

Kreislaufversagen beim Auftauchen - Die unbekannte Gefahr

von Dr. med. Claus-Martin Muth

Tödliche Unfälle beim Tauchen sind seltene Ereignisse. Kommt es zu einem solchen Unfall, wird in ca. 80% der Fälle Tod durch Ertrinken festgestellt. Ertrinken ist häufig die Folge mehrerer ungünstiger Faktoren, die sich gegenseitig potenzieren können, wie Panik, Ermüdung, Selbstüberschätzung, Geräteversagen und anderes mehr. Erstaunlicherweise werden tödlich verunglückte Taucher in der Regel mit intakter und vollständiger Ausrüstung gefunden, d.h. es wurde weder versucht, den Bleigürtel abzuwerfen, noch das Auftriebsmittel aufzublasen. In einem großen Teil der Fälle kommt es in der Auftauchphase zu dem fatalen Ereignis, häufig im Bereich um 10 m oder flacheren Tiefen. Letztlich bleibt die Ursache für das Ertrinken meistens ungeklärt.

Häufig ist Ertrinken mit einer vorausgehenden Panik vergesellschaftet. Bei einer Panik während des Aufstiegs sind viele Taucher bestrebt, die Luft anzuhalten, anstatt sie, wie es gelehrt wird, auszuatmen. Dadurch kann es zu einer Lungenüberblähung kommen, die dann zu einem Pneumothorax, einer arteriellen Gasembolie oder beidem führen kann. Tatsächlich liegt einem Teil der tödlichen Tauchunfälle eine solche Überblähung zu Grunde. Da jedoch in dem überwiegenden Teil der tödlichen Tauchunfälle keine organischen Ursachen oder Verletzungen gefunden werden, muß es noch weitere Mechanismen geben, die zum Ertrinkungstod führen.

Frühjahr 1968, ein See in Süddeutschland. Bei einem gemeinsamen Tauchgang eines einheimischen Tauchers und eines Gastes kommt es zu einem tödlichen Tauchunfall. Der überlebende Taucher berichtet später den Ermittlungsbehörden von einem normalen Tauchgang bis auf ca. 22 m Tiefe, bei allerdings schlechter Sicht. Nach einer Grundzeit von ca. 30 Minuten beginnen die Taucher den gemeinsamen Aufstieg. Ab einer Wassertiefe von ca. 5 bis 6 m verliert der Überlebende den Sichtkontakt zu seinem Tauchpartner. Er taucht auf, weil er erwartet, seinen Tauchkameraden an der Wasseroberfläche zu sehen. Als dies nach angemessener Zeit nicht geschieht, sucht er beunruhigt unter der Wasseroberfläche, ohne den Partner zu finden. Nach einiger Zeit bricht er die Suche ergebnislos ab und ruft Hilfe herbei. Zwei Tage später wird der verunglückte Taucher auf dem Grund des Sees gefunden. Ein technischer Defekt an der Ausrüstung kann nicht gefunden werden, der Gerichtsmediziner stellt den Tod durch Ertrinken fest.

Sommer 1981, Great Barrier Reef, Australien. Zwei australische Taucher tauchen gemeinsam mit anderen vom Boot aus an einem vorgelagerten Riff, trennen sich

aber unter Wasser von den restlichen Tauchern. Auch hier kommt es zu einem tödlichen Tauchunfall, Das Unfallprotokoll berichtet später von einem unauffälligen Tauchgang bis auf max. 18 m und guter Sicht mit nur geringer Strömung. Beim gemeinsam begonnenen Aufstieg konzentriert sich der überlebende Taucher darauf, den Kiel des Tauchbootes an der Wasseroberfläche zu sehen. Dabei werden die beiden Taucher getrennt. Als der Überlebende Taucher einige Zeit allein an der Oberfläche bleibt, alarmiert er das in einiger Entfernung treibende Tauchboot. Sofort nach Erreichen der Unglücksstelle beginnt eine Suchaktion, die nach ca. 30 min. mit dem Fund des verunglückten Tauchers endet, der nur noch tot geborgen werden kann. Wiederbelebungsversuche bleiben erfolglos. Auch kann ein technischer Defekt mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden, die medizinische Untersuchung ergibt gebrochene Rippen, wohl als Folge der Wiederbelebungsversuche, und Tod durch Ertrinken.

Februar 1990. Köln-Porz, Druckkammeranlage der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Abt. Unterwassermedizin (DLR). Wissenschaftler des Instituts für klin. Anästhesiologie der Universität Düsseldorf und der DLR bereiten ein Experiment vor, welches mehr Klarheit über die Auswirkungen der Mikrobläschen im Blut bringen soll. Zu diesem Zweck werden einem Freiwilligen verschiedene Katheter in verschiedene große Gefäße, die zum Herzen hin und vom Herzen weg führen (u.a. in eine Arterie), gelegt. Da es sich um Selbstversuche handelt, ist der Proband einer der Wissenschaftler aus dem Team, jedoch der einzige Nichttaucher. Während des Versuches wird der Proband sowohl durch Ärzte in der Kammer, als auch außerhalb kontinuierlich überwacht, außerdem wird permanent ein EKG geschrieben und es wird der arterielle Blutdruck, sowie die Drücke in den großen Venen und der Lungenarterie über die Katheter gemessen und mitgeschrieben.

Der Versuch verläuft ohne Zwischenfälle, bis beim Auftauchen von 6 auf 3 Metern plötzlich die Überwachungsmonitore Alarm auslösen und die Ärzte in der Kammer feststellen, daß der Proband deutlich bewußtseinseingetrübt ist, die Meßgeräte außerhalb der Kammer zeigen einen massiven Blutdruckabfall. Das Auftauchen wird sofort unterbrochen. Nach kurzer Zeit ist der Proband bewußtseinsklar, aber noch benommen. Auf Befragen gesteht er, daß er "einfach so" mal kurz die Luft angehalten habe. Nach kurzer Untersuchung und wieder stabilem Kreislauf wird weiter aufgetaucht. Eine sofort anschließende Röntgenuntersuchung und ein Computertomogramm geben keinen Hinweis auf krankhafte Veränderungen oder gar Lungenriß.

Was haben diese Fälle miteinander zu tun?

Auf den ersten Blick scheinbar nicht viel. Schlechte Sichtverhältnisse, klares Wasser, Druckkammer..., die Umgebungsbedingungen sind zu verschieden, um im Zusammenhang zu stehen! Oder doch nicht?

In allen drei Fällen kam es beim Auftauchen zu dem Ereignis, in keinem der Fälle

konnte eine technische oder organische Ursache gefunden werden. Der Schlüssel zum Verständnis zumindest einiger der oben angeführten ungeklärten Ertrinkungsfälle liegt in dem beschriebenen wissenschaftlichen Versuch. Doch um die Zusammenhänge zu verstehen, ist zuerst ein kleiner Ausflug in die Anatomie und die Physiologie des Kreislaufs notwendig:

Alle in diesem Zusammenhang wichtigen Organe liegen im knöchernen Brustkorb. Dieser Raum wird seitlich jeweils von den Rippen, vorn vom Brustbein und hinten von der Wirbelsäule umgeben. Durch seine Bauart bietet er den Brustorganen zwar guten Schutz, ist in seiner Beweglichkeit aber sehr begrenzt. Zu den Brustorganen gehören die rechte und linke Lunge, das zwischen den Lungen liegende Herz und die großen Gefäße, die zum Herzen hin und vom Herzen weg führen. Das Herz ist der Motor des Kreislaufs, eine Pumpe, die unermüdlich Blut über die Hauptschlagader in die Arterien des Körpers pumpt. Es besteht wiederum eigentlich aus zwei Herzen, dem rechten und dem linken, die ihrerseits jeweils aus einer Vorkammer und einer Herzhauptkammer bestehen. Rechtes und linkes Herz sind funktionell hintereinander geschaltet. Das heißt, das rechte Herz pumpt dem linken das Blut zu. Dies geschieht folgendermaßen: das linke Herz pumpt sauerstoffreiches Blut durch die Arterien zu allen Organen des Körpers. Hier wird der Sauerstoff dem Blut entnommen und Kohlendioxid als Abfallprodukt ans Blut abgegeben. Dieses Blut fließt nun über Venen zurück zum Herzen. Die einzelnen Venen vereinigen sich auf ihrem Weg zu immer größeren Venen, bis sie in die großen Hohlvenen münden (die Venen der unteren Körperhälfte in die untere Hohlvene, die der oberen in die obere Hohlvene). Durch diese beiden großen Gefäße fließt alles Blut zurück zum rechten Herzen. Dieses pumpt das Blut durch die Gefäße der Lunge, wo das Kohlendioxid abgegeben und Sauerstoff aufgenommen wird, und weiter zum linken Herzen. Der Kreislauf ist geschlossen.

Nach dieser kurzen Zusammenfassung ist klar, daß das linke Herz nur dann Blut zu den Organen pumpen kann, wenn es das Blut vom rechten Herzen bekommt. Das rechte Herz kann aber nur Blut weitergeben, wenn es selbst welches bekommt. Die zuführenden Leitungen, die Hohlvenen, sind dünnwandig (im Gegensatz zu den Arterien, die eine starke Muskelwand haben) und leicht zusammen zu drücken.

Was hat das alles mit den beschriebenen Unfällen zu tun?

Nun, der Proband des wissenschaftlichen Versuches hatte beim Auftauchen die Luft angehalten. Durch Abnahme des Umgebungsdruckes kommt es bei angehaltenem Atem zu einer Ausdehnung der Luft in der Lunge. Dies kann einerseits zu einer Überblähung der Lunge und daraus folgend zu einem Lungenriß führen, was im vorliegenden Fall mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte. Andererseits kommt es zu einer Druckerhöhung im Brustkorb, da der knöcherne Brustkorb durch seine begrenzte Beweglichkeit nicht im gleichen Maße der Ausdehnung der Lunge folgen kann. Dadurch drückt die geblähte Lunge so stark auf die Hohlvenen und den rechten Vorhof, daß das venöse Blut aus dem Körper nur stark vermindert, bzw. nicht mehr zum Herzen zurück fließen kann. Die

Konsequenz ist, daß dem rechten Herzen kein Pumpvolumen zur Verfügung steht, und somit auch das linke Herz kein Blut mehr zum Auswerfen hat. Das Herz schlägt also leer. Dies hat zur Folge, daß der arterielle Blutdruck zusammenbricht. Die damit verbundene Minderversorgung des Gehirns führt zur Benommenheit bis hin zur Bewußtlosigkeit des Tauchers.

Bei Sporttauchern, die ohne Vollgesichtsmaske tauchen, fällt bei Bewußtlosigkeit unter Wasser in der Regel der Atemregler aus dem Mund. Da Bewußtlosigkeit jedoch nicht gleichzeitig Atemstillstand bedeutet, kommt es zum Einatmen von Wasser und somit zum Tod durch Ertrinken.

Die Lungen haben allerdings auch eine gewisse Pufferkapazität. Je nach Füllungszustand nehmen sie nicht den ganzen ihnen zur Verfügung stehenden Raum ein. In gewissen Grenzen kommt daher eine leichte Blähung durch Volumenzunahme einem tieferen Einatmen gleich. Daher kann es bei geringen Druckschwankungen nur bei stärker gefüllter Lunge, also nach tiefer Einatmung, zu diesem Kreislaufversagen kommen.

Beobachtungen bei Tauchern zeigen allerdings, daß sich bei den meisten Tauchern mit dem Abtauchen die Atmung umstellt. Während an der Oberfläche der ausgeatmete Zustand der Normalzustand ist, d.h., daß sich einer Einatmung unmittelbar die Ausatmung und eine folgende Pause anschließt, so ist unter Wasser umgekehrt der eingeatmete Zustand die Norm, d.h. nach einer Ausatmung folgt unmittelbar eine tiefe Einatmung und Luftanhalten. Auch sind die einzelnen Atemzüge deutlich tiefer, als an der Wasseroberfläche. Beides ist um so ausgeprägter, je weniger geübt die Taucher sind. Besonders bei unerfahreneren Tauchern ist zu beobachten, daß diese beim Aufstieg, aus Angst durchzuschießen, zu wenig Luft in ihr Jacket geben und den nötigen Auftrieb mit Hilfe der Flossen erzeugen. Dabei kommt es häufig zu einer Art Pressatmung, die wiederum zu einer Verstärkung des oben beschriebenen Effektes führt. Auch erfahrenere Taucher sind gefährdet, wenn diese versuchen, schwerere Gegenstände zu bergen. Ebenso besteht eine Gefährdung dann, wenn Jacket oder Weste nur unzureichend für die Tarierung genutzt werden und deshalb ein Großteil der Tarierung über die Lunge stattfindet. Schließlich ist bekannt, daß Taucher in Panik das Ausatmen schlicht vergessen, bzw. es aus Angst vor Luftmangel unterlassen.

Obwohl es in dem beschriebenen Fall zu keinem kompletten Bewußtseinsverlust kam, kann dieser Mechanismus des verminderten venösen Rückstroms durch Atemanhalten beim Auftauchen einen Teil jener tödlichen Tauchunfälle erklären, bei denen sich keinerlei Anzeichen für eine Überblähung der Lunge finden, insbesondere nach Panikaufstiegen. Hält ein Taucher über längere Zeit während eines raschen Aufstiegs die Luft an, wird der Druckanstieg im Brustkorb noch erheblich ausgeprägter sein, so daß mit einer stärkeren Verminderung des vom Herzen gepumpten Volumens und, in der Folge, mit einer Bewußtlosigkeit gerechnet werden muß.

Da dieser Unfallmechanismus bisher nicht hinreichend bekannt war, muß er uns Tauchern bewußt werden. Nur Gefahren, die bekannt sind, kann man meiden. In der theoretischen Ausbildung muß daher der schon lange bekannte Grundsatz, niemals während eines Aufstieges die Luft anzuhalten, besondere Betonung finden, da, wie sich gezeigt hat, schon geringe Druckdifferenzen zu einem dramatischen Ereignis führen können.

In der praktischen Ausbildung sollte allen Tauchern und vor allem Tauchausbildern bewußt werden, daß ein Tauchgang stets erst an der Wasseroberfläche endet, d.h. daß bis zum Erreichen der Wasseroberfläche auf den Tauchpartner geachtet werden muß. Gerade der Bereich von 10 Metern bis zur Wasseroberfläche ist wegen der relativ stärksten Druckveränderung der sensibelste Bereich, besonders auch für das Auftreten des beschriebenen Kreislaufversagens.

Beim Erlernen des Umgangs mit dem Tariermittel muß betont darauf geachtet werden, daß die Lunge tatsächlich nur zur **Feintarierung** genutzt wird. keinesfalls darf die Haupttarierarbeit durch die Lunge stattfinden, weil sich der Taucher so fast permanent im voll eingeatmeten Zustand befindet.

Bei Aufstiegen sollte jeder Taucher selbst darauf achten, ob es zu verstärktem Einsatz der Flossen kommt, da dies ein deutlicher Hinweis für ein nicht ausreichend gefülltes Tariermittel ist. Häufig geht verstärkter Flosseneinsatz mit Pressatmung einher, welche beim Aufstieg unbedingt vermieden werden soll, da sie alleine schon eine Kreislaufbelastung darstellt. Hier ist jedoch zu betonen, daß nicht die Preßatmung als solche die eigentliche Gefahr darstellt, sondern eben der beschriebene Mechanismus des Kreislaufversagens. Dieser wird allerdings durch die Preßatmung massiv verstärkt.

Wie bereits erwähnt, kann es auch bei erfahrenen Tauchern beim Bergen schwerer Gegenstände zu einer Pressatmung mit Atem anhalten während des Aufstiegs kommen. Kein Taucher sollte versuchen, die Auftriebskraft seiner Lunge auszunutzen, wenn die vorhandenen Auftriebsmittel für eine Bergung nicht ausreichen, sondern im Zweifel den zu bergenden Gegenstand mit einer Boje o.ä. markieren und mit zusätzlichem Hebegerät einen erneuten Bergungsversuch unternehmen.

Wie so häufig, und gerade besonders auch beim Tauchen, haben kleine Ursachen eine große, vielleicht fatale Wirkung. Doch die Kenntnis des Geschehens und das Verstehen der Zusammenhänge kann uns Tauchern dabei helfen, unseren Sport ohne Komplikationen und gesundheitliche Schäden auszuüben.