

2014

# Mehr Sicherheit im Tauchsport – Benötigen wir eine neues Konzept?

## Bonner Tauchersymposium 2014

Autor: Cord Neemeyer, Dipl.-Ing. (FH), MSc (U)

Rexroth Pneumatik GmbH  
Ulmer Straße 4  
30880 Laatzen

Tel. +49 511 2136 529  
Mobil +49 173 643 8016  
[Cord.Neemeyer@rexrothpneumatics.com](mailto:Cord.Neemeyer@rexrothpneumatics.com)

cordneem  
29.März.2014



## 1. Einleitung

Ist es Ihnen schon mal passiert, dass der Tauchgang so ganz anders verläuft als geplant?

Oftmals stellen Experten immer wieder den Zusammenhang her zwischen einem anfänglich überraschenden Ereignis, z.B. einem kleinen Defekt der Ausrüstung, dem Fehlverhalten der Beteiligten und dem daraus entstandenen schweren Unfall am Ende der Kette.

Themen, wie z.B. eigene Selbstüberschätzung, das Auslösen einer Panikattacke durch ein kleines Ereignis, wie z.B. das Eindringen von Wasser in die Maske oder das Zuweisen eines fremden Tauchpartners im Urlaub, können Ursachen darstellen, dass ein Tauchgang anders abläuft als geplant.

Wir wissen alles Üben macht stark [Divemaster Nr. 66 Seite 34]: "So wie man sich im Auto anschnallt und hofft, dass doch kein Unfall passiert, sollte uns das richtige Handling bei Zwischenfällen so vertraut sein, dass es im Ernstfall wie ein Sicherheitsgurt wirkt, um Schlimmeres zu verhindern."

Die Wirklichkeit ist leider eine andere. Beinahe alle Tauchunfälle werden hervorgerufen durch Unterlassen korrekten menschlichen Verhaltens. Diesbezüglich gibt es Publikationen zahlreicher Tauchsportverbände, exemplarisch stellt sich das wie folgt dar:

Pro Woche ereignen sich weltweit 10 schwere Tauchunfälle, sehr viele davon mit Todesfolge

- 41% aus Mangel an Atemluft
- 57% sind so weit von einem Tauchpartner entfernt, dass dieser nicht eingreifen konnte
- 28% ereignen sich während einer Ausbildung

[Source: Hans Örnhausen, MD, PhD]

Daraus ergibt sich ein hohes Interesse der Sporttaucher, Tauchverbände, Tauchschohlen und Ressorts, tödliche Unfälle zu vermeiden bzw. die Bergung verunglückter Taucher zu optimieren.

Entsprechend ist es unser Ziel, einen handlungsunfähigen oder nicht mehr rational handelnden Taucher an die Wasseroberfläche zu befördern. Das ist die Aufgabe

eines neuen patentrechtlich geschützten Produktes, auf dessen Funktion im Folgenden näher eingegangen wird. Das Produkt, in dieser Publikation DIVO<sup>®</sup> genannt, leitet diesbezüglich notwendige Maßnahmen ein, insofern der Taucher bzw. Tauchpartner, aus welchen Gründen auch immer, dazu nicht in der Lage ist.

In Analogie zu einem Airbag in einem Auto – DIVO<sup>®</sup> initiiert das Füllen der Tarierweste in einer Notsituation, wenn der Taucher die Kontrolle über den Tauchgang verloren hat. Ist in solchen Situationen auch der Tauchpartner nicht in der Lage geschulte Maßnahmen zu ergreifen, dann ist das Auftauchen die einzige Option, damit schnelle Hilfe geleistet und ggfs. die entsprechende Rettungskette aktiviert werden kann.

In der Annahme, es ist kein Tauchpartner in Sichtweite, die Luftversorgung ist nicht mehr gewährleistet, bzw. das Ein- und Ausatmen im System ist nicht mehr möglich, gibt es keinen Grund, warum der Taucher nicht umgehend zur Wasseroberfläche auftauchen sollte.

## **2. Funktion**

Integriert zwischen Atemregler, Druckluftflasche und Tarierweste kann DIVO<sup>®</sup> mit bereits vorhandener Tauchausrüstung benutzt werden. Solange der Taucher durch den Atemregler ein- und ausatmet, kontrolliert er seinen Tauchgang wie bisher. Verläuft der Tauchgang planmäßig, bemerken Sie die beiden Funktionen von DIVO<sup>®</sup> nicht: Das ist zum Einen die Atmungsüberwachung und zum Anderen die Restdrucküberwachung, beide Funktionen werden im Folgenden näher erläutert.

DIVO<sup>®</sup> funktioniert auf Basis einer rein pneumatischen Lösung. Somit ist keine Elektronik involviert und die Funktion stets gewährleistet. Die Aufgabe ist es, durch automatisches Belüften der Weste, den Taucher an die Wasseroberfläche zu bringen, wenn...

- ... der Taucher länger als 35 Sekunden nicht atmet
  - Atmungsüberwachung
- ... der Druck in der Pressluftflasche unter 5 bar fällt
  - Restdrucküberwachung

### **2.1. Atmungsüberwachung**

Die in Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen Funktionsbausteine sind in der Prinzip Skizze auf der Folgeseite veranschaulicht. Die Atmungsüberwachung lässt sich halbautomatisch durch die Betätigung des Lufteinlassknopfes (INO) oder des Luftablassknopfes (DEF) einschalten. Diese Funktion kann durch Betätigung der Austaste (OFF) ausgeschaltet werden. Der Status, ob sich das Gerät in einem Ein- oder Ausschaltzustand befindet, ist visuell für den Taucher sichtbar. Nach entsprechendem Tarieren und dem Betätigen des OFF-Buttons, sind längere Atempausen möglich. Dies wird erforderlich, beispielsweise beim Fotografieren unter

Wasser oder beim Durchführen von Übungen während der Tauchausbildung. Die Atmungsüberwachung wird durch erneutes Be- oder Entlüften der Tarierweste automatisch wieder aktiviert.

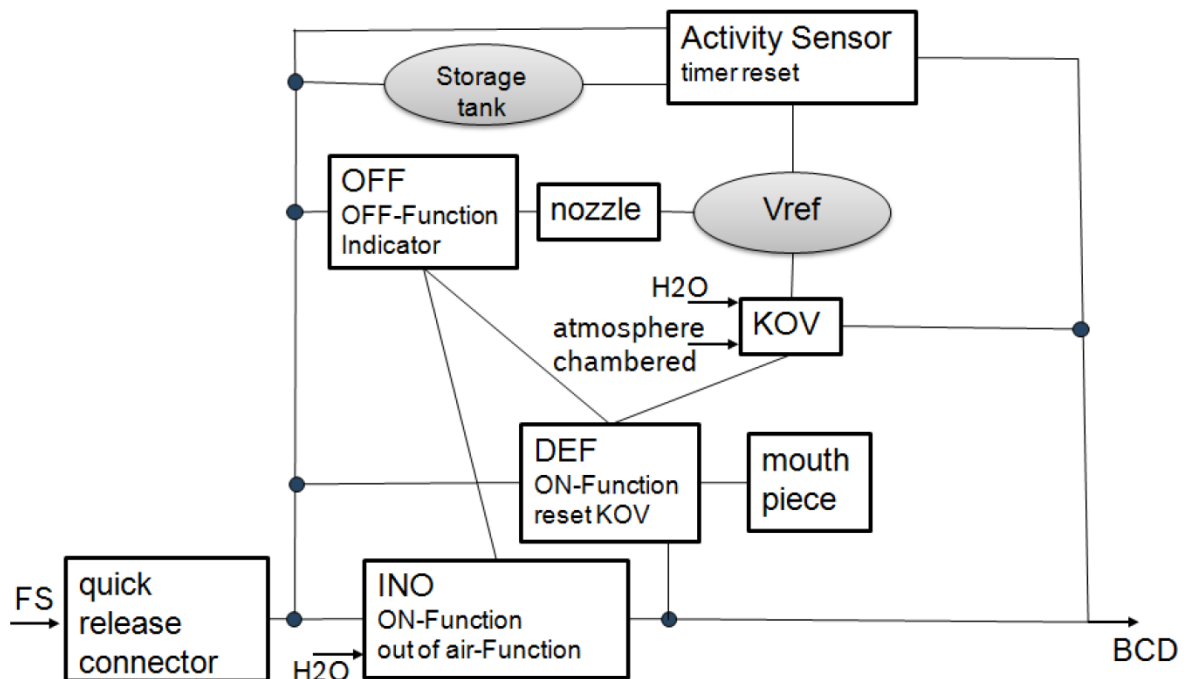
In Situationen in denen der Taucher länger als 35 Sekunden  $\pm$  Toleranz nicht geatmet hat, kann das automatische Füllen der Weste durch die Betätigung des Luftablassknopfes gestoppt werden und die Atemüberwachungsfunktion startet erneut bei 0 Sekunden.

Die Notaufblasfunktion der Tarierweste bei gedrücktem Luftablassknopf über das Mundstück ist wie bei heute im Markt erhältlichen Inflatoren gewährleistet.

Systemdruckschwankungen der ersten Stufe  $9,75 \pm 2,25$  bar (relativ) je nach Hersteller werden egalisiert und auf einen Druck von ca. 7,5 bar begrenzt. Nur mit konstantem Eingangsdruck kann durch die sogenannte Vref-Blende eine konstante Füllzeit des Referenzvolumen (Vref) erreicht werden. Ziel ist eine Füllung des Volumens auf 6 bar relativ an der Wasseroberfläche in  $35 \text{ s} \pm$  Toleranz.

Der Activity Sensor ist das Herzstück des Ventilsystems. Mithilfe dieses Drucksensors wird die Atmung eines Tauchers überwacht. Dabei muss eine Schaltmembran auf den sehr geringen Druckeinbruch in der Versorgungsleitung während eines Atemzuges reagieren und während dieses Atemzuges das Vref in die Weste entlüften. Die Schaltmembran wird dazu auf beiden Seiten mit dem Versorgungsdruck (FS) beaufschlagt. Auf einer Seite wird dieser Druck jedoch hinter einer Drossel im sogenannten storage tank gekammert, so dass der Atemzug zunächst nur auf der ungekammerten Seite einen Druckeinbruch verursacht. Der gekammerte Druck sorgt für die Betätigung des Ventils und damit der Entlüftung des Vref in die Weste (BCD). Beim Schaltvorgang wird das sich stetig füllende Vref regelmäßig entleert, so dass die Zeit der Atemüberwachungsfunktion erneut beginnt, also zurückgesetzt wird. Bei einem Atemzug des Tauchers aus der primären zweiten Stufe oder dem Octopus kommt es zu einem temporären Druckeinbruch in der Versorgungsleitung. Das Operation Ventil (KOV) ist das auslösende Ventil. Steigt der Druck im Vref über 6 bar (relativ zum anstehenden Wasserdruck) öffnet das Ventil und füllt die Tarierweste mit dem Versorgungsdruck über eine Blende. Durch die Blende wird ein gezielter Durchfluss erreicht und damit die Füllzeit (1Liter Westenvolumen pro Sekunde, abhängig von der Tauchtiefe) der Weste begrenzt. Bei aktivierter Atemüberwachungsfunktion und ausbleibender Atmung steigt der Druck im Vref. Ist ein Schaltdruck von 6 bar (abhängig vom Wasserdruck) erreicht, öffnet das KOV und geht in Selbsthaltung. Anschließend kann die Füllung der BCD nur durch Betätigung des Luftablassknopfes beendet werden. Bei Nichtbetätigung des Luftablassknopfes wird die Füllung der Weste fortgesetzt bis die Druckluftflasche fast leer ist oder der Mitteldruckschlauch abgekuppelt wird. Durch Betätigung des Luftablassknopfs wird parallel die Versorgungsleitung getrennt und das Vref entleert, dies bedeutet den Neustart der Überwachungszeit. Das Referenzvolumen wird mit einem konstanten Druck (relativ zum Wasserdruck) gefüllt. Um den Schaltpunkt des KOV auch unabhängig vom Wasserdruck zu definieren, ist eine Schaltdruckanpassung an den relativen Wasserdruck notwendig. Für die Kompensation ist ein gekammerter konstanter Druck notwendig. Das

Referenzvolumen wird mit dem an die Wassertiefe angepassten Druck gefüllt (0 m = 7,5 bar relativ / 40 m = 11,5 bar relativ). Der veränderliche Druck sorgt für unterschiedliche Durchflüsse innerhalb der Blende und somit zu unterschiedlichen Füllzeiten. Um diesen Effekt zu kompensieren, wurden zwei Membranen mit definiertem Wirkflächenverhältnis eingesetzt, zwischen denen sich ein gekammerter und konstanter Druck befinden muss, damit die Kompensation der Wassertiefe fehlerfrei funktioniert.



[Prinzip Skizze DIVO® Konzept]

## **2.2. Restdrucküberwachung**

Das Out of Air Ventil (im INO integriert) ist für die Restdrucküberwachung in der Druckluftflasche verantwortlich. Sollte der Flaschendruck während eines Tauchganges einen unzulässig niedrigen Bereich von < 5bar erreichen, öffnet das Ventil und füllt die Tarierweste über eine Blende mit dem Versorgungsdruck FS. Durch die Blende wird ein gezielter Durchfluss erreicht und damit die Füllzeit (1Liter Westenvolumen pro Sekunde, abhängig von der Tauchtiefe) der Weste begrenzt. Diese Funktion lässt sich nicht durch Betätigung des INO oder des DEF stoppen bzw. zurücksetzen. Durch die Betätigung des Luftablassknopfs ist eine Reduzierung des positiven Auftriebs möglich. Durch Trennen des Mitteldruckschlauches von der Kupplung wird die Füllung und Überwachung deaktiviert. Um den Schaltpunkt des Out of Air Ventils auch unabhängig vom Wasserdruck zu definieren, ist eine Schaltdruckanpassung an den relativen Wasserdruck notwendig. Die Restdrucküberwachung wird automatisch durch das Öffnen der Tauchflasche aktiviert. Die Funktion lässt sich nicht ausschalten.

Ein Rückschlagventil mit Öffnungsdruck von etwa 1bar verhindert die vollständige Entleerung der Druckluftflasche. Das verbleibende Gas kann einer medizinischen Analyse dienen.

## **3. Schlussfolgerung**

Die Herausforderung der zugrundegelegten Fragestellung „Mehr Sicherheit im Tauchsport - Benötigen wir ein neues Konzept?“ lag in der Entwicklung eines Ventils, das abhängig von mehreren Einfluss- und Umgebungsgrößen einen veränderlichen Schaltpunkt hat. Bei der Auslegung des Systems für die Atemüberwachungsfunktion mussten die unterschiedlichen Umgebungsdrücke eines Tauchganges, sowie die unterschiedlichen Systemdrücke von Reglern verschiedener Hersteller beachtet werden.

Mark Powell, Autor des im November 2008 erschienenen Buches mit dem Titel „Deco for Divers“, hat in seinem Vortrag (Why divers do stupid things) auf der London International Dive Show im März 2013 exemplarisch eindrucksvoll den Unterschied zwischen Soll- und Istverhalten beim Tauchen veranschaulicht. Zitat: „Balanced people can behave unpredictably when they slip beneath the water's surface“.

Wohlwissend, dass vielerlei Gründe bzw. eine Kette von unvorhersehbaren Ereignissen beim Tauchen zu tragischen Unfällen führen, kann oben beschriebenes System einen Beitrag leisten, den Tauchsport sicherer zu machen.