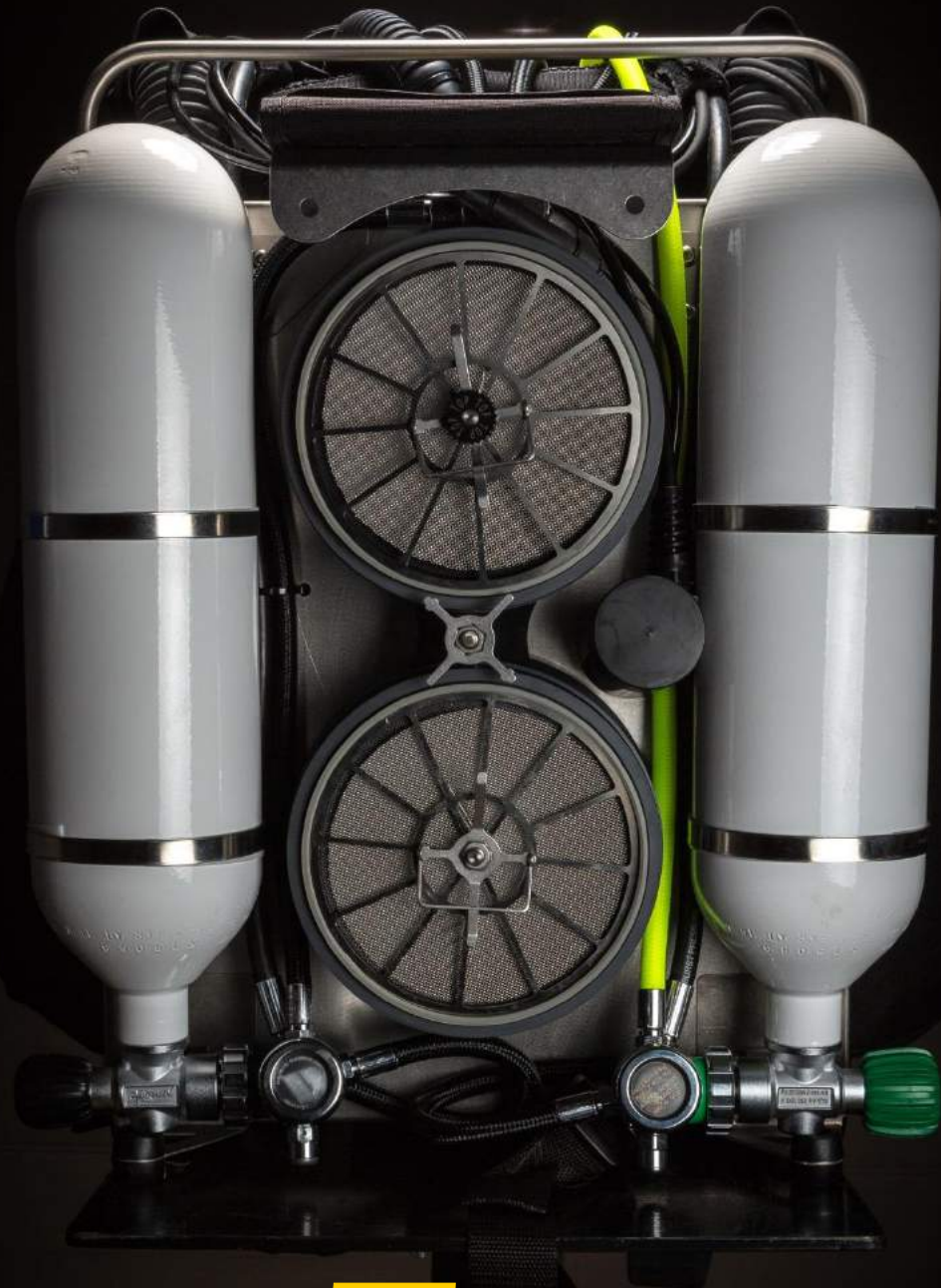


# Der zweiteilige CO<sub>2</sub>-Absorber



**rEvo**  
**REBREATHERS**  
**Germany**

Paul Raymaekers

Übersetzung November 2015: Koni Schwarz

Dieses Werk wird veröffentlicht von rEvo Germany im Namen der CCRCC GmbH & Co KG  
([www.halimede.de](http://www.halimede.de)) unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND 4.0

Sie dürfen dieses Werk verbreiten unter den Lizenzbedingungen :

Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



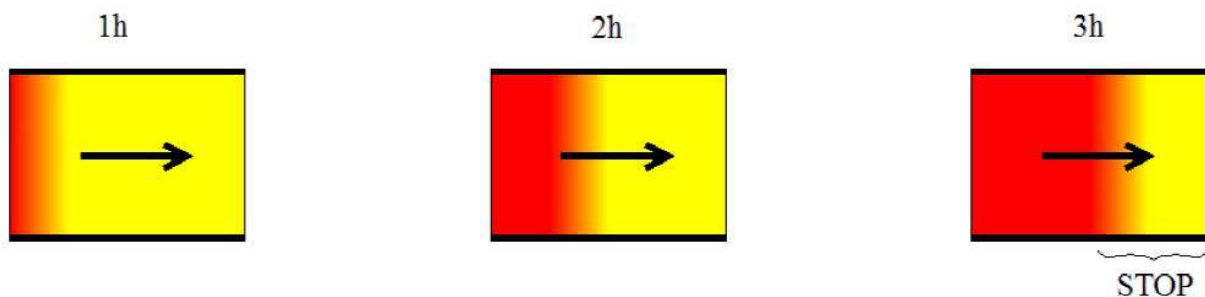
## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>Funktionsweise und Anwendung des zweiteiligen CO<sub>2</sub>-Absorbers ohne rMS.....</b>	<b>3</b>
Kurze Zusammenfassung:.....	4
Beispiel zur empfohlenen Absorbergebrauchszeit: .....	4
TOP-Marker .....	5
Kalk – Standzeiten ohne rMS:.....	6
Sofnolime 797:.....	6
rEvo mit standard axial CO <sub>2</sub> -Absorber: .....	6
rEvo mit optionalem radial CO <sub>2</sub> -Absorber: .....	6
Intersorb 812 .....	6
rEvo mit Standard axial CO <sub>2</sub> -Absorber:.....	6
rEvo mit optionalem radial CO <sub>2</sub> -Absorber: .....	6
<b>Funktionsweise und Anwendung des zweiteiligen CO<sub>2</sub>-Absorbers mit rMS. ....</b>	<b>7</b>
rMS berechnet die Reststandzeit des Atemkalks während des Tauchens und zeigt diese während des Tauchgangs an. ....	7
rMS Anzeigen am shearwater-Display .....	9
Definitionen .....	9
RCT - Remaining Cycle Time .....	9
RST- Remaining Scrubber Time .....	9

## Funktionsweise und Anwendung des zweiteiligen CO<sub>2</sub>-Absorbers ohne rMS.

Das rEvo hat ein einzigartiges System mit zwei CO<sub>2</sub>-Absorbern in Serie, die durch einen Kanal im Gerätedeckel miteinander verbunden sind. In jedem befinden sich etwa 1,35 kg Atemkalk.

In der Praxis sieht es so aus, dass der Bereich, in den das Gas in den CO<sub>2</sub>-Absorber hineinströmt als erstes gesättigt wird. Der hintere Bereich wird nie vollständig gesättigt werden, da der Atemkalk zuvor gewechselt wird. Da man nie genau weiß, wie viel vom Atemkalk bereits gesättigt ist, muss sich immer eine ausreichende Menge an noch nicht verbrauchtem Atemkalk im CO<sub>2</sub>-Absorber befinden, um einen plötzlichen Anstieg an CO<sub>2</sub>, z.B. durch erhöhte Arbeitsleistung, auffangen zu können. Wenn man also den Atemkalk tauscht, weiß man, dass ein großer Teil an nicht gesättigtem CO<sub>2</sub>-Absorber entsorgt wird.

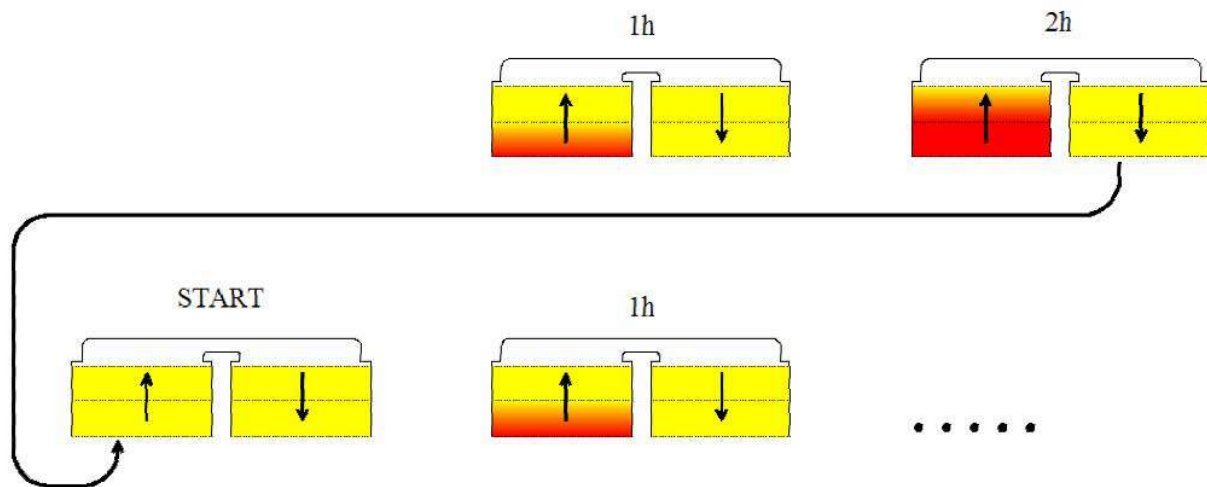


Darstellung der Atemkalksättigung nach 1, 2 und 3 Stunden Tauchzeit.

Rot = Gesättigter Kalk; Gelb = Ungesättigter Kalk.

Das System mit zwei CO<sub>2</sub>-Absorber Kanistern in Serie kann nur dann die Atemkalkausnutzung verbessern, wenn beim Wechsel richtig vorgegangen wird. Beginne mit zwei frisch gefüllten CO<sub>2</sub>-Absorber Kanistern. Nummer eins kommt in die obere Absorberaufnahme, an der Ausatemgegenlunge. Nummer zwei kommt darunter in die untere Absorberaufnahme (an der Ausatemgegenlunge). Um ein Verwecheln zu vermeiden, befinden sich Nummern auf den Kanistern.

Nach einer gewissen Zeit wird der Kanister Nummer eins von der Ausatemgegenlunge entfernt und entleert. Kanister Nummer zwei kommt nun in die obere Aufnahme bei der Ausatemgegenlunge und Nummer eins kommt, frisch gefüllt, in die untere Aufnahme zur Einatemgegenlunge. Man kann nun wieder für die gleiche Zeit tauchen. Und so geht der Zyklus weiter.



Darstellung der Atemkalksättigung nach 1 bzw. 2 Stunden Tauchzeit: nach 2 Stunden ist der CO<sub>2</sub>-Absorber an der Einatemgegendung noch nicht vollständig gesättigt. Es ist immer eine ausreichende Menge an nicht benutztem Absorbermaterial vorhanden, für den Fall einer höheren CO<sub>2</sub> Produktion (harte Arbeit). Trotzdem wird der Absorber jetzt gewechselt, da der Kanister an der Ausatemgegendung fast vollständig gesättigt ist. Durch diesen periodischen Vorgang wird der Anteil an noch nicht verbrauchtem Atemkalk, der entsorgt wird, sehr gering gehalten.

### Kurze Zusammenfassung:

Bei jeder Periode wird die Hälfte der gesamten Atemkalkmenge entsorgt (der Kanister an der Ausatemgegendung, da das Gas durch ihn zuerst strömt und dadurch als erstes gesättigt wird).

Der weniger (bzw. noch nicht) benutzte CO<sub>2</sub>-Absorber kommt an den Anfang des Atemkreislaufs - an die Ausatemgegendung, durch die das Gas zuerst strömt. Durch diesen ersten Absorber wird das Gas komplett von CO<sub>2</sub> befreit. Sollte sich dennoch ein kleiner Teil CO<sub>2</sub> nach dem ersten Kanister befinden, wird es von dem zweiten (frischen) Absorber aufgenommen.

In der Praxis erwirkt dieser Teilaustausch von gebrauchtem Atemkalk eine Erhöhung der Absorber-Gebrauchszeit um mindestens 50%, ohne dabei die Sicherheit zu beeinträchtigen (Verglichen mit einem einzelnen Absorberkanister, bei dem immer der gesamte Atemkalk getauscht werden muss).

Würde man den Kalk nach denselben Gebrauchszeiten von einzelnen Absorberkanistern mit derselben Kalkmenge wechseln, würde sich der Sicherheitspielraum wesentlich erhöhen.

### Beispiel zur empfohlenen Absorbergebrauchszeit:

Beim Gebrauch von Sofnolime 797, einer Wassertemperatur < 15°C, einem normalen Tauchgang ohne erhöhter Anstrengung und einem PPN2 unter 4 Bar: 120 Minuten Tauchzeit pro Periode (1,35 kg CO<sub>2</sub>-Absorber), oder 180 Minuten Tauchzeit und danach beide Absorberkanister neu befüllen (2,7 kg CO<sub>2</sub>-Absorber).

Das bedeutet: Sollte eine Tauchzeit von mehr als 2 Stunden geplant sein, muss ein periodischer Wechsel des Absorbers ausgelassen werden. Wenn der Atemkalk schon benutzt wurde und beide Zeiten (schon getauchte und geplante) 3 Stunden überschreiten, müssen beide Absorberkanister neu befüllt werden (Maximale Tauchzeit in kaltem Wasser mit beiden Absorberkanistern frisch gefüllt beträgt 3 Stunden).

## TOP-Marker

Es ist auf jeden Fall wichtig, immer zu wissen welcher Absorberkanister in die obere Absorberaufnahme gehört und wie lange er schon benutzt wurde. Dazu benutzt man am besten ein Formular, schreibt es in sein Logbuch oder auf ein Stück Klebeband am Absorberkanister oder dem Gerätedeckel!

Um die Verwechslung der CO2-Absorberbehälter zu verhindern, wird eine Markierung auf den Behälter der Ausatemgegenlunge aufgeschraubt. Dieser markiert den Behälter in der oberen Position („TOP-Marker“)



Wenn Du nach einem Tauchgang einen Scrubber wechseln („cycle“) willst, folge genau diesen Anweisungen:

1. Nim den oberen Behälter mit dem TOP-Marker aus dem rEvo
2. Schraube den TOP-Marker von diesem Behälter ab und **leere diesen Behälter sofort**. So ist Du sichergestellt, dass Du den verbrauchten Kalk ausgeleert hast.
3. Schraube den TOP-Marker auf den verbliebenen – unverbrauchten – Behälter und stecke diesen in die obere Position des rEvo. Wenn Du nicht mehr tauchst, gib den Behälter mit dem Kalk in ein luftdichtes Gehäuse.
4. Fülle den anderen Behälter mit zugelassenem Kalk und stecke diesen in die untere Position des rEvo. Wenn Du nicht mehr tauchst, gib den Behälter mit dem Kalk in ein luftdichtes Gehäuse.
5. Vermerke im Logbuch, dass Du den – jetzt - unteren Behälter mit frischen Kalk gefüllt hast.

## Kalk – Standzeiten ohne rMS:

Für rEvo sind 2 Kalksorten vom Hersteller zugelassen.

Da die Leistung des Absorbermaterials von der umgebenden Wassertemperatur abhängt, geben wir verschiedene Empfehlungen für Kalt- und Warmwasser.

Wenn das Wort "Periode" verwendet wird, so ist damit gemeint, dass nur ein Kanister (der an der Ausatemgegenlunge) mit frischem CO2-Absorber befüllt wird und dieser dann in die untere Absorbieraufnahme (bei den Sauerstoffsensoren an der Einatemgegenlunge) kommt.

## Sofnolime 797:

rEvo mit standard axial CO2-Absorber:

Wassertemp. > 4°C : eine Periode alle 2 Std., oder beide Kanister nach 3 Std. neu füllen

Wassertemp. >15°C : eine Periode alle 3 Std., oder beide Kanister nach 4,5 Std. neu füllen

rEvo mit optionalem radial CO2-Absorber:

Wassertemp. > 4°C : eine Periode alle 3 Std., oder beide Kanister nach 5 Std. neu füllen

Wassertemp. >15°C : eine Periode alle 4,5 Std., oder beide Kanister nach 7 Std. neu füllen

## Intersorb 812

rEvo mit Standard axial CO2-Absorber:

Wassertemp. > 4°C : eine Periode alle 1 Std. 45 min, oder beide Kanister nach 2,5 Std. neu füllen

Wassertemp. >15°C : eine Periode alle 3 Std., oder beide Kanister nach 4,5 Std. neu füllen

rEvo mit optionalem radial CO2-Absorber:

Wassertemp. > 4°C : eine Periode alle 2,5 Std., oder beide Kanister nach 4 Std. neu füllen

Wassertemp. >15°C : eine Periode alle 4,5 Std., oder beide Kanister nach 7 Std. neu füllen

## Funktionsweise und Anwendung des zweiteiligen CO<sub>2</sub>-Absorbers mit rMS.

**rMS berechnet die Reststandzeit des Atemkalks während des Tauchens und zeigt diese während des Tauchgangs an.**

Der Kalk muss also nichtmehr nach fixen Zeiten gewechselt werden, sondern nach echtem Verbrauch.

Von Sensoren im Kalk werden die Temperaturunterschiede im Kalk gemessen und ausgewertet.



Der Algorithmus für die Berechnung der verbleibenden Kalkstandzeit liefert eine Prognose, die der Prognose zur TTS (Total Time to Surface – Gesamtaufstiegszeit zur Oberfläche) ähnelt.

Bei der Berechnung einer Prognose macht das System Annahmen, um von dem gegenwärtigen Zeitpunkt aus Vorhersagen zu können, was in der Zukunft passiert.

Um eine TTS zu prognostizieren nimmt das System an, dass der Taucher mit einer bestimmten Aufstiegs geschwindigkeit auftaucht, dass der er Stopps auf bestimmten Tiefen einlegt und dass der Taucher während des Aufstiegs Gaswechsel vornimmt (oder auch nicht) oder einen bestimmten pO<sub>2</sub> hält. Wenn der Taucher exakt das macht, was angenommen wurde, wird die Vorhersage sehr nah an der Wirklichkeit liegen. Wenn nicht, so wird die vorhergesagte Zeit länger oder kürzer sein, abhängig davon wie der Taucher von den zuvor getroffenen Annahmen abgewichen ist.

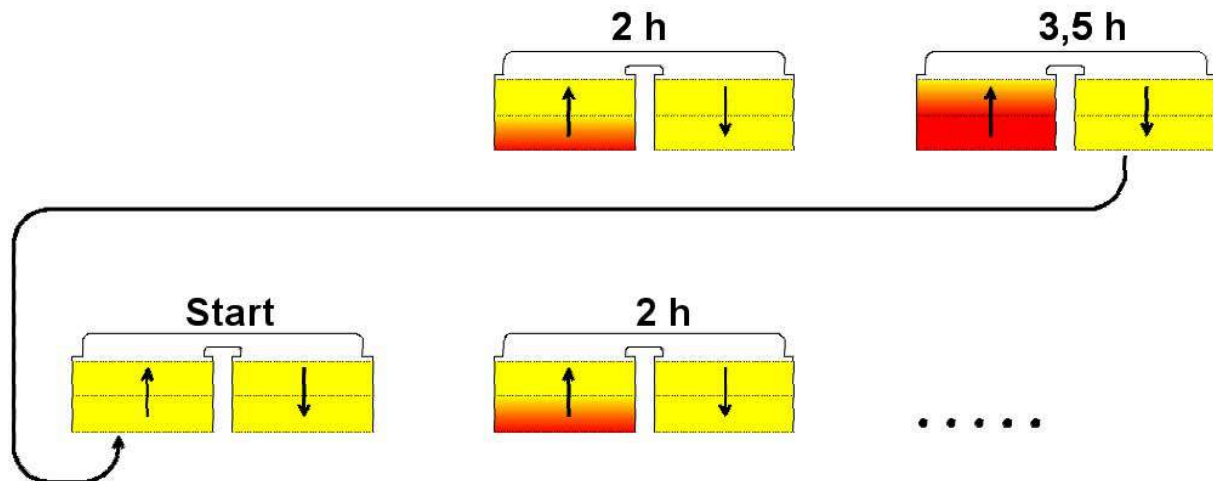
Die Vorhersage der restlichen Kalkstandzeit funktioniert auf ähnlichem Weg. Es basiert auf der Annahme, dass eine bestimmte Menge an Sauerstoff verbraucht wird, die mit der Menge an produziertem CO<sub>2</sub> in einer bestimmten Tiefe im Verhältnis steht, wobei diese auch von der Wassertemperatur beeinflusst wird.



Weil die Vorhersage der verbleibenden Kalkstandzeit wesentlich kritischer ist als die der TTS, sind die Annahmen für die Berechnungen der verbleibenden Kalkstandzeit sehr konservativ.

Z.B. nimmt das System an, dass der Taucher eine relativ hohe CO<sub>2</sub> Produktion über die gesamte Tauchzeit aufweist und diese höher ist, als das was ein durchschnittlicher Taucher normalerweise produziert.

Für die Praxis bedeutet dies eine erheblich längere Nutzungszeit des Kalkes. Der obere Scrubber ( mit einer Füllmenge von 1.3 kg) wird im Kaltwasser in der Regel 3.5 Stunden benutzt, im Warmwasser 4-5 Stunden. Erst dann muss eine Menge von 1.3 kg Kalk ersetzt werden.



## rMS Anzeigen am shearwater-Display

### Definitionen

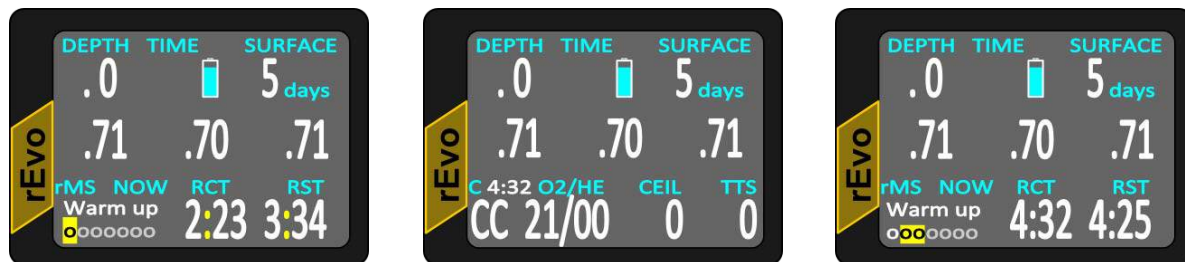
#### RCT - Remaining Cycle Time

Verbleibende Zeit, bis ein Rotationswechsel der Kalkbehälter gemacht werden soll. Dies ist also die Nutzungszeit des ersten Kalkbehälters.

#### RST- Remaining Scrubber Time

Gesamt-Zeit, die der gesamte Kalk im rEvo noch genutzt werden kann, also die Summe der Nutzungszeit aus beiden Kalkbehältern.

Der Hauptbildschirm zeigt an, ob der Kalk vollständig erwärmt ist oder nicht – solange er sich noch im Erwärmungsprozeß befindet ist der Doppelpunkt „:“ zwischen den Stunden und den Minuten der RCT Zeit gelb – ist er vollständig erwärmt, wird er weiß. Zu diesem Zeitpunkt liegen rMS alle Informationen über den gesamten Atemkalk vor, um eine genaue Vorhersage über die RCT Zeit und RST Zeit zu machen.



Ab diesem Zeitpunkt werden im Tauchmodus die minimalen RCT und RST Zeiten gespeichert, während zur gleichen Zeit die aktuellen RCT und RST Zeiten im Hauptbildschirm und im extra Informations-Bildschirm angezeigt werden.

Während des Tauchgangs können die aktuellen verbleibenden RCT und RST Zeiten in Abhängigkeit der Tiefe, der Temperatur und körperlichen Anstrengung schwanken. Man taucht üblicherweise so, dass der Tauchgang beendet wird bevor die RCT 0 erreicht, weil die RST Zeit als Sicherheit betrachtet wird. (Die Farbe der Zeitangabe für „C“ ändert sich als Anzeichen dafür, dass die Zeit für RCT abläuft)

Der shearwater führt auch ein Logbuch für die Rest-Tauchzeiten nach rMS.

Dive	RCT	RST	m	°C
Now	2:25	3:35	10	15
Min	1:50	2:35	42	12
-1	1:20	1:55	48	4
-2	2:40	3:15	0	10

Exit

Damit ist es nicht mehr nötig, die Restnutzungszeiten auf den Kalkbehälter zu schreiben.

Genauere Informationen finden Sie im rMS-Handbuch.