



Zauberstoff Sauerstoff

oder

Wie kommt der Sauerstoff aus der Flasche zum Patienten?

(Teil 1)

Ein Überblick über die verschiedenen Sauerstoffnotfallsysteme

von Dr. med. Claus-Martin Muth

(Claus ist "Tauchen"-Medizin-Autor und Leiter der Sachabteilung "Medizin" beim VIT)

Bei allen schweren Zwischenfällen während des Tauchens ist die Gabe von **Sauerstoff** eine der wichtigsten Erstmaßnahmen. Auch kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, dass dieser **Sauerstoff möglichst rein**, also zu 100% gegeben werden soll. Dieser Umstand sollte also jedem Taucher klar und im Bewusstsein sein. Vielen Tauchern ist jedoch nicht bekannt, wie dass zu bewerkstelligen ist.

Sauerstoff als Medikament hat einen festen Platz in der Notfallmedizin. Daher gibt es im Sortiment aller Hersteller von Notfallausrüstungen auch Sauerstoffflaschen in unterschiedlichsten Größen. Bei den allermeisten sonstigen Notfällen, also solchen, die nicht mit dem Tauchen in Verbindung stehen, reicht es jedoch, den Sauerstoffanteil in der Einatemluft zu erhöhen. Die Gabe von 100% Sauerstoff ist hier in der Regel nicht nötig. Deshalb ist das in der Notfallmedizin übliche Zubehör auch nicht für die Gabe von reinem Sauerstoff ausgelegt, sondern nur zur Sauerstoffanreicherung der Einatemluft. Bei Unkenntnis dieser Zusammenhänge kann der Versuch, einen Tauchernotfallkoffer zusammenzustellen, dazu führen, dass das ausgewählte Material für eben diesen Zweck nicht gut oder gar nicht geeignet ist.

Um Sauerstoff überhaupt nutzbar zu machen, muss er in genügend großer Menge vorliegen. Dies wird üblicherweise durch die Verwendung von Druckgasbehältern erreicht, obwohl es auf dem Markt auch Geräte gibt, die Sauerstoff über eine chemische Reaktion freisetzen.

- Wird der übliche Weg beschritten und ein Druckgasbehälter (Sauerstoffflasche) benutzt, so ist der Flaschendruck im gefüllten Zustand 200 bar Sauerstoff. Ähnlich wie bei einem Tauchgerät muss dieser Druck zum Gebrauch reduziert, d.h. gesenkt werden. Zu diesem Zwecke werden unterschiedlichste Druckminderer verwendet. Nach der Druckreduktion muss der Sauerstoff noch zum Patienten geleitet werden. Dies geschieht beim spontanatmenden Patienten mit Hilfe eines Schlauchsystems und einer Maske. Bei Patienten, die nicht mehr selbst atmen, geschieht es mittels Schlauchsystem und Beatmungsbeutel. Im Folgenden sollen nun die einzelnen Systeme vorgestellt und jeweils das Für und Wider erklärt werden:

Sauerstoffflasche Beim Kauf einer Sauerstoffflasche kann eigentlich kaum etwas falsch gemacht werden. Sauerstoffflaschen gibt es in unterschiedlichsten Größen, die gebräuchlichsten sind die 2-Liter-, 5-Liter- und 10-Liter-Flaschen. Für Tauchernotfallkoffer von einzelnen Tauchern und Tauchlehrern empfiehlt sich die 2-L-Flasche, jedoch auch die Verwendung der 5-Liter-Flasche ist noch praktikabel. Tauchclubs und Tauchschnulen, die den Koffer auch für Tauchausfahrten mit mehreren Teilnehmern auslegen wollen, sollten sich mindestens für eine 5-Liter-Flasche entscheiden und zusätzlich eine Reserveflasche einplanen. Tauchbasen, die Bootsausfahrten anbieten, sollten Sauerstoffvorrat der Dauer der Ausfahrten anpassen und entsprechend große Druckgasbehälter wählen.

Der Preis für eine 2-Liter-Sauerstoff-flasche liegt ca. bei 250,- DM. Findige Taucher kommen daher gelegentlich auf die Idee, Sauerstoffflaschen mit **technischem Sauerstoff** in Heimwerkermärkten zu kaufen. Ist der technische Sauerstoff dem medizinischen in seinem Reinheitsgrad auch mindestens ebenbürtig, so ist dieser Trick leider **nicht zulässig**. Medizinischer Sauerstoff ist in Deutschland ein Medikament und muss in einem dafür zugelassenen Gebinde gelagert werden (er hat sogar, Prinzip ist

Prinzip, ein Verfallsdatum!). Um juristischen Schwierigkeiten zu entgehen, sollte daher darauf geachtet werden.

Bei den Überlegungen zur Auswahl der Flaschengröße kann jeder Taucher auf seine Kenntnisse der Tauchphysik zurückgreifen. Man sollte sich vergegenwärtigen, dass eine **2-Liter-Flasche** 400 Liter Sauerstoff enthält (2 l x 200 bar = 400 barl). Ausgehend von einem durchschnittlichen Atemminutenvolumen des Patienten von 20 l stehen also **für 20 Minuten 100% Sauerstoff** zur Verfügung! Dies ist in Ländern mit einem gut ausgebauten Netz der Notfallversorgung meist ausreichend (aber nur dann, wenn die Rettungsleitstelle auch umgehend benachrichtigt werden kann!), in Ländern mit einer weniger guten notfallmedizinischen Versorgung hingegen ungenügend.

Druckminderer

Handelsübliche Druckminderer für die Notfallmedizin unterteilen sich in solche, die **regelbar**, also einstellbar sind, und solche, die eine feste Einstellung haben. Die Einstellung bezieht sich auf die Sauerstoffabgabe in Litern pro Minute, wobei der Sauerstoff mit der eingestellten Abgaberate kontinuierlich abgegeben wird.

Da es, wie oben bereits erwähnt, in der normalen Notfallmedizin meist nur auf eine Sauerstoffanreicherung der Atemluft ankommt, liefern die üblichen **Druckminderer ohne Einstellmöglichkeit** lediglich 4 - 5 Liter Sauerstoff pro Minute. Solche Geräte sind für die Versorgung von Tauchunfällen **völlig ungeeignet**.

Bei den **regelbaren Druckminderern** liegt der maximale Abgabewert je nach Modell meistens zwischen 12 und 15 Litern pro Minute und kann in der Regel zwischen null und dem Maximum stufenlos eingestellt werden. In der Tauchunfallbehandlung eingesetzte Geräte sollten **mindestens 15 Liter Sauerstoff pro Minute** liefern können, doch sind auch diese Druckminderer **nur sehr bedingt geeignet**. Auch bei Ihnen wird der Sauerstoff nämlich kontinuierlich abgegeben, so dass sehr viel Sauerstoff vergeudet wird. Im Gegensatz dazu ist jedoch die Abgaberate noch recht knapp bemessen, denn bei dem schon oben angenommenen Atemminutenvolumen von 20 Litern sind 15 Liter Abgaberate klar zu wenig, es müsste also Umgebungsluft zugeatmet werden. Der Preis für einen fest eingestellten Druckminderer liegt bei 200,- bis 250,- DM, für die regelbaren Modelle bei 250,- bis 300,- DM.

Findige Geister könnten nun wieder auf die Idee verfallen, **Druckminderer für Sauerstoff aus dem technischen Bereich** zu verwenden, weil hochwertige Geräte schon für unter 100,- DM in Baumärkten zu bekommen sind. Abermals gilt: ist dies auch grundsätzlich möglich, ist es rechtlich leider **nicht zulässig!**

Der Grund für die Vergeudung von Sauerstoff liegt bei den oben beschriebenen Geräten darin, dass die Sauerstoffabgabe unabhängig vom Atemzyklus erfolgt. Also strömt Sauerstoff aus, egal ob der Patient gerade einatmet, ausatmet oder die Luft anhält. Da bei einer normalen Atmung das Verhältnis Einatmung zu Ausatmung 1:2 ist, wird also bei 2/3 der Zeit Sauerstoff sinnlos abgegeben. Da dieser Umstand schon seit längerem bekannt ist, gibt es seit einiger Zeit bedarfsgesteuerte Druckminderer, sogenannte *Demand-Systeme*. Diese funktionieren im Prinzip wie ein Lungenautomat und geben den Gasstrom nur während der Einatmung frei, eine Vergeudung von Sauerstoff kann somit fast völlig vermieden werden. Eine ausführliche Vorstellung der Geräte erfolgt weiter unten.

Atemmasken

Eine in Krankenhäusern und Notfallkoffern weit verbreitete Methode, den Sauerstoff vom Druckminderer zum Patienten zu führen, besteht aus einem an seinem Ende verschlossenen und zu einer Schlinge gelegten Schlauch, in den zwei Öffnungen gebohrt sind, aus denen der Sauerstoff entweichen kann. Die Schlinge wird so über den Kopf des Patienten gelegt, dass sie von den Ohren gehalten wird und die Bohrungen vor der Nase zu liegen kommen. Dieses System heißt **Sauerstoffbrille** und ist für Tauchunfälle **völlig ungeeignet**.

Soll eine höhere Sauerstoffkonzentration in der Einatemluft erreicht werden, werden **Masken** verwendet, **die über einen Schlauch mit dem Druckminderer verbunden sind**. Handelsübliche Masken haben eine ausgesprochen schlechte Paßform und dichten nicht oder fast nicht zum Gesicht ab. Außerdem sind im Maskenkörper Bohrungen angebracht, so daß Umgebungsluft mitgeatmet werden kann. Beides, schlechte Paßform und Bohrungen, sind gewollt und notwendig, da auch diese Masken nur eine Anreicherung der Einatemluft mit Sauerstoff gewährleisten sollen. Sie dürfen nicht völlig abdichten, da es weder ein Reservoir für das Atemgas gibt (der Fluß in den Atemwegen bei Einatmung ist größer als z.B.

die 15 Liter pro Minute Luftlieferleistung des Druckminderers), noch ein Ventil für die Ausatemluft. Bei Dichtigkeit wäre eine Pendelatmung und als Konsequenz eine CO₂-Vergiftung die Folge. Da auch mit dieser Maske die Atmung von hohen Anteilen Sauerstoff im Atemgas nicht gewährleistet ist, ist sie ebenfalls **nicht für Tauchnotfälle geeignet**.

Wesentlich geeigneter hingegen ist eine Weiterentwicklung der oben beschriebenen Maske. Der Maskenkörper ist nahezu identisch, somit auch die Passform. Dort, wo der Sauerstoff in die Maske strömt, ist ein Reservoirbeutel angebracht, der zur Maske hin mit einem Flatterventil versehen ist. Dieses Ventil ermöglicht das Einatmen von Sauerstoff aus dem Beutel, schließt aber die Rückatmung von CO₂ in den Beutel aus. Weitere Flatterventile befinden sich außen an den Bohrungen des Maskenkörpers, so dass hier die Ansaugung von Umgebungsluft verhindert wird, die Abatmung von CO₂ jedoch nicht. Bedingt durch die schlechte Passform kann jedoch am Maskenrand Umgebungsluft angesogen werden. Dadurch wird zwar auch bei dieser Maske nicht 100% Sauerstoff in der Einatemluft erreicht, aber doch vergleichsweise hohe Konzentrationen. Obwohl auch diese Maske noch nicht das optimale Hilfsmittel ist, so ist sie doch für die Erstversorgung bedingt geeignet, z.B. bis bessere Hilfsmittel einsatzbereit sind. Der Kauf einer solchen Maske kann also empfohlen werden. Diese Masken werden z.B. von DAN (Divers Alert Network, siehe unten) angeboten, können aber auch über Notfallausrüster bezogen werden. Der Preis liegt bei ca. 15,- bis 20,- DM.

Beatmungsbeutel

Die Bezeichnung *Beatmungsbeutel* leitet etwas in die Irre, da mit einem solchen Hilfsmittel nicht nur beatmet werden kann, sondern ein Verunfallter auch spontanatmend aus dem Beutel atmen kann. Es werden auf dem Markt eine Vielzahl unterschiedlicher Beutel angeboten, die sich häufig nur im Detail unterscheiden. Achten sollte man jedoch darauf, dass die **Möglichkeit zum Anschluss von Sauerstoff gegeben** ist. Dies ist leider nicht bei allen Modellen der Fall. Doch auch bei solchen Modellen, wo ein Sauerstoffanschluss vorgesehen ist, werden **im Normalbetrieb keine 100% Sauerstoff im Einatemgas** erreicht, selbst dann nicht, wenn am Druckminderer ein hoher Sauerstofffluss eingestellt wird. Das liegt daran, daß alle Beutel über ein relativ groß dimensioniertes Flatterventil zur Beutelfüllung zusätzlich Umgebungsluft ansaugen. Aus diesem Grunde können die Beutel einiger Hersteller mit **Sauerstoffreservoirbeuteln** nachgerüstet werden, die auf das Ansaugventil gesteckt werden können. Wird der Beatmungsbeutel entleert, füllt sich der Reservoirbeutel, die anschließende Füllung des Atembeutels erfolgt aus dem Reservoir. So ausgerüstet sind **annähernd 100% Sauerstoff in der Einatemluft** zu erreichen. Als zusätzliches Zubehör sind dann noch eine Beatmungsmaske und ein Verbindungsschlauch zwischen Druckminderer und Atembeutel nötig.

Auch bei den Beatmungsmasken gibt es die unterschiedlichsten Modelle, aber auch unterschiedliche Größen. Ein Modell, das empfehlenswert ist, weil es sich durch ausgezeichnete Dichtigkeit und niedrigen Preis hervortut, ist die Beatmungsmaske **mit aufblasbarem Dichtrand** der Firma *King Systems Corporation* oder *Intersurgical*. Sie kostet ca. 15,- bis 20,- DM.

Die bekanntesten Vertreiber von Beatmungsbeuteln sind die Firmen *Laerdal* und *Ambu*. Die Beutel beider Hersteller können mit einem als Zubehör lieferbaren Sauerstoffreservoirbeutel nachgerüstet werden und sind somit ausgezeichnet für den Tauchunfall geeignet. Nachteilig ist jedoch ein sehr hoher Preis um 300,- DM ohne Reservoir. Da auch weniger namhafte Hersteller Produkte mit ähnlicher Funktionalität und Nachrüstmöglichkeit zu einem deutlich günstigeren Preis anbieten, lohnt sich der Vergleich. Für den Laien **nicht geeignet** ist die Ausrüstung der Beutel mit Spezialventilen, sogenannten **PEEP-Ventilen**. Der Einsatz solcher Ventile bleibt dem Kundigen vorbehalten, außerdem sind sie sehr teuer.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Beatmungsbeutel für die Behandlung von nicht mehr spontanatmenden Patienten zwingend notwendig sind, aber auch noch atmenden Patienten die Möglichkeit bieten, daraus Sauerstoff in hoher Konzentration zu atmen. In jedem Falle müssen Beatmungsbeutel, die für Tauchunfälle eingesetzt werden sollen, aber mit einem Sauerstoffreservoir ausgerüstet werden. Daher sind auch nur solche Beutel geeignet, die das gewährleisten. Empfohlen sei auch allen möglichen Anwendern eine fachkundige Unterweisung im Umgang mit dem Atembeutel. Ein solcher Kurs könnte z.B. über die Tauchschule bei einer der fünf Rettungsorganisationen (ASB, DLRG, DRK, JUH, MHD) organisiert werden (z.B. integriert in einem Kurs in Erster Hilfe und Herz-Lungen-Wiederlebung).

Zusammenfassung

Aus dem bis zu diesem Punkt vorgestellten Material ließe sich schon ein mäßig geeigneter Tauchernotfallkoffer relativ preiswert zusammenstellen. Eine sinnvolle Kombination wäre z.B. eine 2-Liter-Sauerstoffflasche mit regelbarem Druckminderer, ein Verbindungsschlauch, eine Sauerstoffmaske mit Reservoir, ein Beatmungsbeutel mit Reservoir und eine Beatmungsmaske, alles in z.B. einem Aluminiumkoffer untergebracht. Dieser Koffer wäre geeignet für sicherheitsbewusste Taucher bzw. Tauchlehrer, die mit ein bis zwei Tauchschülern in Gegenden mit guter Notfallversorgung tauchen gehen, denn diese Kombination bietet nur über 20 bis 40 Minuten (je nach Atemminutenvolumen, siehe oben) die Möglichkeit der Gabe von 100% Sauerstoff und auch das nur für einen Verunfallten. Die wesentlich intelligentere Lösung ist sicher die Verwendung von sauerstoffsparenden Systemen, die somit eine gewisse zeitliche und damit auch Sicherheitsreserve bieten. Zu diesem Zweck gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Systeme auf dem Markt, nämlich die Demand-Systeme und ein Sauerstoffkreislaufgerät, die in Teil 2 vorgestellt werden sollen.

*Die erfolgreiche Sauerstoff-Anwendung
bei Tauchunfällen ist natürlich auch TL-Prüfungsinhalt!*

Und wem das zuviel Sauerstoff war: Wir legen noch die "Praxis" 'drauf: