



Mit dem Bus im Rebreather - Bussysteme in der Rebreathertechnologie Teil 2 Spezifische Ausprägungen der Bussysteme in verschiedenen Rebreathern

Von Falko Höltzer

Wie im vorherigen „WETNOTES“ Artikel schon angekündigt, beleuchten wir nun die einzelnen unterschiedlichen Bus-Typen. Um es dem geneigten Leser nochmal in Erinnerung zu rufen, es waren der I2C Bus, der ISCAN™ und der DiveCAN® die in den aktuellen Rebreathern verbaut werden.

Der I2C Bus wird in AP Diving Rebreathern, also dem Inspiration XPD, dem Inspiration EVP (früher bekannt als Evolution+) und dem Inspiration EVO (auch bekannt als Evolution) verwendet.

Den ISCAN™ Bus wird von von Innerspace System Corp. genutzt und ist im Megalodon CCR und Pathfinder CCR eingebaut.

Der DiveCAN® ist am weitesten verbreitet. Er wird in allen Rebreathern verbaut, die Shearwater Elektronik einsetzen. Hierzu gehört z.B. der JJ-CCR, der rEvo, der Hollis Prism2, der SF2 und der O2ptima CCR.

I2C Bus

Betrachten wir als allererstes den I2C Bus, da dieser am längsten in Rebreathern Verwendung findet. I2C bedeutet ausgesprochen Inter-Integrated Circuit. Also I²-hoch2-C oder auch I-quadrat-C, englisch I-squared-C. Er ist in den 80er Jahren von Philips entwickelt worden, um eine einfache Kommunikation zwischen Elektrobausteinen zu etablieren. Jeder von euch ist mit diesem Bus schon mehrfach unbewusst in Berührung gekommen, und trägt ihn tagtäglich in seiner Brieftasche mit sich. Die Chips der Krankenkassenskarte verwenden diesen Bus. Auch in Fernsehern, CD-Playern und Geldkarten wird der I2C Bus verwendet. Seit Einführung der Vision Elektronik im Jahre 2005 wird dieser Bus

vom AP-Diving eingesetzt. Er ermöglicht eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1 MBit/s, so schnell wie DSL Mitte der 2000er. Es können bis zu 1136 Geräte an diesen Bus angeschlossen werden. Es ist ein sogenannter Master – Slave Bus. Für alle Filmfans, das „Highlander-Prinzip, es kann nur einen geben“. Es darf nur ein Gerät Master sein und nur der Master darf senden. Alle anderen Teilnehmer im Bus sind Slave und somit Empfänger. Theoretisch wäre ein Master-Master möglich, aber diese Ausprägung des Buses ist im Rebreather nicht erwünscht und unter uns gesagt, auch nicht wirklich sinnvoll. Der I2C Bus benötigt eine Taktleitung (genannt Serial Clock, SCL) und eine Datenleitung (Serial Data, SDA). Das Taktsignal, das jeder Bus braucht, wird über die Taktleitung übertragen. Der Takt wird immer vom Master initiiert. Die eigentlichen Daten werden über die SDA, die Datenleitung übertragen. Der I2C Bus arbeitet mit einer positiven Logik. Dabei werden Informationen mittels Spannungspegel übertragen. Eine Spannung von beispielsweise 5 V entspricht einem HIGH Signal also einer logischen 1, keine Spannung (also 0 V) entspricht einem LOW Pegel und somit einer logischen 0.

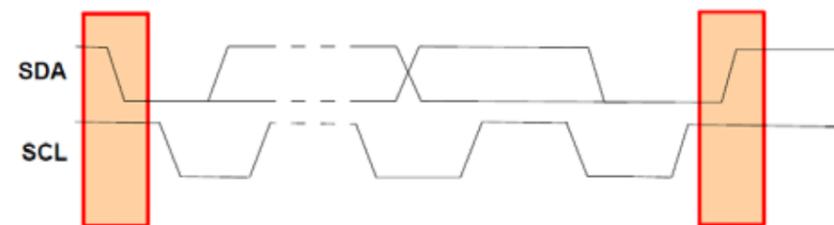


Abbildung 1: Beispiel eines Informationspakets im I2C Bus, Quelle: www.i2c-bus.org

In Abbildung 1 ist das Beispiel eines Informationspakets im I2C Bus abgebildet.

Wir wollen gar nicht das komplette Bild erklären, wichtig ist zu sagen, dass der Beginn eines Pakets immer mit einem Start Signal und das Ende eines Paket mit einem Stopp Signal versehen ist. Wie diese Signale aussehen wird im Layer 2 (Data Link Layer) des ISO/OSI Referenz Model (siehe Teil 1 „WETNOTES“ 23) definiert.

Der Beginn einer Datenübertragung (die Start-Bedingung) durch einen I2C Master sieht wie folgt aus:

Der Master zieht die Datenleitung (SDA) von HIGH auf LOW herunter, während die Taktleitung (SCL) auf HIGH bleibt. Dazwischen werden dann die eigentlichen Daten übertragen. Ein Datenbit kann, wie in der Digitaltechnik üblich, 2 Zustände einnehmen, 1 und 0 oder einfach Spannung oder keine Spannung. Die Daten sind gültig, wenn die Taktleitung (SCL) auf HIGH liegt. Ein LOW Pegel auf der Datenleitung (SDA) bedeutet 0, ein HIGH bedeutet 1, die zuvor beschriebene positive Logik.

Beendet wird das Informationspaket durch die Stopp-Bedingung. Der Master zieht die Datenleitung (SDA) von LOW auf HIGH, wäh-

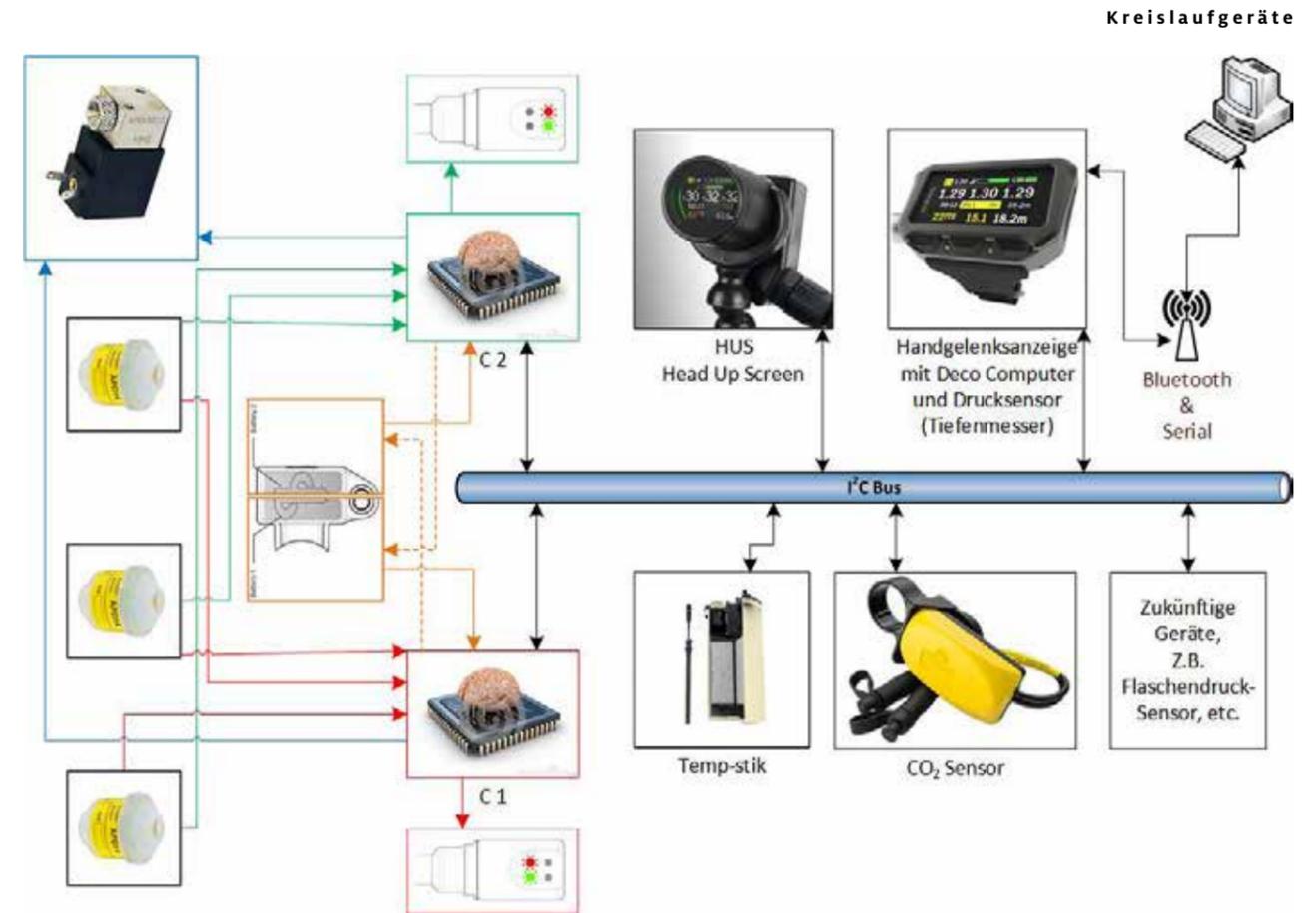


Abbildung 2: Bus im AP-Vision

rend die Taktleitung SCL auf HIGH bleibt. Die Übertragung ist beendet.

Aus Sicht des I2C Masters unterscheidet man zwischen Read und Write Sequenzen. Bei einer Read Sequenz liest der I2C Master Daten vom Slave. Bei einer Write Sequenz sendet der I2C Master Daten zum Slave. Das ist wichtig, da in einem Rebreather die Daten, die z.B. ein CO2 Sensor zur Verfügung stellt, vom Controller gelesen und interpretiert werden müssen.

Im Inspiration von AP Diving ist der I2C Bus wie folgt implementiert (siehe auch Abbildung 2). Controller C1 und C2 (Chips die im Kopf des Inspiration verbaut sind) sind die Hauptsteuereinheiten in diesem Umfeld. Dabei kann immer nur ein Controller (meist C1) der Master sein, der andere Controller (C2) bleibt Slave. Beide Controller überwachen sich gegenseitig. Sollte der Master Controller ausfallen, wird automatisch der Slave Controller zum Master. Die Daten der Handgelenksanzeige, des Drucksensors, des CO2 Sensors und des Temp-Stik werden über die READ Sequenz auf dem BUS eingespeist und die Daten werden vom Controller verarbeitet und interpretiert. Sollte beispielsweise der CO2 Pegel im Atemkreislauf zu hoch sein, empfängt der Master Controller die Daten des CO2 Sensor über den Bus (READ Sequenz) und gibt auf der Handgelenksanzeige eine Warnung „CO2 hoch!“ aus (Write Sequenz). Gleichzeitig wird über diese Write Sequenz eine Warnanzeige auf das Head Up Display und an den Head Up Screen gesendet.

Wenn ich ein Fazit über den I2C Bus ziehen soll, lässt sich als positiv bewerten:

- er hat eine sehr einfache aber effektive Fehlerbehandlung,
- die Peripheriegeräte lassen sich sehr einfach integrieren, wenn sie den selben Bus verwenden
- die Zusatzgeräte sind hot plugable (im laufenden Rebreather einsteckbar, werden erkannt und verwendet)
- es ist eine sehr hohe Anzahl an Zusatzgeräten integrierbar (1136 Stück)

Als negative Aspekte ließe sich bewerten:

- die Übertragungsgeschwindigkeit ist langsamer, als sie in anderen Bussystemen möglich wäre
- er ist störanfällig gegenüber elektromagnetischen Impulsen
- Probleme kann es an den Kontaktstellen der Zusatzgeräte geben
- der I2C Bus ist ungeeignet zur Überbrückung von großen Entfernungen (max. 100m)

DiveCAN® & ISCAN™

Ich fasse in diesem Teil den DiveCAN® und den ISCAN™ zusammen, da sich beide sehr ähnlich sind und den gleichen Ursprung haben, den CAN Bus.

CAN steht für Controller Area Network und wurde für die Fahrzeugindustrie entwickelt. Im Teil 1 habe ich einiges über die Anforderungen der Automobileindustrie schon geschrieben.

Der CAN Bus wurde in Zusammenarbeit von Bosch und Intel entwickelt. Er findet mittlerweile sehr weite Verbreitung in anderen Industriezweigen. So werden Feuerlöschanlagen über den FIRECAN implementiert (wurde wohl nicht am neuen Berliner Flughafen eingesetzt). E-Bikes verwenden den EnergyBUS, Kampffjets und zivile Flugzeuge verwenden den CANAEROSPACE die alle auf dem CAN Bus aufsetzen. Die im CAN Bus verwendete Leitung ist eine zweiadrige, symmetrisch verdrehte Leitung (twisted pair) mit einem Durchmesser von 0,35 mm². Die Enden des Busses müssen mit 120 Ohm Abschlusswiderständen terminiert werden.

Die Signale werden auf beide Leitungen gleichzeitig gelegt, aber mit einer gegenseitigen Potenzänderung. Es gibt 2 Signalpegel CAN HIGH und CAN LOW. Wie diese Signale logisch dargestellt werden hängt ab, ob es sich um einen Highspeed CAN oder Lowspeed CAN handelt. Der DiveCAN® verwendet den High-Speed CAN nach ISO 11898 2, deswegen werden wir hier nur die-

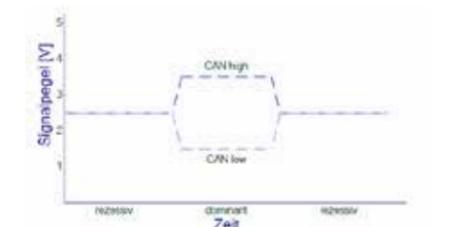


Abbildung 3. Quelle: Lawrenz, W.: Controller Area Network Grundlagen und Praxis

sen beleuchten. Es gibt ein rezessives und ein dominantes Signal. Beim rezessiven liegt die Spannung auf beiden Leitungen bei 2,5 V. Das entspricht einer logischen 1 (siehe Abbildung 3)

Für ein dominantes Signal muss der Pegel auf dem CAN HIGH auf 3,5 V angehoben werden und auf CAN LOW auf 1,5 V abgesenkt werden. Damit wird die logische 0 dargestellt. Wenn also die Spannung auf beiden Leitungen gleich ist, ist es eine 1. Bei einer Spannungsdifferenz von ca. 2 V zwischen CAN HIGH und CAN LOW ist es eine 0. Das entspricht dem genauen Gegenteil des I2C Bus und wird als negative Logik bezeichnet.

Die eigentliche Datenübertragung erfolgt in sogenannten Frames (Abbildung 4). Diese haben immer einen Start-Frame, das ist immer eine logische 0 (weißer Bereich vor dem grünen Bereich im Bild). Anschließend werden weitere Informationen übertragen. Auch gibt es noch weitere Unterteilungen innerhalb des Frames, die ich gar nicht tiefer erörtern möchte, da es den Rahmen sprengen würde. Wichtig ist nur zu erwähnen, dass im CAN-Bus kein Endgerät direkt adressiert wird, sondern der Inhalt einer Nachricht durch einen eindeutigen Identifier gekennzeichnet wird (grüner Bereich). Neben der Inhaltskennzeichnung legt der Identifier (ID) auch die Priorität der Nachricht fest. Mit einer speziellen Prüfung stellen alle Endgeräte anhand des Identifiers (ID) fest, ob die empfangenen Daten für sie relevant sind oder nicht. Durch die inhaltsbezogene Adressierung wird eine hohe Flexibilität erreicht. So lassen sich sehr einfach neue Geräte in einem bestehenden CAN-Bus hinzufügen. Alle Nachrichten werden von allen Teilnehmern innerhalb des Bus gehört (englisch: „broadcast“) und abhängig von der ID-Akzeptanzfilterung zur Verarbeitung weiter geleitet.

Z.B. werden Werte von Sauerstoffsensoren die für den Controller relevant sind vom SOLO Board gehört, aber auf Grund der ID-Adressierung nicht vom SOLO Board sondern nur vom Controller verarbeitet.

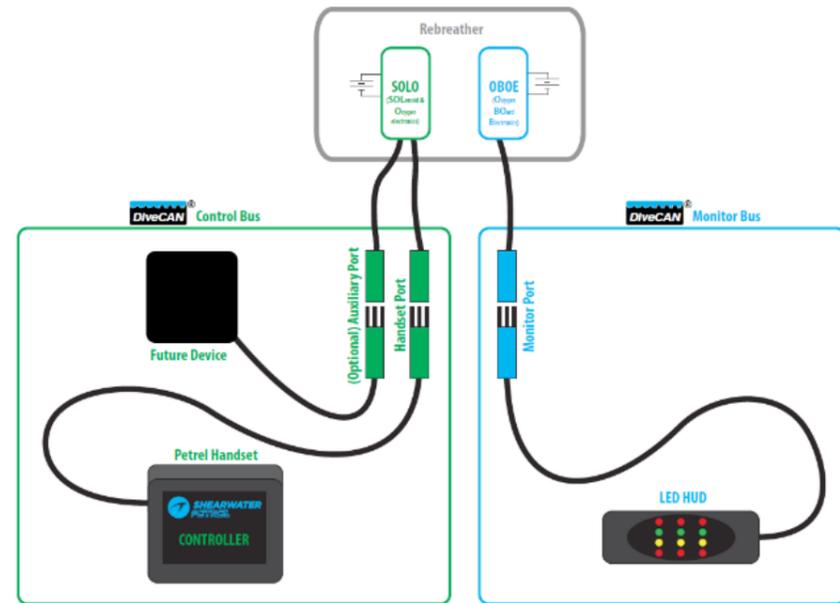


Abbildung 5, Quelle: www.shearwater.com

Das Ende der Nachricht wird mit einem End-Frame Ende gekennzeichnet. Das sind immer 7 Bit des rezessiven Signals, also 7 aufeinanderfolgenden 1en.

Shearwater Research hat sich verschiedene Bussysteme und Prozessprotokolle angeschaut (I2C, SPI, DeviceNet, Modbus, etc.) und die für und wieder jedes Einzelnen abgewogen. Da der CAN Bus weit verbreitet, einfach, robust und zuverlässig ist, entschied man sich für den CAN Bus.

Shearwater Research hat den CAN Bus als Grundlage genommen und daraus den schon oben genannten DiveCAN® entwickelt, der speziell auf die Bedürfnisse der Kreislauftauchgeräte angepasst wurde. Er basiert, wie ebenfalls schon erwähnt, auf dem ISO 11898-2 Standard, ist aber herstellerspezifisch (proprietär) angepasst. Das soll bedeuten, dass ein DiveCAN Controller eines rEvo nicht mit einem JJ-CCR funktionieren würde, obwohl sie beide den DiveCAN® verwenden. Auf die Frage nach dem Warum habe ich bis zur Drucklegung des Artikels noch keine Antwort bekommen.

Der DiveCAN kann die Datenpakete nach Wichtigkeit priorisieren und ist in der Lage, die Daten in Echtzeit zu übertragen. Aber wie ist so ein DiveCAN® System nun aufgebaut? Die minimalste Konfiguration wäre nur ein Bus und zwar der Control Bus. Da aber die meisten Rebreather auf redundante Systeme

Wert legen, wird ein zweiter unabhängiger Bus eingebaut, der Monitoring Bus. Beide stecken zwar in einem Gehäuse, sind aber getrennt und vollkommen unabhängig voneinander.

Der DiveCAN® Control Bus

Der Control Bus besteht aus dem SOLO-Board (Solenoid & Oxygen) und dem Controller. Das SOLO-Board hat Verbindung zu den Sauerstoff-Sensoren und zu dem Solenoid. Der Bus kann über einen optionalen Port erweitert werden, dem Auxiliary Port. Darüber können zusätzlich Geräte angeschlossen werden, z.B. eine Kalküberwachung. Lässt man sich am Shearwater Petrel die Geräte anzeigen die an dem Bus angeschlossen sind, erhält man die Anzeige in Abbildung 6.



Abbildung 6

Der DiveCAN® Monitoring Bus

Der Monitoring Bus ist ein eigenständiger Bus, der keine Verbindung zum Control Bus hat. Er ist an der OBOE (Oxygen Board Electronic) angeschlossen. Dieses Board hat ausschließlich Zugriff auf Sauerstoffsensoren, und hat **keinen** Zugriff auf den Solenoid. Wie der Name schon sagt, hat er eine reine Monitoring Funktion, also rein überwachend. Schließt man einen Controller oder ein NERD an diesen Bus an, kann man sich ebenfalls die angeschlossenen Geräte anzeigen lassen und bekommt die Anzeige in Abbildung 7. Dieser Bus ist wesentlich offener. Dort könnte ein DiveCAN® HUD zwischen einem JJ-CCR und einem SF2 getauscht werden.

Beide Busse sind High Speed Busse und können somit eine Übertragungsrate von bis zu 3 Mbit erreichen. Alle systemkritischen Funktionen verfügen somit über Redundanz. So kann zum Beispiel das SOLO-Board der Solenoid steuern, für den Fall, dass der angeschlossene Controller ausgefallen ist. Signale, die auf dem Bus gesendet werden, werden nur richtig empfangen oder werden sofort verworfen. Somit ist eine Verarbeitung fehlerhafter Werte ausgeschlossen.



Abbildung 7

Fazit

Wenn ich auch ein Fazit über den DiveCAN Bus ziehen soll, lässt sich als positiv bewerten:

- er hat eine sehr robuste, auf Fehler überwachte Kommunikation
- er basiert auf einem ISO Standard (weltweit gleich)
- die Zusatzgeräte sind hot plugable (im laufenden Rebreather einsteckbar, werden erkannt und verwendet)
- eine Echtzeitübertragung der Daten ist möglich

Als negative Aspekte ließe sich sagen:

- derzeit nur auf 9 Geräte erweiterbar
- die verwendeten Kabel sind sehr teuer
- ebenfalls ungeeignet zur Überbrückung von großen Entfernungen (max. 100m)

In den ECC-Rebreathern ist diese Technologie nicht mehr wegzudenken. Meiner Meinung nach, ist es ein riesiger Zugewinn an Sicherheit. Es werden einfach Fehlerquellen minimiert, und die Task-Load des Tauchers in einer Stresssituation wird drastisch verringert. Diese Technologie lässt zudem den Weg in die Zukunft offen, um neue Geräte und Erweiterungen anzuschließen und einfach integrieren zu können. So könnten bald Flaschendrucksensoren, Temperatursensoren, oder auch eine Near Field Communication an die Bussysteme angeschlossen werden. Trotz aller tollen Technik, die hier beschrieben wurde, muss der Rebreather Taucher trotzdem die Funktionsweise seines Rebreathers kennen und verstanden haben! Die Notfall-Skills müssen weiterhin trainiert werden, und er sollte immer seinen Kopf beim Tauchen einschalten! Bussysteme werden dem Taucher trotz Hightech nicht das Denken und Wissen über seinen Rebreather abnehmen können.

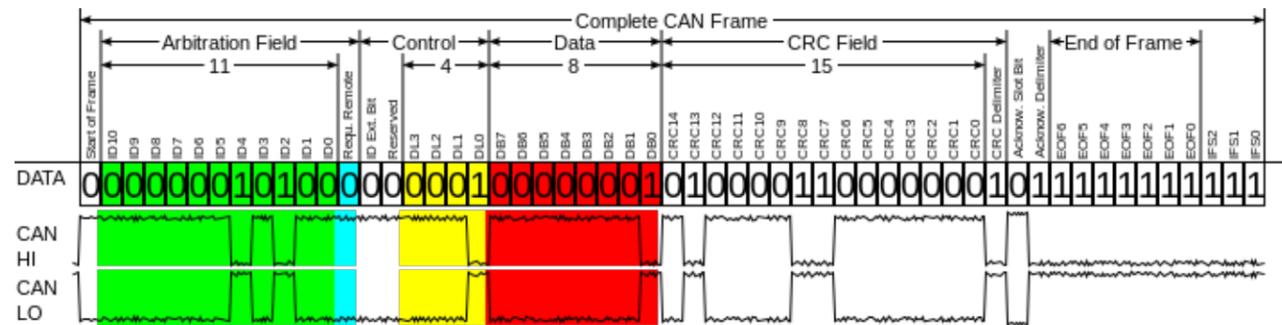


Abbildung 4, Quelle: Wikipedia



Autoreninfo:

Falko ist Taucher seit 1987. Mit dem Rebreathertauchen hat er 2004 begonnen. Instruktor seit 2008 bei IART/IANTD Trimix Rebreather- und OC-Instruktor, VDST/CMAS TL**, VDST/CMAS CCR TEC Instruktor-Trainer. Zudem ist Falko Inhaber der Firma Dive Bandits.

Dive Bandits unterstützt Rebreather Taucher mit Sauerstoff, Luft, Helium, Booster-Pumpe, Rebreather-Flaschen und Sofnolime. Ersatzteile für mehrere Rebreather sind ebenfalls erhältlich. Ein Online-Shop für Rebreather-Zubehör, Rebreather Ersatzteile und technische Tauchausrüstung ist auf der Website verfügbar.

Kontakt:
Telefon: +49 (0)9176) 995105
E-Mail: info@divebandits.de
Webseite: www.divebandits.de



Kwark Testcenter underwatertools.de

underwatertools.de