



See-Tauchunfälle – eine retrospektive Studie eines Level-1-Notfallzentrums der Schweiz

Diving Accidents in Lakes – a Retrospective Study of a Level-1 Emergency Centre in Switzerland

Christian T. Braun^{1,2}, Patricia Kollow¹, German Kollow², Jolanta Klukowska-Rötzler¹, Olaf Schedler², Beat Lehmann¹ und Aristomenis K. Exadaktylos¹

¹Universitäres Notfallzentrum, Inselspital, Universitätsspital Bern

²Zentrale Notaufnahme, Helios Klinikum Bad Saarow, Bad Saarow, Deutschland

Zusammenfassung: Die Schweiz ist ein Land in der Mitte Europas ohne Anbindung an ein offenes Meer. Man vermutet hierzulande keine nennenswerte Anzahl von Tauchunfällen, jedoch zeigt diese Studie eine grosse Zahl von Tauchunfällen und versucht, die Hauptunfallgefahren zu erforschen. Die Patientendaten wurden von 2001 bis 2016 in der elektronischen Datenbank des Universitären Notfallzentrums des Inselspitals Bern gesammelt und retrospektiv ausgewertet. Das Barotrauma des Ohrs (69,0 %), Dekompressionsunfälle (20,7 %) sowie Herz-Kreislauf-Komplikationen (13,8 %) traten beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz vergleichsweise häufig auf, Otitiden hingegen hatten einen nur sehr geringen Anteil (3,5 %). Das Risiko von Tauchunfällen wird deutlich unterschätzt. Als Präventionsmassnahmen sollten in der Tauchausbildung das vertikale Tauchprofil mit höheren Tauchtiefen in der Schweiz und die Gefahren durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit steigendem Alter stärker betont werden.

Schlüsselwörter: Tauchunfälle, Schweiz, Altersverteilung, Barotrauma, Dekompressionsunfälle, Herz-Kreislauf-Komplikationen

Abstract: Switzerland is a country in the middle of Europe without access to an open sea. Here one does not assume a noteworthy number of diving accidents. However, this study shows a large number and attempts to explore the main risks of diving accidents. The data from 2001 to 2016 of patients had been collected and retrospectively evaluated using the electronic database of the emergency center of the university hospital in Bern, Switzerland. Barotrauma of the ear (69.0 %), decompression accidents (20.7 %) as well as cardiovascular complications (13.8 %) appeared quite frequently during scuba diving in Switzerland. In contrast, otitis occurred only at a very low percentage (3.5 %). The risk of diving accidents is clearly underestimated. Preventative measures should include more emphasis on the vertical diving profile with increasing diving depths and on the hazards of cardiovascular diseases with increasing age.

Keywords: Diving accidents, Switzerland, age distribution, barotrauma, decompression accidents, cardiovascular complications

Résumé: La Suisse est un pays qui se trouve au milieu de l'Europe sans relation directe avec la mer. On ne supposerait pas y trouver un si grand nombre d'accidents de plongée. Cependant, cette recherche a mis en évidence un grand nombre d'accidents et montre les causes principales de danger. Les données des patients ont été collectées dans le fichier électronique des urgences de l'Hôpital universitaire de l'île à Berne pour être analysées rétrospectivement. Le barotrauma de l'oreille (69,0 %), l'accident de décompression (20,7 %) de même que des maladies du cœur et de la circulation (13,8 %) se présentent souvent pendant la plongée en Suisse. Au contraire les otites apparaissent plus rarement (3,5 %). Le risque des accidents de la plongée est fortement sous-estimé. La mesure de prévention à prendre est d'accentuer l'enseignement de la plongée plus profonde et du risque des maladies cardiovasculaires associé à un âge avancé.

Mots-clés: Accidents de plongée, Suisse, distribution d'âge, barotrauma de l'oreille, accident de décompression, maladie du cœur et de la circulation

Exkurs Tauchkomplikationen allgemein

Die Gefahren beim Tauchen sind vielfältig, aber vor allem durch den erhöhten Umgebungsdruck unter Wasser bedingt. So kommt es häufig zu Barotraumen der Ohren, der Sinus und der Lunge bei fehlendem Druckausgleich beim Ab- und Auftauchen. Durch zu schnelles Auftauchen oder ungenügendes Einhalten von Dekompressionsstopps geht der durch den hohen Umgebungsdruck zuvor physikalisch gelöste Stickstoff zu schnell und in zu grossen Mengen in den gasförmigen Zustand über. Dadurch können sich relevant grosse Stickstoff-Gasbläschen bilden, die zu einer Dekompressionskrankheit oder auch zu arteriellen Gasembolien (AGE) führen können [4, 10, 11]. Die Dekompressionskrankheit (DCS) lässt sich in einen Typ I (DCS I) mit Hautsymptomen und Schmerzen am Bewegungsapparat und in einen Typ II (DCS II) mit Barotrauma an ZNS, Ohr, Lunge und Herz-Kreislauf unterteilen. Eine weitere Gefahr stellt die häufig unterschätzte Dehydrierung dar. Aufgrund der trockenen Luft des Atemgasgemischs, der erhöhten Diurese, bedingt durch vermehrte Ausscheidung von atrialem natriuretischem Peptid (ANP) bei erhöhtem intrathorakalem Blutvolumen (ITBV), durch körperliche Arbeit oder Alkoholkonsum wie auch durch altersbedingte Vorerkrankungen wie Hypertonus oder Herzinsuffizienz und diverse Medikamente kommt es zu einer Dehydrierung, die das Risiko für eine Gasbläschenbildung und konsekutiv eine Dekompressionskrankheit oder arterielle Gasembolie im Vergleich zu einer normal hydrierten Person um das Sechsfache erhöht [4, 10, 11]. Studien zeigen zudem, dass Taucher älter als 45 Jahre einer erhöhten Gefahr von Herz-Kreislauf-Komplikationen wie Hypovolämie und Lungenödem, insbesondere bei Hypertonus, Herzinsuffizienz und Einnahme von dehydrierenden antihypertensiven Medikamenten, unterliegen [4]. Denn schon das Eintauchen in Wasser bis zum Hals führt zu einem deutlich erhöhtem ITBV und somit zu einer erhöhten Volumenbelastung des Herzens [4, 12–14].

Hintergrund und Fragestellung

Sporttauchen in der Schweiz

Die Schweiz ist in erster Linie bekannt für Wintersport; jedoch ist das Land auch von einem Wasserreichtum geprägt, der sich in vielen Flüssen und in über 1500 Seen widerspiegelt. Ein grosser Teil davon sind Alpenseen und besonders beliebte und berühmte Tauchreviere, wie beispielsweise der Thunersee.

Sporttauchen in der Schweiz erfreut sich in der jüngeren wie auch älteren Generation seit einigen Jahren einer zunehmenden Beliebtheit [1, 2]. In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass nicht allein die Zahl der Taucher steigt, sondern auch das Durchschnittsalter, der Frauenanteil und die Tage, an denen getaucht wird [1, 2]. Schätzungen des Schweizer Unterwasser-Sport-Verbands SUSV gehen davon aus, dass rund 250 000 Schweizer ein Tauch-Brevet besitzen, davon gehen circa 50 000 Taucher mindestens 10 Mal pro Jahr und etwa 25 000 Taucher einmal pro Woche, auch im Winter, tauchen [3].

Die vorliegende retrospektive Studie untersucht die Art und Häufigkeit von Tauchunfällen in der Schweiz, differenziert nach Unfallart, Alter und Geschlecht, die in einer universitären Notaufnahme über einen Zeitraum von zehn Jahren behandelt wurden.

Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Das universitäre Notfallzentrum des Inselspitals Bern hat ein Einzugsgebiet von ca. 1,8 Millionen Einwohnern und behandelte jährlich zuletzt rund 46 000 Patienten ab 16 Jahren. Von 2006 bis 2016 wurden die Patientendaten im

universitären Notfallzentrum des Inselspitals in einer elektronischen Datenbank (ECARE/Qualicare) gesammelt und retrospektiv ausgewertet. Die Datenbank wurde mit den Schlüsselwörtern «Tauchen», «Tauch-» und «-taucht» durchsucht und anschliessend manuell auf Treffgenauigkeit untersucht.

Insgesamt wurden 95 Datensätze identifiziert. Nach Sichtung der Datensätze wurden zwei verschiedene Patientenkollektive identifiziert, die hinsichtlich verschiedener Kriterien analysiert wurden.

Die Einschlusskriterien des ersten Patientenkollektivs erfüllten Patienten über 18 Jahre, die einen Tauchunfall beim SCUBA-Tauchen ausschliesslich in der Schweiz aufwiesen (Einschlusskriterien: >18 Jahre, Barotrauma, DCS I, DCS II, Herz-Kreislauf-Komplikationen, Otitis, Schweiz) (Abb. 2). Insgesamt konnten so 29 Patienten in dieses Patientenkollektiv eingeschlossen werden. Die anderen Patienten erfüllten diesbezüglich nicht die Einschlusskriterien. 16 Patienten, die im Inselspital Bern behandelt wurden, erlitten ihren SCUBA-Tauchunfall ausserhalb der Schweiz, bei 20 Datensätzen ereigneten sich die Unfälle beim Tauchen in Seen, Flüssen oder Schwimmbädern mit

Im Artikel verwendete Abkürzungen:

AGE	Arterielle Gasembolie
ANP	Atriales natriuretisches Peptid
DCI	Decompression Illness, DCI, teilt sich auf in AGE und DCS
DCS	Decompression Sickness
DCS I	Hautsymptome, Schmerzen am Bewegungsapparat
DCS II	Barotrauma am ZNS, Innenohr, Lungen und Herz-Kreislauf, Typ I unter Druck
ITBV	Intrathorakales Blutvolumen
N	Stickstoff
O	Sauerstoff
OWD	Open Water Diver
SCUBA	Self-Contained Underwater Breathing Apparatus
SIPE	Swimming-Induced Pulmonary Edema
SUSV	Schweizer Unterwasser-Sport-Verband
ZNS	Zentrales Nervensystem

Exkurs SCUBA-Tauchen und physiologische Besonderheiten des Bergsee-Tauchens

Das Atemgasgemisch beim SCUBA-Tauchen besteht aus Umgebungsluft (20 % O₂, 79 % N₂ und 1 % Edelgase), die auf 200–300 bar in der Atemgasflasche komprimiert werden [4]. Beim Tauchen sind zwei Gasdruckminderer hintereinander an die Flasche angeschlossen, die den Druck stufenweise am Mundstück auf den Umgebungsdruck beim Tauchen reduzieren. Der Tauchgang wird anhand von standardisierten Tauchtabellen geplant und durchgeführt [4, 5]. Diese Tabellen geben die Zeit an, die der Taucher auf einer bestimmten Tiefe verbringen darf, ohne beim Auftauchen Dekompressions-Stopps einplanen zu müssen. Zum Beispiel erlaubt die Auftauchtafel nach PADI maximal 7 Minuten Tauchzeit auf 42 m Tiefe; Tiefen über 48 m benötigen immer Dekompressions-Stopps. Beim Überschreiten dieser Zeit sind ein bis mehrere Dekompressions-Stopps in unterschiedlichen Tiefen und mit unterschiedlicher Verweildauer notwendig, um eine Stickstoff-Entsättigung des Körpergewebes zu erreichen. Die Stickstoff-Entsättigung läuft auch nach Beendigung des Tauchganges weiter, sodass Oberflächenpausen vor dem nächsten Tauchgang eingehalten werden müssen. Die fortwährende Entsättigung nach dem Tauchgang ist auch für die Empfehlung verantwortlich, nach einem Tauchgang ein 24-h-Intervall bis zum nächsten Flug einzuhalten, da der Kabinendruck in Verkehrsflugzeugen niedriger (0,6–0,9 bar) als der normale Atmosphärendruck (1,0 bar auf Meereshöhe) ist [4, 5]. Es kann bei Nichteinhaltung dieser Empfehlung zum Ausperlen von Stickstoff im noch nicht entsättigten Gewebe und zu einer Dekompressionskrankheit (DCS I) kommen [4].

Ein als Tiefenrausch (Stickstoff-Narkose) bekanntes Phänomen kann individuell abhängig ab einer Tiefe von 30 m (entsprechend einem Partialdruck des Stickstoffs von 3,2 bar im Atemgasgemisch) auftreten. Die Symptome beginnen mit einem reduzierten Reaktionsvermögen. Es treten Halluzinationen auf, es kommt zu Selbstüberschätzung und Orientierungslosigkeit, und ab einer Tiefe von über 90 m tritt Bewusstlosigkeit auf. Deswegen werden von manchen Tauchern sogenannte Nitrox-Atemgasgemische («Nitrox 32» = 32 % O₂ und 68 % N₂) mit reduziertem Stickstoffgehalt verwendet, um die Tauchzeiten zu verlängern, allerdings auf Kosten eines höheren Sauerstoff-Partialdruckes [4]. Dies kann zu einer Sauerstoff-Intoxikation führen, die schlagartig auftritt. Ab einem Sauerstoff-Partialdruck (pO₂) von etwa 1,6 bar, der in 70 m Tiefe herrscht, kann es zu Schwindel, Erbrechen, Parästhesien und generalisierten Krampfanfällen kommen. Dieser Partialdruck wird aber beim Nitrox-Tauchen (z.B. «Nitrox 32») schon ab einer Tiefe von 40 m erreicht [4].



Abbildung 1. Thunersee, Kanton Bern (Quelle: Wikipedia) (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47302>).

Die Besonderheit beim Bergsee-Tauchen liegt in dem reduzierten Umgebungs-Luftdruck. In einer Höhe von 2000 m über Normalhöhennull (NN) herrscht ein Umgebungsdruck von 0,8 bar. Dadurch kommt es schon in einer Tiefe von 32 m zu einer Erhöhung des Umgebungsdruckes um den Faktor 4; dieser Faktor wird beim Tauchen in Meereshöhe erst ab einer Tiefe von 40 m erreicht. Folglich müssen bei Tauchgängen in Bergseen Dekompressions-Stopps häufiger und zeitlich länger durchgeführt werden, um eine Dekompressionskrankheit zu vermeiden [4, 6].

Die Gefahren beim SCUBA-Tauchen in den Schweizer Bergseen bestehen daher im Allgemeinen aus dem grösseren Druck, der auf den Taucher einwirkt; Tauchen in Süsswasser- und Bergseen ist wenig vergleichbar mit den Verhältnissen im Meer. Häufig zeichnen sich die Verhältnisse im Meer durch höhere Temperaturen und geringere Tiefen aus [7, 8]. Beim Tauchen in Seen ist die Sicht deutlich geringer, die Temperaturen sind niedriger, und es werden durch ein eher vertikales Tauchprofil häufig grössere Tiefen erreicht, da sich das Bergprofil unter Wasser fortsetzt [3, 9] (Abb. 1).

einer maximalen Tiefe von fünf Metern ohne SCUBA, 23 Datensätze wiesen keinen Zusammenhang zum Tauchen auf, in sechs Datensätzen waren die Patienten jünger als 18 Jahre und wurden somit ausgeschlossen, ein Datensatz war doppelt angelegt.

Die Daten der eingeschlossenen Patienten wurden dabei nach Geschlecht, Altersgruppen (18–29, 30–39, 40–49 und 50–59 Jahre) und Art der Tauchunfälle kategorisiert. Die Tauchunfälle beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz wurden unterteilt in Barotrauma Ohr, Barotrauma Lunge, Barotrauma Sinus, Dekompressions-Unfall, Herz-Kreislauf-Komplikationen und Otitis.

Die Einschlusskriterien des zweiten Patientenkollektivs erfüllten Patienten über 18 Jahre, die einen Tauchunfall beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz oder im Ausland erlitten und dabei an einem Barotrauma, einem DCS I oder II, an Herz-Kreislauf-Komplikationen oder an einer Otitis erkrankten (Abb. 2). Hier kommt es zu einer Überlappung mit dem ersten Patientenkollektiv. Das zweite Patientenkollektiv setzt sich aus den 29 Patienten mit einem Tauchunfall in der Schweiz aus dem ersten Kollektiv und 16 Patienten, die ihren Tauchunfall im Ausland erlitten, zusammen.

Insgesamt konnten so 45 Patienten in dieses Patientenkollektiv (n = 45) eingeschlossen werden. Die anderen Patienten erfüllten diesbezüglich nicht die Einschlusskriterien. Bei 20 Datensätzen ereigneten sich die Unfälle beim Tauchen in Seen, Flüssen oder Schwimmbädern mit einer maximalen Tiefe von fünf Metern ohne SCUBA, 23 Datensätze wiesen keinen Zusammenhang zum Tauchen auf, in sechs Datensätzen waren die Patienten jünger als 18 Jahre und wurden somit ausgeschlossen, ein Datensatz war doppelt angelegt.

Diese Daten aus der Schweiz und aus dem Ausland wurden nicht nur bezüglich der Diagnose Otitis analysiert, sondern auch hinsichtlich des Barotraumas Ohr, Lunge und Sinus, des Dekompressionsunfalls, der Herz-Kreislauf-Reaktionen sowie der Otitis unterteilt.

Das zweite Patientenkollektiv stellt eine Vergleichbarkeit der Verteilung von Art und Häufigkeit der SCUBA-Tauchunfälle zwischen der Schweiz und dem Ausland her, damit eventuelle Unterschiede herausgearbeitet und die Ursachen dafür begründet werden können.

Zunächst wurden zwei Gruppen gebildet mit der Grenze zwischen dem 39. und 40. Lebensjahr, da ab dem 40. Lebensjahr die kardiovaskulären und pulmonalen Grunderkrankungen deutlich ansteigen [11]. In einem zweiten Schritt wurden beide Gruppen nochmals mit einem etwa gleichen Lebensalter-Intervall von zehn Jahren unterteilt (Abb. 6). Hier wurde vermutet, dass ein Taucher aus der 18–29-Jahre-Gruppe aufgrund von Unerfahrenheit sich häufiger ein Barotrauma zuzieht und die Häufigkeit mit steigendem Alter und Erfahrung abnimmt. Zusätzlich werden grössere Tauchtiefen mit steigender Erfahrung erreicht, sodass es hier möglicherweise zu einer Häufung von Dekompressionsunfällen in älteren Gruppen kommt.

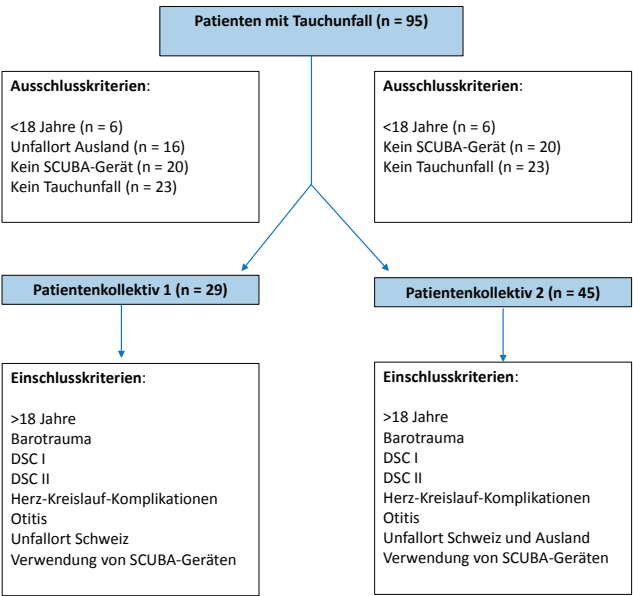


Abbildung 2. Einschlussdiagramm Patientenkollektiv 1 und 2 (Patientenkollektiv 2 setzt sich zusammen aus Patientenkollektiv 1 und weiteren 16 Patienten mit Tauchunfall im Ausland).

Tabelle 1. Spezifizierung von Dekompressionsunfall (n = 10) und Herz-Kreislauf-Komplikation (n = 4)

Dekompressionsunfall	10
DCS I	3
DCS II	7
Herz-Kreislauf-Komplikation	4
Lungenödem	2
Hypovolämie	2

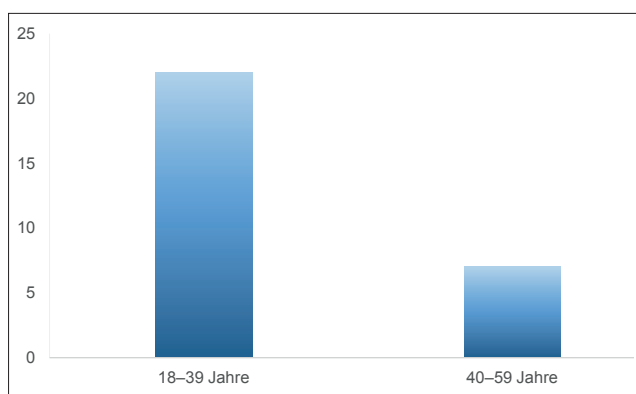


Abbildung 3. Altersverteilung der Tauchunfälle beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz (18–39 Jahre, n = 22; 40–59 Jahre, n = 7).

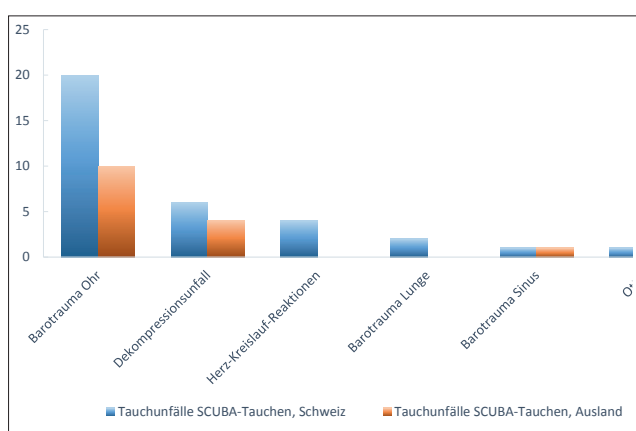


Abbildung 4. Tauchunfälle im SCUBA-Tauchen (n = 45) in der Schweiz (n = 29) und im Ausland (n = 16) unterteilt in Barotrauma Ohr, Dekompressionsunfall, Herz-Kreislauf-Reaktionen, Barotrauma Lunge, Barotrauma Sinus und Otitis.

Die Studie wurde bei der Kantonalen Ethikkommission in Bern überprüft und bewilligt. (Ethik Approval KEK-Nummer 2017-01051).

Ergebnisse

Von den 29 Tauchern unseres ersten Patientenkollektivs waren 75,9 % (n = 22) männlich und 24,1 % (n = 7) weiblich. Aus den Datensätzen geht hervor, dass von diesen 29 Tauchern nachweislich zumindest drei Taucher folgende Risikofaktoren hatten: Zwei Taucher litten an einem arteriellen Hypertonus und einer koronaren Herzerkrankung und ein Taucher hatte eine Hyperlipoproteinämie. Tauchtauglichkeitsuntersuchungen fanden nachweislich bei vier Patienten statt.

Die Gruppe der jüngeren Taucher von 18–39 Jahren überwiegt mit 76 % (Abb. 3). In der Verteilung der Tauchunfälle beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz zeigt sich das Barotrauma des Ohres als häufigste Ursache, die eine Notfallkonsultation im Anschluss an den Tauchgang nötig machte (n = 20; 69,0 %). Weniger häufig mussten die Taucher aufgrund den

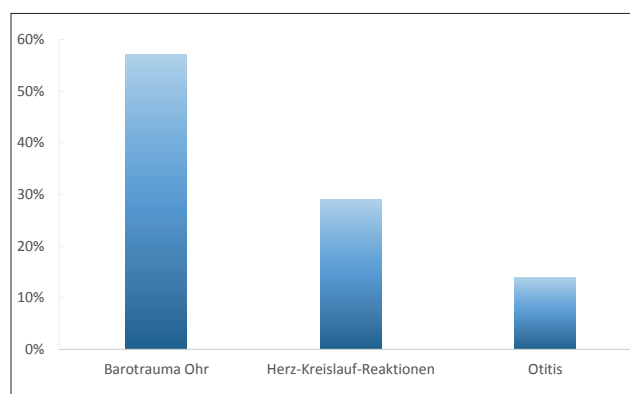


Abbildung 5. Prozentuale Verteilung von Barotrauma Ohr (57,1 %; n = 4), Herz-Kreislauf-Reaktionen (28,6 %; n = 2) und Otitis (14,3 %; n = 1) in der Altersgruppe >45 Jahre (n = 7) beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz.

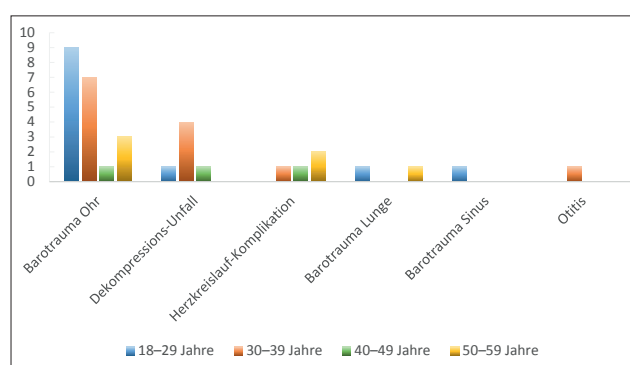


Abbildung 6. Verteilung der Tauchunfälle (n = 34) nach Altersgruppen beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz.

Dekompressions-Unfällen, Herz-Kreislauf-Komplikationen, Barotraumatata der Lunge oder des Sinus maxillaris oder frontalis eine Notfallstation aufsuchen (Abb. 4, Tabelle 1).

Rund ein Viertel (24,1 %; n = 7) aller SCUBA-Taucher in der Schweiz waren über 45 Jahre alt (Abb. 5). Auffällig war in dieser Altersgruppe, dass wiederum über ein Viertel (28 %) dieser älteren Taucher aufgrund von Herz-Kreislauf-Komplikationen im Anschluss an einen Tauchgang auf der Notfallstation behandelt wurden. Dies beinhaltete im Wesentlichen akute kardiale Dekompensationen mit klinischen Zeichen eines Lungenödems bei vorbestehendem arteriellem Hypertonus und Hypovolämien mit klinischen Zeichen einer Bedarfstachykardie. Demgegenüber musste nur ein einziger Taucher unter 40 Jahren aufgrund einer solchen Komplikation therapiert werden.

In Abbildung 6 werden die Diagnosen in Zusammenhang mit den Altersgruppen dargestellt; hier zeigt sich, dass einige Taucher auch aufgrund zweier Diagnosen behandelt wurden; meist aufgrund von Herz-Kreislauf-Komplikation und Barotrauma. Es zeigt sich zudem, dass in den beiden jüngeren Altersgruppen, 18–39 Jahre, der Dekompressions-Unfall mit 83,3 % (n = 5) gemessen an der Gesamtheit der Dekompressionsunfälle die häufigste Ursache für einen Tauchunfall darstellt, gefolgt vom Barotrauma mit 75,0 % (n = 16) gemessen an der Gesamtheit der Barotraumen im Ohr. In den höheren Altersgruppen von 40–59

Jahren überwiegen wiederum die Herz-Kreislauf-Komplikationen (Abb. 6).

In unserer Studie konnte nur ein einziger Patient mit einer Otitis nach SCUBA-Tauchen identifiziert werden, was lediglich 3,5 % unseres Patientenkollektivs entspricht.

Daher wurde zur besseren Vergleichbarkeit und Verständnis der Otitiden ein zweites Patientenkollektiv untersucht. Von den Tauchern aus dem zweiten Kollektiv hatten nachweislich vier Patienten folgende Risikofaktoren: zwei Taucher mit einem arteriellen Hypertonus und einer koronaren Herzerkrankung, ein Taucher mit Hypertonus und ein Taucher mit einer Hyperlipoproteinämie. Tauchtauglichkeitsuntersuchungen fanden nachweislich bei vier Patienten statt.

Die geringe Häufigkeit von Otitiden aus unserem ersten Patientenkollektiv, das nur SCUBA-Taucher in der Schweiz beinhaltete, wurde mit der Häufigkeit von Otitiden aus unseren Datensätzen der SCUBA-Tauchunfälle im Ausland ($n = 16$) verglichen. Hier zeigt mit 25 % ($n = 4$) die tauchassozierte Erkrankung Otitis einen deutlich höheren Anteil beim SCUBA-Tauchen im Ausland als innerhalb der Schweiz.

Diskussion

Die Altersverteilung unseres ersten Patientenkollektivs von SCUBA-Tauchern in der Schweiz entspricht mit 75,9 % männlichen und 24,1 % weiblichen Tauchern relativ exakt der dokumentierten Verteilung von SCUBA-Tauchern in der Schweiz mit 77,8 % männlichen und 22,2 % weiblichen Tauchern [2]. Die Häufigkeit eines Barotraumas des Ohres beim Sporttauchen von 69,0 % (Abb. 4) aller in dieser Studie dokumentierten Tauchunfälle differiert wiederum zu der im DAN Annual Diving Report angegebenen Häufigkeit von 32 %. Darüber hinaus zeigen weitere Studien mit unterschiedlichen Patienten-Kollektiven ebenso unterschiedliche Angaben zur Gesamthäufigkeit von Barotrauma nach SCUBA-Tauchen, sodass in der Gesamtschau der bisher veröffentlichten Studien wie auch unter Berücksichtigung unserer Ergebnisse gefolgert werden kann, dass bislang keine Richtzahlen existieren oder aufgestellt werden können [7, 8, 15]. Insgesamt scheint das Risiko, ein Barotrauma zu erleiden, erhöht bei Tauchgängen in touristischen Regionen; dies zeigt eine Studie, der zufolge eine sehr grosse Anzahl, nämlich bis zu 75 % der Gelegenheits-Taucher, speziell in Tourismusgebieten vermutlich aufgrund von Sprachbarrieren und daher möglicherweise unzureichender Tauch-Ausbildung ein Barotrauma der Ohren entwickelten [15]. Der hohe Anteil von Barotraumen des Ohres in der Altersgruppe der 18–39-jährigen SCUBA-Taucher könnte mit der geringeren Taucherfahrung und komprimierten Anzahl von Tauchgängen zusammenhängen.

Aus unseren Studiendaten lässt sich ebenfalls ableiten, dass der Grossteil der Patienten die Gefahr eines Barotraumas im Ohr beim Tauchen mit vorbestehenden akuten oder chronischen Erkrankungen im Oro-Nasopharynx-

Bereich massiv unterschätzen. In einem Teil der Fälle war die Tauchtauglichkeit zum betreffenden Zeitpunkt anamnestisch nicht gegeben. In weiteren Fällen wurden Tauchregeln offensichtlich missachtet oder waren nicht bekannt, was ebenfalls auf eine unzureichende Open Water Diver/OWD-Ausbildung zurückzuführen sein könnte.

Die Häufigkeit von Dekompressionsunfällen (DCS I und DCS II) mit 20,7 % (Abb. 4) in der Gruppe der SCUBA-Taucher in der Schweiz ist im Vergleich mit dem Annual Diving Report 2012–2015 (6,32 %) mehr als dreifach so hoch und erscheint daher verglichen mit internationalen Zahlen als zu hoch [16]. Ein Grund hierfür könnte sein, dass der DAN-Report nur die Fälle darstellen kann, die ihm auch tatsächlich gemeldet werden und die Dunkelziffer analog der Tendenz unserer Studienergebnisse deutlich höher liegen könnte. Die Meldung für den DAN-Report erfolgt in der Regel über den Taucher selbst, Tauchbasen oder offizielle Institutionen; daher könnte man vermuten, dass ein Grossteil der Meldungen von professionellen und erfahrenen Tauchern, Tauchbasen oder Institutionen erfolgen und hingegen Unfälle von gelegentlichen und touristischen Tauchern eher keinen Eingang in den Report finden, sodass die tatsächliche Häufigkeit von Dekompressionsunfällen höher anzusiedeln wäre [17, 18].

Die Dekompressionsunfälle unserer Studie ereigneten sich alle beim Tauchen im Kanton Bern, der beispielsweise mit dem Thunersee über ein sehr beliebtes, aber auch sehr tiefes Tauchrevier verfügt. Das vertikale Tauchprofil beim Bergsee-Tauchen könnte demzufolge ein weiterer Grund für die hohe Anzahl an Dekompressionsunfällen unserer Studie sein, das heisst, die Tauchgänge finden in grösseren Tiefen, meist in 20–45 Meter, statt, sodass die Wahrscheinlichkeit für einen Dekompressionsunfall zwangsläufig steigen dürfte. Die Vermutung, dass sich bei steigender Taucherfahrung und Anzahl von Tauchgängen mit zunehmendem Alter beim Tauchen an grössere Tiefen gewagt wird, könnte der Grund für das häufige Auftreten von Dekompressions-Unfällen insbesondere in der Gruppe der 30–39-jährigen Taucher sein; in 83 % der Fälle war das der Grund für die Notfallkonsultation in dieser Altersgruppe. Wie schon in einer weiteren Studie belegt, erscheint der geringere Luftdruck beim Bergsee-Tauchen zumindest als eine der Ursachen für eine erhöhte Rate an Dekompressionsunfällen [19].

In unserer Studie zeigt sich eine um den Faktor 4,6 erhöhte Häufigkeit (Abb. 4, 5) von Herz-Kreislauf-Komplikationen wie Hypovolämie und Lungenödem in der Schweiz im Vergleich zum DAN-Report; dieser beschreibt lediglich eine Häufigkeit von im Schnitt 3 % [12, 15, 20]. Das deutlich erhöhte intrathorakale Blutvolumen und die somit erhöhte Volumenbelastung des Herzens tritt zwar bei jedem Taucher auf, aber bei Vorerkrankungen wie Hypertonus und kardialer Insuffizienz können Taucher bei zunehmendem Alter häufig diese Mechanismen nicht mehr kompensieren, und das Risiko eines Lungenödems oder einer kreislauffrelevanten Hypovolämie steigen [13].

Weitere Studien belegen ebenso das erhöhte Risiko für Herz-Kreislauf-Komplikationen mit steigendem Alter des

Key messages

- Die Häufigkeit, Barotraumen, Dekompressionsunfälle und Herz-Kreislauf-Komplikationen beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz zu erleiden, ist im weltweiten Vergleich deutlich erhöht.
- Ein hoher Anteil der Ohr-Barotraumen zeigt sich in der Gruppe der 18 bis 39-Jährigen.
- Die Häufigkeit von Dekompressionsunfällen ist mehr als dreifach so hoch und kumuliert in der Gruppe der 30–39-Jährigen.
- In der Altersgruppe über 45 Jahren liegt der Anteil der Herz-Kreislauf-Reaktionen bei fast 30 %.
- Das Risiko, an einer Otitis beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz zu erkranken, ist deutlich geringer als im Ausland.
- Geeignete Präventionsmassnahmen, wie beispielweise Einhaltung der Tauchtauglichkeits-Untersuchung ab 40 Jahren, sollten strikt eingehalten werden.

Lernfragen

1. Was war im vorliegenden Beitrag die häufigste Folge eines Tauchunfalls? (Einfachauswahl)
 - a) Barotrauma Lunge
 - b) Decompression Sickness (DCS)
 - c) Herz-Kreislauf-Komplikationen
 - d) Barotrauma Ohr
 - e) Barotrauma Sinus
2. Welche Diagnose wird nicht dem DCS I (Decompression Sickness Typ I) zugerechnet? (Einfachauswahl)
 1. Paralyse
 2. Schmerzen am Bewegungsapparat
 3. Barotrauma Lunge
 4. Hautsymptome wie Jucken
 5. Barotrauma Sinus
 - a) Antwort 1) ist richtig.
 - b) Antwort 2) ist richtig.
 - c) Antworten 2) und 4) sind richtig.
 - d) Antworten 3) und 5) sind richtig.
 - e) Antworten 1), 3) und 5) sind richtig.
3. Was können Ursachen für eine Dehydrierung beim SCUBA-Tauchen sein? (Einfachauswahl)
 1. Erhöhte Diurese durch Ausschüttung von ANP
 2. Körperliche Arbeit
 3. Trockenes Atemgasgemisch
 4. Genuss von Alkohol
 5. Einnahme von Antihypertonika
 - a) Antwort 4) ist richtig.
 - b) Antworten 2) und 4) sind richtig.
 - c) Antworten 1) und 3) sind richtig.
 - d) Antworten 1), 2), 3) und 4) sind richtig.
 - e) Alle Antworten sind richtig.
4. Welche Aussagen sind zutreffend:
 1. Ein als Tiefenrausch (Stickstoff-Narkose) bekanntes Phänomen kann individuell abhängig von einer Tiefe von 20 m auftreten.
 2. Dekompressions-Stops in unterschiedlichen Tiefen und mit unterschiedlicher Verweildauer sind notwendig, um eine Stickstoff-Entsättigung des Körpergewebes zu erreichen.
 3. Die Stickstoff-Entsättigung stoppt nach Beendigung des Tauchganges aufgrund der normalen Druckverhältnisse nach dem Auftauchen.
 4. Die Besonderheit beim Bergsee-Tauchen liegt in dem reduzierten Umgebungs-Luftdruck – folglich müssen bei Tauchgängen in Bergseen Dekompressions-Stops weniger häufig durchgeführt werden.
 5. Von manchen Tauchern werden sogenannte Nitrox-Atemgasgemische («Nitrox 32» 32 % O₂ und 68 % N₂) mit reduziertem Stickstoffgehalt verwendet, um die Tauchzeiten zu verlängern.
 - a) Antwort 1) ist richtig.
 - b) Antworten 2) und 4) sind richtig.
 - c) Antworten 2) und 5) sind richtig.
 - d) Antworten 3) und 5) sind richtig.
 - e) Antworten 1), 2) und 5) sind richtig.

Taucher; dies deckt sich mit den Ergebnissen unserer Studie, bei der die SCUBA-Taucher ab einem Alter von 45 Jahren in 28 % der Fälle aufgrund von Herz-Kreislauf-Komplikationen behandelt werden mussten [15, 21, 22]. Ein Grund hierfür dürfte ebenso das vertikale Tauchprofil der Schweizer Seen mit deutlich tieferen Tauchgängen als im Vergleich zum Tauchen im offenen Meer sein. Ein weiterer Erklärungsansatz könnte der sorglosere Umgang der älteren Generation der Taucher mit Herz-Kreislauf-Vorerkrankungen sein. Diesen genauen Einfluss von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und deren Medikation beim Bergsee-Tauchen sollten weitere Studien prüfen. Bis zu weiteren Ergebnissen hinsichtlich des genauen Einflusses von Herz-Kreislauf-Erkrankungen sollte eine jährliche Tauchtauglichkeits-Untersuchung ab dem Alter von 40 Jahren unter besonderer Berücksichtigung der eventuell vorliegenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen und deren Medikation eingehalten werden.

In der Geschlechterverteilung der Tauchunfälle unserer Studie fällt mit 75,9 % eine Häufung beim männlichen Geschlecht auf. Das könnte der subjektiv wahrgenommenen Meinung der Öffentlichkeit entsprechen, die dem männlichen Geschlecht eine erhöhte Risikobereitschaft auch bei der Ausübung von Risiko-Sportarten unterstellt [23].

Laut den Daten unserer Studie zeigt die Verteilung der tauchassoziierten Erkrankungen wie Otitis media und externa mit 25 % einen hohen Anteil an betroffenen SCUBA-Tauchern im Ausland. Wohingegen der Anteil von Otitiden beim SCUBA-Tauchen in der Schweiz in unserer Studie nur bei 3,5 % liegt. Im Vergleich dazu berichtet der DAN-Report für die Häufigkeit von Otitiden nach SCUBA-Tauchen über einen Anteil von 38 % [2].

Die Otitiden beim SCUBA-Tauchen im Ausland traten in der Regel nach mehrfachen Tauchgängen in sehr warmen Gewässern (Rotes Meer, Karibik etc.) auf. In diesen warmen Gewässern besteht ein höheres exponentielles Wachstum von Bakterien im Vergleich zu europäischen Seen, was wiederum in diesen Fällen die Entstehung von Otitiden begünstigt haben könnte [24, 25]. Daher scheint das Risiko für einen SCUBA-Taucher, in der Schweiz an einer Otitis media/externa zu erkranken, deutlich vermindert. Der Grund hierfür liegt vermutlich einerseits an der geringeren bakteriellen Belastung der Gewässer in der Schweiz aufgrund einer niedrigeren Temperatur des Wassers. Andererseits wird in der Schweiz das ganze Jahr über getaucht, sodass vermehrt Halbtrocken- bzw. Trockentauchanzüge mit Kopfschutz verwendet werden und somit den Ohren mehr Schutz gewährt ist.

Zusammenfassung

Die Schweiz ist ein Land mit einer hohen SCUBA-Tauchaktivität, was aufgrund der Topografie mit vielen Bergseen eine besondere Herausforderung an und eine sorgfältige Tauchplanung von den Tauchern fordert. Das Barotrauma des Ohrs und der Dekompressionsunfall treten vergleichs-

weise häufig auf, was wohl dem speziellen Anforderungsprofil beim Tauchen in Bergseen mit höheren Tiefen geschuldet sein könnte. Das Risiko, ein Barotrauma, einen Dekompressionsunfall oder eine Herz-Kreislauf-Komplikation zu erleiden, dürfte unterschätzt werden und zeigt die Notwendigkeit für geeignete Präventionsmassnahmen auf. Vor dem SCUBA-Tauchen, speziell in Schweizer Seen, sollte unbedingt eine Tauchausbildung, nach Möglichkeit in der Schweiz, absolviert werden; eine Tauchausbildung im Meer erscheint nicht ausreichend [26]. In der Tauchausbildung sollten das eher vertikale Tauchprofil mit höheren Tauchtiefen in der Schweiz und die Gefahren durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit steigendem Alter stärker betont werden, denn das Risiko von Herz-Kreislauf-Komplikationen in der Altersgruppe über 45 Jahren ist laut unseren Daten in der Schweiz überproportional hoch. Eine jährliche Tauchtauglichkeits-Untersuchung ab 40 Jahren unter besonderer Berücksichtigung der eventuell vorliegenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen und deren Medikation sollte strikt eingehalten und einer sorgfältigen Risikobewertung unterzogen werden [11, 15, 19, 27].

Das Risiko, in Süßwasserseen in der Schweiz an einer Otitis beim SCUBA-Tauchen zu erkranken, erscheint deutlich geringer als im Vergleich zum Tauchen im offenen Meer [26, 27].

Limitationen

Die erste Limitation der Studie ist, dass es sich um eine retrospektive Datenanalyse handelt. Ein möglicher Bias entsteht zudem durch häufige Meldungen von Komplikationen nach dem Tauchgang durch professionelle und erfahrene Taucher selbst oder durch Mitarbeiter der Tauchbasen und Institutionen, wohingegen Unfälle von gelegentlichen und touristischen Tauchern eher wenig Eingang in offizielle Tauchmeldungs-Register finden dürften; die tatsächliche Häufigkeit von Dekompressionsunfällen könnte daher höher liegen.

Bibliografie

1. Lamprecht M, Fischer A, Stamm H: Sport Schweiz 2008: Das Sportverhalten der Schweizer Bevölkerung. 2008.
2. Lamprecht L, Fischer A, Stamm H: Sport Schweiz 2014: Sportaktivität und Sportinteresse der Schweizer Bevölkerung. 2014.
3. Burckhardt M: Die Schweiz, ein Land von Tauchern? www.swissinfo.ch: 2015. https://www.swissinfo.ch/ger/gesellschaft/wintersport_die-schweiz--ein-land-von-tauchern-/41192316; letzter Zugriff: 25.09.2018.
4. Klingmann C, Tetzlaff K: Moderne Tauchmedizin. Handbuch für Tauchlehrer, Taucher und Ärzte. 1. Auflage, Stuttgart; Gentner Verlag: 2007.
5. Hahn M: Austauchtabelle DECO 2000, PADI®, PADI EUROPE, ©VDST Verband Deutscher Sporttaucher.
6. Hahn M: Austauchtabelle DECO 2000.1, PADI®, PADI EUROPE, ©VDST Verband Deutscher Sporttaucher.

7. Jansen S, Meyer MF, Boor M, et al.: Prevalence of barotrauma in recreational scuba divers after repetitive saltwater dives. *Otol Neurotol* 2016; 37: 1325–1331.
8. Zanchi J, Ljubkovic M, Denoble PJ, Dujic Z, Ranapurwala S, Pollock NW: Influence of repeated daily diving on decompression stress. *Int J Sports Med* 2014; 35: 465–468.
9. Schweizerische Eidgenossenschaft: Topographie der Schweiz Seen: <http://www.map.geo.admin.ch/>; letzter Zugriff: 24.09.2018.
10. SUSV: Statistiken – Fachstelle für Tauchunfallverhütung und DAN Europe. 2015.
11. Schleich JM, Schnell F, Brouant B, et al.: Recreational scuba diving in patients with congenital heart disease: Time for new guidelines. *Arch Cardiovasc Dis* 2016; 109: 504–510.
12. Castagna O, Gempp E, Poyet R, et al.: Cardiovascular Mechanisms of Extravascular Lung Water Accumulation in Divers. *Am J Cardiol* 2017; 119: 929–932.
13. Gauer OH: Die hydrostatische Wirkung von Bädern auf den Kreislauf. *Dtsch Med Journ* 1955; 6: 462.
14. Cochard G, Henckes A, Deslandes S, et al.: Swimming-induced immersion pulmonary edema while snorkeling can be rapidly life-threatening: case reports. *Undersea Hyperb Med* 2013; 25: 368–371.
15. Blake DF, Gibbs CR, Coomons KH, Brown LH: Middle ear barotrauma in a tourist-oriented, condensed open-water diver certification course: incidence and effect of language instruction. *Diving Hyperb Med* 2015; 45: 176–180.
16. Buzzacott P (ed.): DAN Annual Diving Report 2012–2015 Edition: a report on 2010–2013 data on diving fatalities, injuries and incidents. Durham (NC): Divers Alert Network; 2015.
17. Nakayama H, Shibayama M, Yamami N, Togawa S, Takahashi M, Mano Y: Decompression sickness and recreational scuba divers. *Emerg Med J* 2003; 20: 332–334.
18. Stemberg V, Petaros A, Rasic V, et al.: Dive-related fatalities among tourist and local divers in northern Croatian littoral. *J Travel Med* 2013; 20: 101–106.
19. Bühlmann AA: Decompression problems diving in mountain lakes. *Schweiz Z Sportmed* 1989; 37: 80–83; discussion 99–102.
20. Buzzacott P: DAN Annual Diving Report 2016 Edition: A report on 2014 data on diving fatalities, injuries and incidents, 2016.
21. Gempp E, Louge P, Henckes A, Demaistre S, Heno P, Blatteau JE: Reversible myocardial dysfunction and clinical outcome in scuba divers with immersion pulmonary edema. *Am J Cardiol* 2013; 111: 1655–1659.
22. Taher A, Welslau W: 743 Tauchunfälle behandelt in Sharm el-Sheikh Hyperbaric Medical Center 1993–2006. *Caisson* 2009; 24: 15–23.
23. Böheim R, Freudenthaler C, Lackner M: Gender differences in risk-taking: Evidence from professional basketball. www.econ.jku.at/papers/2016/wp1607.pdf.
24. Azizi MH: Ear disorders in scuba divers. *Int J Occup Environ Med* 2011; 2: 20–26.
25. Muth CM, Müller P, Kemmer A: Medical aspects of diving in the tropics. *MMW Fortschr Med* 2005; 147: 28–32.
26. Beratungsstelle für Unfallverhütung: Tauchen in der Schweiz. Bern; bfu: 2016. http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_3.144.01_Tauchen%20in%20der%20Schweiz.pdf; letzter Zugriff: 25.09.2018.
27. Kot J, Sicko Z, Zyszkowski M, Brajta M: Doppler recording after diving to depth of 30 meters at high altitude of 4919 meters (16 138 feet) during the Tilicho Lake Expedition 2007. *Undersea Hyperb Med* 2014; 41: 515.

Manuskript eingereicht: 18.07.2018

Manuskript akzeptiert: 27.08.2018

Interessenskonflikt: Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte bestehen.

Dr. med. Christian T. Braun

Universitäres Notfallzentrum
Inselspital, Universitätsspital Bern
3010 Bern

christian.braun@insel.ch

Antworten zu den Lernfragen:
1. Antwort d) ist richtig.
2. Antwort e) ist richtig.
3. Antwort e) ist richtig.
4. Antwort c) ist richtig.