

Hoch und runter von Dr. Claus-Martin Muth

Irgendwann hat es wahrscheinlich jeder schon mal gemacht: Während des eigentlichen Aufstiegs am Riff wird doch noch mal tiefer getaucht, um noch etwas anzuschauen oder ein Foto zu schießen. Der erste Jojo-Tauchgang. Wehgetan hat es nicht, was soll also so schlimm daran sein? Ein solches Tauchprofil, mit Tiefenänderungen nach oben und nach unten, birgt spezifische Risiken und Gefahren, die man unbedingt vermeiden sollte, denn auch der Computer am Handgelenk kann viele Vorgänge im Körper nicht mit einkalkulieren!

Rein schematisch kann ein Tauchgang in drei Phasen eingeteilt werden, nämlich der Kompressionsphase, also der Phase der Druckzunahme beim Abtauchen, der Isopressionsphase, bei der der Druck mehr oder minder gleichbleibend ist, und der Dekompressionsphase beim Auftauchen, bei der der Druck abnimmt. Diese Einteilung stammt noch aus den Zeiten der frühen Berufstaucher, die streng ein sogenanntes Rechteckprofil tauchten (wie sie es im übrigen auch heute noch vielfach tun). Für ein solches Profil stimmt die Phaseneinteilung ganz exakt.

Während der Kompression und der Isopression nimmt der Körper vermehrt Stickstoff auf und speichert ihn in den Körpergeweben. Da nicht jedes Gewebe gleich stark durchblutet ist und es auch Unterschiede in der Stickstofflöslichkeit gibt, sättigen sich die Gewebe nicht gleichmäßig auf, sondern während ein Gewebe vielleicht schon komplett gesättigt ist, kann ein anderes noch erhebliche Mengen Stickstoff aufnehmen. Nimmt dann während der Dekompression der Umgebungsdruck ab, wird der vermehrt aufgenommene Stickstoff wieder freigesetzt. Auch bei der Entsättigung gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Geweben.

Bei den Tauch- und Dekompressionstabellen wird insgesamt von einem Rechtecktauchgang ausgegangen, wobei den Tauchern empfohlen wird, die Grundzeit nicht völlig auszureizen. Auch moderne Rechner gehen noch immer von Rechtecktauchgängen aus, nur mit dem Unterschied, dass ein Tauchgang in eine Vielzahl quasi "kleiner" Rechtecktauchgänge unterteilt wird. Dies macht es zwar einerseits möglich, dass auch Multi-Level-Tauchgänge berechnet werden können, ändert aber andererseits nichts an den zugrundeliegenden Problemen der Jojo-Tauchprofile. Doch wo liegen diese Probleme?

Blasentanz

Bei jeder Druckzunahme kommt es also zu einer Aufsättigung des Körpers mit Stickstoff, bei jeder Druckabnahme zu einer zumindest teilweisen Entsättigung. Das weiß jedes "Taucher-Kind". Da die Auf- und Entsättigungen aber nicht völlig gleichförmig verlaufen, ist das tatsächliche Geschehen im Körper nach ein paar Mal "Hin und Her" kaum noch vorherzusagen. Das hat zur Folge, dass die mathematische Berechnung des Geschehens zum Albtraum und somit das Rechenergebnis trotz funktionsfähigen Rechners zunehmend ungenau wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein dekompensionsbedingtes Problem entstehen kann, steigt also an.

Und es kommt noch schlimmer: Wie inzwischen bekannt, ist es auch bei normaler, unauffälliger Dekompression nicht ungewöhnlich, wenn als Folge der Entsättigung kleine Gasbläschen im Blut entstehen. Diese gelten, wenn eine bestimmte kritische Größe und Anzahl nicht überschritten wird, als ungefährlich. Sind diese Gasbläschen aber einmal vorhanden, werden sie bei einem erneuten Ab- oder deutlichem Tiefertauchen zum

größten Teil mechanisch kleiner gedrückt (Gesetz von Boyle und Mariotte). Während also nur ein Teil wieder in Lösung geht, bleiben viele Gasbläschen verkleinert im Blut vorhanden. Wird der Umgebungsdruck nun wieder reduziert, wie es beim Auftauchen der Fall ist, so wachsen auch diese Gasbläschen wieder an. Da aber wegen der erneuten Aufsättigung durchs Tiefertauchen weiteres Gas freigesetzt wird und sich dieses deutlich leichter zu Blasen sammeln kann, wenn schon Blasen vorhanden sind, kommt es zu einem verstärkten Wachsen der Gasbläschen. Wie gesagt: Bis zu einer gewissen kritischen Menge und Größe werden Gasbläschen im Körper wahrscheinlich symptomlos vertragen, doch mit jedem "Rauf-Runter-Rauf" nähert sich jeder Taucher dieser Grenze an.

Weißer Flecken

Der Hinweis, dass eine gewisse Menge an Gasblasen symptomlos vertragen wird, gilt im übrigen nur für Bläschen im venösen System. Im Gegensatz dazu können schon geringste Mengen an Gasblasen in den Arterien Schäden herbeiführen. Diese Schäden können unmittelbar auffällig werden und massive Beschwerden zum Beispiel in Form von Nervenlähmungen hervorrufen. Die Veränderungen können aber auch sehr diskret sein und zunächst unbemerkt verlaufen. So wird derzeit vermutet, daß jene weißen Flecken im Gehirn, die mit speziellen Untersuchungsverfahren bei einigen Tauchern gefunden wurden, die Auswirkungen von kleinsten Bläschen im arteriellen System sein könnten. Und auch hier spielt das Tauchverhalten eine wesentliche Rolle. Normalerweise verhindert die Lunge, genauer gesagt die Lungenkapillaren, sehr wirkungsvoll den Übertritt von Gasbläschen in das arterielle System. Werden jedoch vorhandene Gasbläschen, wie oben geschildert, durch erneutes Tiefertauchen verkleinert, ist ein Übertritt der verkleinerten Gasblasen denkbar. Und selbst wenn die Lunge nicht der "nachlässige Pförtner" ist, so kommt auch das Foramen ovale, jenes bekannte Loch in der Scheidewand zwischen dem rechten und dem linken Herzvorhof (das bei etwa jedem dritten zu finden ist), als Übeltäter in Frage. Ein prinzipiell vorhandenes, im Normalfall aber verschlossenes Foramen ovale kann sich beim Tauchen öffnen, wenn der Druckausgleich zum Mittelohr durchgeführt wird. Ist dies bei Beginn des Tauchgangs auch ohne Belang, so erhält es eine ganz andere Qualität, wenn wegen vorangegangener Aufsättigung und teilweiser Entsättigung Gasbläschen im Körper vorhanden sind. Diese könnten nämlich beim erneuten Abtauchen und während des Druckausgleichs in die linke Herzhälfte gespült werden.

Kein Zick-zack!

Es ist also nach wie vor sinnvoll, die größte Tiefe eines Tauchgangs ziemlich zu Beginn aufzusuchen, um danach eher stetig flacher zu werden. Und in dieser Phase sollte man allen Verlockungen widerstehen, erneut deutlich tiefer zu tauchen. Auch wenn der Computer fleißig alle Änderungen einrechnet, alles kann er nicht mit einkalkulieren.