige der Teilnehmer hier das erstmal persönlich kennen lernten, war es ein harmonisches, freundschaftliches Umfeld. Eine Grundvoraussetzung um so ein Projekt erfolgreich durchzuführen.“ HG



DIE TIEFTAUCHER BEIM ABTAUCHEN AN DER SHOT-LINE. RECHTS: LETZTE KONTROLLE AM REBREATHER; SUPPORTTAUCHER IM EINSATZ UND DAS GLÜCKLICHE ENDE EINES REKORDTAUCHGANGS – DIE GLOCKE IST ERREICHT.

