

## Der autarke Gerätetaucher

Das Tauchen mit einer Luftpumpe erforderte eine große Mannschaft und eine schwere Pumpe, die transportiert werden musste. Als das Drägerwerk 1913 sein erstes Gerät zum Tauchen auf den Markt brachte, war dieses Gerät autark, d.h. der Taucher trug das Gas in Druckflaschen auf dem Rücken. Dies rettete die Pumpe und einen großen Teil der Besatzung (siehe DHT Nr. 9).

Im Vergleich zu den traditionellen Schwimmtauchgeräten war das autarke Gerät des Drägerwerks mechanisch kompliziert.

Der Apparat wurde Injektorapparat genannt und hatte im Vergleich zum traditionellen Zungentauchapparat zwei neue technische Vorrichtungen - ein Reduktionsventil und einen Injektor. Zusätzlich enthielt der Apparat ein Reservoir mit Atemkalk, der die ausgeatmete Atemluft des Tauchers von Kohlendioxid reinigte, so dass das ausgeatmete Gas im Apparat zirkulieren und vom Taucher wieder verwendet werden konnte, ohne durch das Kohlendioxid vergiftet zu werden.

Der Injektor, das Reduktionsventil und der Atemtank waren in einen Turm eingebaut, den der Taucher auf dem Rücken trug. Auf jeder Seite des Turms befand sich eine Druckflasche mit dem Gas, von dem der Taucher leben sollte. Zwei Schläuche führten vom Turm zum Helm des Tauchers.

## Reduktionsventil

Das Gas aus den Druckzylindern strömt durch das Reduzierventil, wo der Druck des Gases reduziert wird, bevor das Gas zum Injektor weiterströmt. Der Gasdruck wird auf einen Druck reduziert, der die gewünschte Dosierung des Gases durch den Injektor ermöglicht.

Das Gas aus den Zylindern strömt durch ein Ventil in die Reglerkammer des Reduktionsventils. Das Ventil wird von einer Feder offen gehalten, die über eine Membran auf ein Kipphebelsystem drückt, das das Ventil öffnet. Von der Reglerkammer strömt das Gas zum Injektor, aber da die Rohrverbindung und der Injektor dem Durchfluss einen Widerstand entgegensetzen, baut sich in der Reglerkammer Druck auf. Eine Erhöhung des Durchflusses erhöht den Widerstand.

Der Druck in der Regelkammer wirkt auf die Membrane, und wenn der Druck steigt, drückt die Membrane die Feder zusammen und das Kipphebelsystem sperrt den Durchfluss durch das Ventil zunehmend ab. Nach einer kurzen Zeit des Durchflusses wird der Druck in der Regelkammer konstant sein und der Gasfluss zum Injektor wird konstant sein. Der Druck in der Regelkammer und damit der Durchfluss durch den Injektor wird durch Erhöhen oder Verringern des Federdrucks auf die Membrane erhöht oder verringert. Dies geschieht mit Hilfe der Einstellschraube.

## Der Injektor

Bei einigen Injektoren von Drägerwerk ist der Injektor ein 2-stufiger Injektor, wobei der erste Injektor deutlich kleiner ist als der zweite. In anderen Drägerwerk-Injektoren befindet sich ein einzelner Injektor.

Das im DHT Nr. 70 beschriebene Injektorprinzip basiert auf dem Bernoulli-Gesetz, das besagt, dass "das Verhältnis zwischen statischem und dynamischem Druck in einem strömenden Gas konstant ist".

Kurz gesagt bedeutet dies, dass, wenn die Geschwindigkeit des Gases und damit der dynamische Druck steigt, weil das Gas durch die Einspritzdüse gedrückt wird, der statische Druck des Gases abnimmt. Es entsteht ein Druckabfall im Gas um die Düse herum, wodurch Gas aus der Umgebung in Richtung der Düse gesaugt wird, wo das umgebende Gas in das Rohr gezogen wird, das das Gas vom ersten zum zweiten Injektor führt. In der zweiten und größeren Einspritzdüse passiert das Gleiche, aber jetzt wird die Gasmenge in dem Strahl erhöht, den die zweite Einspritzdüse in das Rohr schickt, das das Gas zum Helm führt.

Indem die beiden Injektoren Luft aus dem Wirbel ziehen und zum Helm leiten, erzeugen sie ein Vakuum im gesamten Wirbel. Der Unterdruck saugt Gas aus dem Helm zurück, wodurch ein Kreislauf vom Tornystone durch den Helm und zurück zum Tornystone und hier durch die Atemschale entsteht, bevor das Gas wieder über den Injektor zum Helm geleitet wird.

Der 2-stufige Injektor ist so effizient, dass eine Dosierung von nur 2,7 Litern Gas pro Minute eine Zirkulation im Gerät von bis zu 80 Litern pro Minute erzeugt.

Die Membrane im Reduzierventil wird durch den Druck im Thyristor über das Druckausgleichsrohr beeinflusst, der mit der Tiefe zunimmt. Der Gasfluss bzw. die Dosierung nimmt also mit der Tiefe zu, aber bei weitem nicht proportional zur Tiefe. Die leicht erhöhte Dosierung führt zu einem größeren umgewälzten Gasvolumen im Gerät. Der Taucher nimmt nur einen Teil des Sauerstoffs aus dem Atemgas auf, und das überschüssige Gas entweicht durch das Helm-Luftauslassventil ins Wasser.

## DM 20 und DM 40

Der erste Injektorapparat, den das Drägerwerk 1913 auf den Markt brachte, trug die Bezeichnung DM 20 und war mit zwei Sauerstoffflaschen ausgestattet. 1917 brachte Drägerwerk einen zweiten Injektor, den DM 40, auf den Markt, der mit einer Sauerstoff- und einer Luftzylinder ausgestattet war. In der DM 40-Apparatur wurde das Gas aus den beiden Druckflaschen zu einem Gasgemisch aus 60 % Sauerstoff und 40 % Stickstoff gemischt. Die Bezeichnung DM 20 bezog sich auf die maximale Einsatztiefe des Gerätes von 20 Metern und die Bezeichnung DM 40 darauf, dass dieses Gerät bis zu einer Tiefe von 40 Metern eingesetzt werden kann. Die Gasdosierung im DM 20-Gerät variierte von 2,7 l/min an Land bis 3,2 l/min in 20 m Tiefe. Die Dosierung erzeugte einen Fluss von 75 bis 85 l/min. Da das dosierte Gas in der DM 40 weniger sauerstoffreich war, betrug die Dosierung hier 3,6 l/min an Land und 5,1 l/min in 40 m Tiefe, und der zirkulierende Gasfluss betrug 90 bis 100 l/min.

### **Faktenbox: Injektor DM 40**

Wenn die Sauerstoff- und Luftflaschen geöffnet werden, strömt ein Gas, das zu 40 % aus Stickstoff und zu 60 % aus Sauerstoff besteht, in die Reglerkammer des Reduktionsventils. Der steigende Druck in der Reglerkammer wirkt auf die Membrane, die die Feder zusammendrückt. Die Aufwärtsbewegung der Membrane wird über die Kipphebel auf das Ventil übertragen, das sich mit zunehmendem Druck immer mehr schließt und so einen konstanten Strom von Frischgas zum Injektor erzeugt. Jede Einspritzdüse erzeugt einen Hochgeschwindigkeitsgasstrahl. Um den Gasstrahl wird ein Vakuum erzeugt, das Gas aus dem Thyristor ansaugt. Das Gas aus dem Wirbel wird durch den Gasstrahl zum nachgeschalteten Injektor und weiter zum Helm geführt. Dadurch entsteht ein Unterdruck im Wirbel, der Gas aus dem Helm durch die Atemzone saugt, wo das Gas von Kohlendioxid aus der Ausatmung des Tauchers gereinigt wird. Der Injektor erzeugt somit eine Strömung, die Gas zum Helm und vom Helm zurück zum Trichter führt.

### **Factor Box: der Injektor**

Der Injektor auf der rechten Seite stammt aus einem DM 20-Gerät. Auf dem Etikett steht, dass das Gerät auf eine Dosierung von 2,7 l/min eingestellt ist und dass dieser Gasfluss über die Injektoren eine Zirkulation von 80 l/min an Land erzeugt. Außerdem kann abgelesen werden, dass der Differenzdruck, der das Gas um das Gerät herum treibt, 10 cm Wassersäule beträgt, wenn sich das Gerät an Land befindet. Links ist der Gasfluss im 2-stufigen Injektor dargestellt. Mit dem 2-stufigen Injektor haben die Ingenieure von Drägerwerk ein hocheffizientes Injektorsystem geschaffen.