

Cover: Dr. Zdzislaw Sicko (right) is the Medical Chief of the National Center for Hyperbaric Medicine in Gdynia, Poland. The NCHM is equipped with the system for saturation (3 dry chambers and 1 wet chamber with the working pressure equivalent to 200 msw, prepared for trimix, heliox, nitrox and compressed air), several multiplace chambers for any kind of hyperbaric treatment (including different breathing mixtures and complete equipment for intensive care inside the chamber), Intensive Care Unit outside the chamber (with haemodiafiltration station) and operation room for surgical procedures. The Center has an external decompression station enclosed in a container, which can be transported to remote areas to support diving operations. The dual-place mobile hyperbaric chamber is installed in an emergency vehicle 'hyperbaric ambulance', which is a part of the transfer under pressure and can be used for transportation of injured divers.

National Center for Hyperbaric Medicine in Gdynia (PL)

Institute of Maritime and Tropical Medicine
Medical University of Gdansk (PL)

The National Center for Hyperbaric Medicine (Medical Chief: Dr. Zdzislaw Sicko, MD, PhD; Vice-Chief: Dr. Jacek Kot, MD, PhD, Fig. 1) belongs to the Institute of Maritime and Tropical Medicine, which in turn is a part of the Medical University of Gdansk. The NCHM is located in Gdynia, just at the Baltic Sea.



Fig. 1: Dr. Jacek Kot, the Vice-Chief of NCHM has also been the General Secretary of the past Annual EUBS Meeting in Gdansk, PL
jkot@gumed.edu.pl

The Center is cooperating with other European countries (COST B14 project on HBO), with the European Committee for Hyperbaric Medicine (www.echm.org) and with the European College of Baromedicine (www.ecbm.eu) for educational purposes. It is also included in the list of medical recompression facilities referenced by DAN Europe (www.daneurope.org).

Every year about 400-500 patients are treated as out-patients, mainly for chronic problem wounds (diabetic foot ulcers, post-radiation injuries, etc), sudden sensorineural hearing loss, post-sternotomy mediastinitis or sternum infections and bone infections.

Together with a large rectangular chamber (Fig. 2) suitable for critical care patients, the system ensures the continuity of critical care between and during the hyperbaric sessions.

For patients with gas gangrene there is an operation room for wound debridement, for minor surgery and amputations. The main indications for in-patients

include: CO intoxication, gas gangrene and other severe cases of necrotizing soft tissue infections, decompression sickness and AGE.



Fig. 2: The ICU of the NCHM can accept patients in any condition, including respiratory, cardiovascular and renal insufficiency.

The gas gangrene and soft tissue infections are the most challenging reasons to have specially designed hyperbaric center equipped with isolated intensive care rooms with fully electronic medical documentation to limit passage of items, separated hyperbaric chambers only for those cases and dedicated operation room.

The NCHM is working 24 h a day, 7 days a week. Five of the 6 physicians are specialists in anesthesiology and intensive care medicine, and one is a general surgeon. The 15 nurses work in the ICU and also as medical attendants inside hyperbaric chambers. 6.000 to 7.000 HBO sessions are conducted annually, and during every session a medical attendant is inside the chamber. All hyperbaric chambers are multiplace, and they are operated by technicians who – if necessary – are also able to perform their maintenance and repair.

Editorial

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,
sehr geehrte Mitglieder der GTÜM!

EUBS Jahrestagung 2011

Die European Underwater and Baromedical Society veranstaltet jährlich in einer anderen (meistens) Europäischen Stadt ihre Wissenschaftliche Jahrestagung. Vom 24. bis 27. August traf man sich in Danzig/Gdansk in Polen (über 200 Teilnehmer plus ca. 50 Begleitpersonen).

Da in Europa zahlreiche Tauch- und Überdruckmediziner neben ihrer Aktivität in der EUBS auch in ECHM, EDTC oder DAN Europe aktiv sind, lag es nahe, dass als Satelliten ECHM-Workshops zu ‚HBO und Notfallmedizin‘ und ‚Validierung von Decompressions-Computern‘, sowie ein ‚DAN Divers Day‘ die EUBS-Tagung einrahmten. Außerdem trafen sich die entsprechenden Beschlussgremien von EUBS, ECHM, EDTC Medical, DAN Europe und International DAN. Insgesamt ein mehr als volles Programm, das denjenigen in Trab hielt, der in mehreren dieser Organisationen aktiv ist. Bei bestem Wetter in Danzig und netten ‚Social events‘ war der Kongress toll organisiert und ein rundum gelungenes Treffen mit guten Fachvorträgen, spannenden Diskussionen und netten Kollegengesprächen. Was bei solchen Gelegenheiten immer wieder deutlich wird: Probleme und Fragestellungen der Tauch- und Überdruckmedizin in Deutschland finden sich auch in anderen Ländern; oft mit Akzenten, die die Diskussion weiter bringen. Die EUBS 2012 findet vom 11.-16. September in Belgrad statt!

ECHM-Versammlung 2011

Ein wesentlicher Tagesordnungspunkt der ECHM-Versammlung (Repräsentanten aller europäischen nationalen Tauch- und Überdruckmedizinischen Fachgesellschaften) war die Vorstellung der in Kooperation mit der EDTC komplett überarbeiteten Weiterbildungsordnung für tauch- und hyperbarmedizinische Diplome. Auf dem Vorgänger-Konsens von 1996 fußt die Weiterbildungsordnung der GTÜM. Viele Regelungen sind unverändert geblieben.

Wesentliche Änderungen betreffen die Erhöhung des Stundenvolumen der Kurse für das Taucherarzt-Diplom (IIa) auf nun 80 Stunden, die Festlegung der CME (continuous medical education) zum Diplom-Erhalt für Diplome I und IIa auf mind. 16 Stunden in längstens 5-jährigen Abständen, und die genauere Definition von Unterrichtszielen. Wenn der GTÜM die endgültigen Papiere vorliegen, werden wir unsere Weiterbildungsordnung wohl für die Taucherarzt-Diplome etwas anpassen müssen. Hinsichtlich unserer zum Januar 2011 beschlossenen CME-Regelung finden wir uns bestätigt. Da sind wir kein Sonderfall in

Europa, da sind wir auch nicht zu pingelig, dass ist im Rest von Europa auch so. Und wenn wir ‚über den Großen Teich‘ schauen: die amerikanische UHMS beschreibt in Ihrer Mitgliederzeitschrift *Pressure* sehr ähnliche Vorstellungen in dieser Hinsicht...



GTÜM-Taucherarztliste

U.a. wegen wiederholter Beschwerden unzufriedener Taucher bei Tauchtauglichkeitsuntersuchungen beschloss der GTÜM-Vorstand im Sommer 2008(!) eine Änderung der Zugangsbestimmungen zur ‚Taucherarzt-Liste‘ auf www.gtuem.org und im Dezember-Caisson. Die Änderung betrifft Inhaber von Taucherarzt-Diplomen, die vor 2002 ausgestellt wurden, damals noch ohne CME-Verpflichtung. Unter dem Stichwort ‚Qualitätssicherung‘ wurde als Zugangsbestimmung zur Taucherarztliste ein CME-Nachweis unabhängig vom Alter und der Gültigkeit des Taucherarzt-Diploms beschlossen. Während die so genannten ‚Alt-Diplome‘ selbst Bestandsschutz genießen, unterliegen die Zugangsbestimmungen zur Taucherarztliste keiner solchen Regelung.

Um diese Änderung gut planbar für die betroffenen Kollegen umzusetzen, wurde eine 3-jährige Frist eingeräumt und mehrfach per Email und im Caisson angekündigt. In diesem Sommer waren dann aber offenbar doch viele überrascht, dass schon 3 Jahre vergangen waren. Der Vorstand teilte den betroffenen Kollegen in einem weiteren Schreiben nochmals eine 6-monatige Kulanzfrist bis zur Umsetzung mit. Damit nicht unsere Sekretärin den Frust der Kollegen (per Email und am Telefon) zu spüren bekommt, habe ich mich selbst als Absender eingetragen...

Die möglichen Antworten erwartet man ja. Während einige Kollegen sich sehr nett, verständnisvoll und konstruktiv äußerten und wir ihnen Lösungen vorschlagen konnten, waren einige Äußerungen etwas ‚unter der Gürtellinie‘. 5 Kollegen haben sogar ihre Mitgliedschaft in der GTÜM gekündigt. Wir werden künftig auf sie verzichten (müssen). Die Verpflichtung zur CME ist nicht unsere Idee, sie ist in der gesamten Medizin verankert und was unser Fach angeht auch in ganz Europa (s. oben !). Einige Kollegen können das offenbar nicht akzeptieren, schade!

Ihr Wilhelm Welslau

Tauchen

Dekompressionsberechnungen für Trimix-Tauchgänge mit PC-Software: Reparieren Gradientenfaktoren defekte Algorithmen oder defekte Software-Implementierungen?

A Salm

Hier finden Sie die ungekürzte Version dieses Artikels:
http://www.divetable.de/skripte/CAISSON/Extended_2011_03.pdf

Teile dieses Beitrages wurden bei der 12. Wissenschaftlichen Tagung der GTÜ in Regensburg (20.03.2011) vorgetragen. Das Abstract zum Vortrag: CAISSON 2011;26(1):61



A Salm

Wird mehr als nur ein Inertgas im Atemgas benutzt, muss die Berechnung der Dekompressionszeit numerisch erfolgen. Hierfür wurden 480 Rechteckprofile aus dem Tec- und Recreational-Bereich anhand analytischer Methoden sowie mit zwei kommerziell erwerbbaaren Desktop-Deco-Programmen und einer kostenlosen Freeware berechnet und verglichen (Tiefen: 30 - 80 m, Grundzeiten: 20 - 60 min, He-Anteile: 5 - 80 %, nur normoxischer Mix (keine Reise- oder angereicherten Dekompressionsgase), nur ZH-L Modell, keine Anpassungen mittels Gradientenfaktoren). Offenbar gibt es signifikante Unterschiede bei der Berechnung von Dekompressionszeiten (t_d) mit Mischgasen in Abhängigkeit des He-Anteiles. Die Unterschiede hängen bei diesem Vergleich nicht von Variationen des zugrunde liegenden Dekompressions-Algorithmus' ab.

Grundlagen

Mit 'Algorithmus' ist die Rechenvorschrift für eine Inertgas-Buchhaltung bei einer Überdruck-Exposition subsummiert, mit 'Implementierung' die praktische Umsetzung dieses Algorithmus in eine Desktop-Deco-Software für den PC oder auch in eine Hardware, den Tauchcomputer. Mit 'Gradientenfaktoren' sind Faktoren < 1 gemeint, mit denen erlaubte/tolerierte Kompartiment-Überdrücke multipliziert werden, um eine konservativere Dekompression rechentechnisch zu erzwingen; Details hierzu auf S. 11.

Bei klassischen, Perfusions-limitierten Dekompressions-Algorithmen nach Haldane et al. wird die Inertgasaufnahme pro Kompartiment durch eine mono-exponentielle Funktion beschrieben. Es hat sich hierfür der Begriff 'Haldane Gleichung' eingebürgert:

$$P_t(t) = P_{alv0} + [P_{t0} - P_{alv0}] e^{-kt} \quad (1)$$

Variable	Definition
$P_t(t)$	Partialdruck eines Inertgases im Kompartiment mit der Konstanten k [Bar] zum Zeitpunkt t nach einer sprungartigen Druckänderung
P_{t0}	Initialer Partialdruck des Inertgases im Kompartiment zum Zeitpunkt $t = 0$ [Bar]
P_{alv0}	der konstante Partialdruck des Inertgases in den Alveoli [Bar], für $t = 0$ und damit für alle Zeiten wegen der Randbedingung
k	eine Konstante, abhängig vom Kompartiment [min^{-1}], mit $k = \ln 2 / \tau$
t	Zeit [min]

Der Exponent k ist im Wesentlichen die Perfusionsrate, d.h. der Kehrwert der Halbwertszeit τ eines Modellgewebes. Modellgewebe werden als 'Kompartimente' bezeichnet. Die Anpassung des Algorithmus an physiologische Gegebenheiten erfolgt über eine Schar von Kompartimenten, typischerweise 6, 9 oder 12, 16 oder auch 20 an der Zahl. Die Variabilität wird mittels der Halbwertszeiten τ erreicht. Diese liegen üblicherweise im Spektrum von 1,25 bis 900 min; so zu finden in einem Tauchcomputer für den professionellen Einsatz, dem EMC-20H von Cochran und der dazugehörigen Deco-Software Analyst 4 (www.divecochran.com).

Die Quellen zu den Perfusions-Algorithmen sind im Anhang gelistet und darüber hinaus die bereits erwähnten Standardwerke über Tauchmedizin (s. auch: CAISSON 2010;25(1):9). Wir wollen hier aber etwas Neues riskieren und eine relativ selten zitierte Quelle beanspruchen, nämlich: [102], Hills, Brian Andrew. Decompression Sickness, 1977; Volume 1, The Biophysical Basis of Prevention and Treatment.

A Salm

CAISSON 2011;26(3):4-11

Die oben benutzte Formel (1) finden wir dort auf S. 111, den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und der Perfusionsrate auf S. 113.



Grenzen der Perfusionsmodelle: Perfusionsmodelle stützen sich für Luft/Nitrox sowie Heliox als Atemgase weltweit auf eine sehr große Datenbasis an protokollierten Tauchgängen, sind mathematisch überschaubar und haben seit den Veröffentlichungen von Bühlmann ([4,5,65]) eine große Verbreitung in Tauchcomputern und PC-Programmen (Desktop-Deco-Software) erfahren. Der technische Taucher neigt jedoch dazu, da er eben etwas tiefer/länger taucht, jenseits der gesicherten Einhüllenden zu planen und vergisst gerne die Grenzen der Modelle. Diese sind bereits ausführlich dargestellt (z.B. in [63], S. 449 sowie S. 463) und betreffen u.a. die folgenden Punkte, hier nur im Überblick und keineswegs erschöpfend:

- lediglich 'Inertgas-Buchhaltung', jeweils mono-exponentiell für ein Kompartiment,
- die Kompartimente sind alle parallel-geschaltet, keine Berücksichtigung der Serienschaltungen wie Milz → Leber & Darm → Leber,
- uneinheitliche Berücksichtigung der metabolischen Gase O_2 , CO_2 und von H_2O ,
- 'ereignislose' Dekompression, nur die gelöste Gasphase wird berücksichtigt, keine freie Gasphase (Gasblasen),
- fehlende Berücksichtigung von Druckänderungen, die kurz gegen die schnellsten Halbwertszeiten sind,
- die Berechnung der Gasaufnahme und -abgabe erfolgt symmetrisch, d.h. mit den identischen Koeffizienten in den Exponentialtermen von Gl. (1),
- Klientel/Biometrie und Adaptation finden keinen Niederschlag im Algorithmus,
- ebensowenig die Faktoren, die technische Taucher besonders tangieren: körperliche Belastung, Temperatur und hohe Sauerstoffpartialdrücke...
- und: das zweite Inertgas; der zweite (n-te) Wiederholungs-Tauchgang; und, und, und ...

Trimixtabellen: Im Gegensatz zu Heliox gibt es kaum 'validierte' Trimixtabellen. Sicherlich sind anekdotenhaft und mit einer sehr begrenzten Probanden-Zahl Trimix-Dekompressionen für vereinzelte Tiefen/Zeit-Kombinationen für ein paar wenige, gebräuchliche Gasmischungen ausprobiert und tabelliert worden. Mit 'validiert' ist hier aber ein Druckkammervorgehen zu verstehen, bei welchem für eine große Schar von Tiefen/Zeit-Kombinationen mehrere protokollierte Tauchgänge durchgeführt werden. Protokolliert und nachvollziehbar bezüglich den Parametern: Biometrie der Probanden, Tageszeit, Tiefe, Zeit, Auf- und Abtauchgeschwindigkeiten, Atemgaszusammensetzung, Kammer- und Wassertemperatur, Immersion und Belastung. Wenn sich dann die Probandenzahl im mittleren 3-stelligen Bereich, die Zahl der Überdruckexpositionen im gut 4- oder gar 5-stelligen Bereich (wie bei NEDU, DCIEM und COMEX) bewegt, mag man durchaus eine gewisse Verlässlichkeit unterstellen. Keine der bekannten Trimixtabellen genügt jedoch diesem Anspruch! Eine rühmliche Ausnahme ist wohl die NOAA Trimix 18/50 Tabelle von Hamilton Research Ltd., 1993, 1998.

Tab. 1: Spaßeshalber wurde aus dem 'Journal of Applied Physiology' die Anzahl und zeitliche Verteilung von Forschungspapieren zum Thema 'Trimix' (title & keyword) im Zeitraum von 1948 bis 2010 aufgezeichnet und mit anderen Themen verglichen.

Die Publikationen zum Thema 'Air' sind in Klammern und nur zum Vergleich der absoluten Zahlen gedacht: der Zusammenhang zur Überdruckexposition ist nicht immer gegeben. Die erste Veröffentlichung zum Thema 'Trimix' geschah im Jahre 1976.

Title & keyword:	1948-2010	1976-2010
(Air)	(13.466)	(10.845)
Oxygen window	14	
Decompression	709	572
EAN / nitrox	128	
Helium	1313	
Trimix		41

Tab. 2: Publikationen in den letzten 20 Jahren. Es gibt ein Maximum im Jahre 2007, welches lediglich aus kurzen Diskussionen zur (Un-) Gültigkeit des Henry'schen Gesetzes, insbesondere bei binären Gasmischungen, resultiert. Die singuläre Publikation aus 2010 stammt von Ljubkovic et al. (s. Referenzen) und spiegelt unsere Thematik wider (allerdings mit einem VPM/Blasenmodell) und ist besonders für Tauchmediziner interessant; aber ansonsten gilt die Tendenz, dass Trimix in der ernstzunehmenden Forschung nur eine relativ untergeordnete Rolle spielt. Fazit: der exponierte Trimix-Taucher ist sein eigenes Versuchskarnikel.

Jahr	#	Jahr	#
1990	-	2001	1
1991	1	2002	-
1992	-	2003	3
1993	-	2004	-
1994	1	2005	1
1995	2	2006	-
1996	-	2007	8
1997	1	2008	-
1998	-	2009	2
1999	-	2010	1
2000	1		

Die Dekompressionszeit t_d kann direkt aus der Haldane-Gleichung (1) berechnet werden. Der mathematische Weg hierfür ist andernorts genau beschrieben (Quelle: http://www.divetable.de/workshop/Formel_V1.htm). Hier die Formel zur Berechnung der Dekompressionszeit $t = t_d$:

$$t = -\tau / \ln 2 \cdot \ln [(P_t(t) - P_{alv0}) / (P_{t0} - P_{alv0})] \quad (2)$$

Das Kriterium für 'sichere' Dekompression wird in den Perfusionsmodellen als eine einfache lineare (Geraden-) Gleichung dargestellt ([65], S. 117, und [102], S. 119 ff):

$$P_{t, \text{tol.ig}} = P_{\text{amb}} / b + a \quad (3)$$

Variable	Definition
$P_{t, \text{tol.ig}}$	tolerierter Inertgasdruck, für jedes Kompartiment, (analog M) [Bar], Summe aller Partialdrücke der inerten Atemgase
a	Grenzwert bei einem theoretischen Umgebungsdruck von 0 Bar, d.h. der Achsenabschnitt [Bar]
P_{amb}	Umgebungsdruck, absoluter Druck der Atemgase [Bar]
b	1/b Druckgradient: Wert der Zunahme pro Druckeinheit Tiefe (dimensionslos), d.h. die Steigung der Geraden

Die a-/b-Koeffizienten sind Konstanten, die in Tabellen nachgeschlagen werden können; z.B. in [4], S. 27, in [5], S. 108 & 109, sowie in [65], S. 158.

Die direkte Abbildung der Gleichung (3) auf andere Perfusionsmodelle, z.B. das 'M-Value' Modell von Workman oder Schreiner, geschieht durch einen Vergleich der Parameter und Umrechnung der SI-Einheiten in imperiale; es ist u.a. dort beschrieben: http://www.divetable.de/workshop/Formel_V1.htm.

Dass die Anzahl der Kompartimente sowie die Absolutwerte der Koeffizienten sich im Laufe des letzten Jahrhunderts und auch von Autor zu Autor ändern, muss man mit Gelassenheit zur Kenntnis nehmen: hier spiegelt sich allenfalls der Trend zu einer zunehmend konservativer durchgeführten Dekompression wider, d.h. zu länger werdenden Dekompressions-Stops (u.a. in Egi et al.).

Die analytische Form (2) ist aber nur bei einem Inertgas, in diesem Falle N_2 , gegeben. Wird mehr als ein Inertgas benutzt, muss die Berechnung numerisch, d.h. über ein geeignetes Näherungsverfahren oder über Versuch-und-Irrtum, erfolgen. Bei Tri-Mix sind es deren zweie: nämlich N_2 und He. Die Inertgasaufnahme ist nun für beide Gase separat zu berechnen. Für Mischgase beschreibt Bühlmann dieses Standardverfahren in [65] S. 119:

$$P_t(t) = P_{t, \text{He}}(t) + P_{t, N_2}(t) \quad (4)$$

Die Gase unterscheiden sich im Molekulargewicht, den Löslichkeitskoeffizienten und auch in den Diffusionskonstanten (Quellen: Rostain JC, Balon N. Nitrogen Narcosis, the High Pressure Nervous Syndrome and Trimix. In: Moon RE, Piantadosi CA, Camporesi EM (eds.). Dr. Peter Bennett Symposium Proceedings. Held May 1, 2004. Durham, N.C.: Divers Alert Network, 2007; sowie: [102], S. 118)

Allerdings muss nun auch das Aufstiegskriterium an zwei Inertgasen angepasst werden, aus (3) wird damit einfach (3*):

$$P_{t, \text{tol.ig}} = P_{\text{amb}} / b^* + a^* \quad (3^*)$$

Es hat sich ein einfaches Gewichtungungsverfahren bewährt, um die neuen a^* - und b^* -Koeffizienten zu bestimmen. Hierbei werden die ursprünglichen a- und b-Koeffizienten (aus den Tabellen) für beide Gassorten gemäß dem jeweiligen Partialdruck im Kompartiment normalisiert (s. auch dazu die Bemerkung in [54] auf S. 86). Es gilt somit für jede Kombination von a- und b-Werten für jedes Kompartiment zu jedem Zeitpunkt t:

$$\begin{aligned} a^* &= a (\text{He} + N_2) = [(P_{t, \text{He}} \cdot a_{\text{He}}) + (P_{t, N_2} \cdot a_{N_2})] / (P_{t, \text{He}} + P_{t, N_2}) \\ b^* &= b (\text{He} + N_2) = [(P_{t, \text{He}} \cdot b_{\text{He}}) + (P_{t, N_2} \cdot b_{N_2})] / (P_{t, \text{He}} + P_{t, N_2}) \end{aligned} \quad (5)$$

Siehe dazu auch die Beispiele in [4], S. 27 sowie [5], S. 80 und Rodchenkov et al, S. 474.

Das Aufstiegskriterium ist nun selber zeitabhängig geworden: die a- und b-Koeffizienten sind jetzt über die Gewichtung (5) mit den Exponentialtermen der Sättigung verheiratet und keine Konstanten mehr wie im Falle von Druckluft/Nitrox. Die Skalierung der Kompartiment-Halbwertszeiten von N_2 zu He wird gemäß dem Graham'schen Gesetz mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Atomgewichte bestimmt (ca. 2,65). Dieses konstante Verhältnis wird nun bei allen 16 Kompartimenten unterschiedslos angesetzt. Und genau hier greift ebenfalls die Kritik durch ernsthafte Forscher (D'Aoust et al, S. 119 & 121; Lightfoot et al, S. 453 und Voitsekovich, S. 210): experimentell stellen sich die Perfusionsraten eben unterschiedlich dar!

Insbesondere scheint sich das Verhältnis von 2,65 nur für die Sättigung wirklich zu bestätigen (Berghage et al, S.6); ein Zustand von dem i.d.R. auch Tec-Taucher weit entfernt sind ...

Methoden

Vereinfacht dargestellt ist nun die Dekompressionszeit links und rechts des Gleichheitszeichens in Formel (2) zu finden; eine analytische Auflösung nach t_d ist wegen den Summen der Exponentialterme nicht möglich. Wie kann t_d trotzdem berechnet werden?

Grundsätzlich gibt es drei unterschiedliche Verfahren, die hier nur oberflächlich skizziert werden, da dies andernorts genau beschrieben ist: http://www.divetable.de/workshop/Formel_V3.htm.

- A) 'Versuch-und-Irrtum': für kleine Zeitschritte, z.B. 1 s oder 0,1 min, werden alle Terme berechnet und es wird kontrolliert, ob das Aufstiegskriterium erfüllt ist. Dieses ist die klassische 'numerische Lösung'.
- B) 'Quasi-analytisch': es wird ein Fehler in Kauf genommen und so getan, als ob (2) unverändert benutzt werden dürfe: die a-/b-Koeffizienten werden somit als Konstante für jede Austausch-Phase betrachtet.
- C) Eine Approximations-Methode, bei der die Exponential-Terme durch ein Polynom näherungsweise berechnet werden (= 'Taylor-Entwicklung') (Bronstein, Abschnitt: Die Entwicklung von Funktionen in Potenzreihen).

Für eine handelsübliche Desktop-Deco-Software sollte die Methode A) der Weg der Wahl sein, zumal die Rechengeschwindigkeit heutiger PCs so gewaltig ist, dass dem Benutzer keine langen Wartezeiten mehr zugemutet werden müssen. Ganz im Gegensatz zu handelsüblichen (Mischgas)-Tauchcomputern. Bedingt durch relativ hohe Entwicklungskosten für die wasserdichte Hardware und die, im Vergleich z.B. zu anderen mobilen Endgeräten wie Handys oder SmartPhones, geradezu marginalen Stückzahlen, werden dort regelmäßig keine full-custom ASICs sondern sehr einfach gehaltene und preiswerte Chips verwendet. Diese 'rechnen' etwas langsamer und 'glänzen' durch einen vergleichsweise hohen Energieverbrauch...

Die numerische Lösung A) benötigt im Vergleich zu B) mehr Rechenzeit und mehr Speicherplatz und Variablen: alles drei steht unter Wasser nicht unbegrenzt zur Verfügung! Es liegt deshalb nahe, die Methode B) überall da zu unterstellen, wo Kosten eine Rolle spielen, und das Ergebnis sofort zur Verfügung stehen muss.

Wie wird nun die Umsetzung für t_d bei handelsüblichen Produkten bewerkstelligt? Es ist die Crux dieser Thematik, dass Hersteller, egal ob von Tauchcomputer-Hardware oder Desktop-Deco-Software, entsprechende Nachfragen zur Implementierung entweder gar nicht oder aber mit dem Hinweis auf Firmengeheimnisse nur sybillinisch beantworten. Das bietet Raum für Vermutungen!

Um diese Frage trotzdem wenigstens halbwegs zufriedenstellend beantworten zu können, wurde folgende experimentelle Methode entwickelt: 480 Rechteckprofile aus dem Tec- und Recreational-Bereich mit den Tiefen 30 - 80 m (6 Profile im 10 m Abstand), und Grundzeiten 20 - 60 min (5 Profile im 10-min Abstand), in den He-Anteilen 5 - 80 % (16 Profile im 5 % Abstand), nur mit einem normoxischen Mix (d.h. keine Reise- oder Sauerstoff-angereicherten Dekompressionsgase) wurden jeweils mit 4 Softwareprodukten berechnet und miteinander verglichen: zwei kommerziell erwerbbar Produkte, eine Freeware/Shareware Version von DIVE (http://www.divetable.de/dwnld_g.htm, Version 2_900) sowie eine private Version 3_0 von DIVE.

Die Version 3_0 realisiert genau die Methode A), die öffentliche Version 2_900 ist mit dem 'Fehler' der Methode B) behaftet. Für die beiden kommerziellen Produkte konnte gemäß den obigen Ausführungen, trotz mehrfachem Nachfragen, leider keine verlässliche Aussage erhalten werden.

Die 4 Produkte wurden zunächst mit 40 verschiedenen Luft- und 40 verschiedenen EAN32-Rechteckprofilen gegenübergestellt, um die Konvergenz der numerischen Lösung gegenüber den handelsüblichen Programmen zu prüfen. Dies mag beispielhaft die folgende Tabelle (Tab. 3) mit den time-to-surface (TTS)-Werten für einen 40 m Tauchgang darstellen.

Nitrox/EAN 32 / 40 m	Grundzeiten [min]				
	20	30	40	50	60
TTS DIVE 2_900	8	16	28	42	55
TTTS DIVE 3_0: numerisch	7	17	28	40	57
TTS Produkt 3	5	15	28	41	53
TTS Produkt 4	7	16	28	41	54

Tab. 3: Vergleich von vier verschiedenen Produkten für einen Muster-Tauchgang auf 40 m mit Nitrox/EAN32, Grundzeiten 20 bis 60 min; TTS = time-to-surface, i.e. die Summe aller Dekompressionsstopp-Zeiten + Aufstiegszeit.

Weiterhin wurde die numerische Lösung einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, um sicherzustellen, dass nicht geringe Variationen in den Startparametern zu mathematischen Artefakten führen. Schlussendlich wurden alle 4 Produkte noch gegen den Gold-Standard geprüft: die 'Zürich 1986 Tabelle für Lufttauchgänge' (ZH-86) von A.A. Bühlmann ([65], S. 228). Hier sind Abweichungen im Bereich von ± 2 min pro Austauschstufe zu beobachten; stellenweise beginnen die Stopps auch 3 m tiefer gegenüber der Tabelle. Dies ist aber schon allein den unterschiedlichen Koeffizientensätzen geschuldet und auch so gewollt: die ZH-86 Tabelle benutzt den ZH-L 16B Koeffizientensatz ([65], S. 158), dem gegenüber benutzen Softwareprodukte und Tauchcomputer üblicherweise den ZH-L 16C Koeffizientensatz ([65], a.a.O.). Weiterhin behandelt eine schriftlich fixierte Tabelle Rundungen prinzipiell anders als ein Tauchcomputer. Dass eine veröffentlichte Tabelle nicht unbedingt mit den vom Computer gerechneten Werten harmonisieren muss, hat selbst der Altmeister der NEDU, Edward Thalmann, erkennen müssen (Zitat): 'I think some (Anm.: einige Einträge in der USN Tabelle) were just manually adjusted. They just went in and empirically added five minutes here and five minutes there, yeah.' Edward Thalmann, [113], Naval Forces under the Sea: The Rest of the Story, S. 63 – 70, 197, 274, 361 und die CD 'Individual Interviews'.

Um eine Vergleichbarkeit zu erzwingen, wurden alle Profile nur mit dem Koeffizientensatz gemäß ZH-L 16 C ([65], S. 158) gerechnet und keinerlei Anpassungen mittels Gradientenfaktoren vorgenommen. Des Weiteren mussten abhängig vom Produkt die Profile leicht modifiziert werden, um über unterschiedliche Auf- und Abstiegsgeschwindigkeiten die Grundzeiten und insbesondere die totale Inertgas-Dosis vergleichbar zu halten.

Ergebnisse

Offenbar gibt es signifikante Unterschiede bei der Berechnung von Dekompressionszeiten mit Mischgasen in Abhängigkeit des He-Anteils und der Größe der Dekompressionsverpflichtung, sprich der Inertgasdosis (Abb. 1). Diese Unterschiede sind nicht durch Variationen im Algorithmus sondern ausschließlich durch unterschiedliche Rechenweisen bedingt.

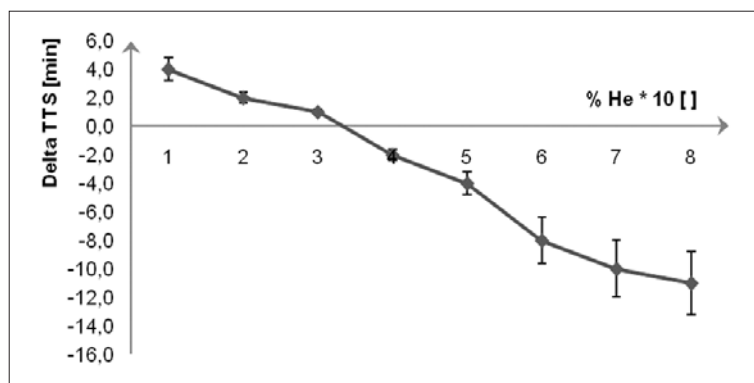


Abb. 1: Abweichungen der time-to-surface (TTS) in Abhängigkeit des He-Anteiles, beispielhaft an einem Tauchgang auf 40 m mit der Grundzeit von 40 min.

x-Achse: He-Anteil im Atemgas (10 bis 80 %)
y-Achse: delta TTS als arithmetischer Mittelwert aus den 3 Austauschzeiten gemäß:

$$\sum (t_{d,1} + t_{d,2} + t_{d,3}) / 3;$$

die $t_{d,i}$ sind die ermittelten Austauschzeiten der Produkte $i = 1 - 3$ (DIVE 2_900, Produkt 3, Produkt 4).

Die x-Achse ist als die 0-Linie der Austauschzeit der numerischen Lösung definiert. Als 'Fehler' [min] wird die Abweichung (delta TTS) dieses

Mittelwertes gegenüber der Austauschzeit aus der numerischen Lösung bezeichnet. Diese Mittelwertberechnung bot sich an, weil die ermittelten $t_{d,i}$ aller 3 Produkte relativ nahe beieinander lagen: die absoluten Fehler nehmen mit der Größe der Inertgasdosis sowie des He-Anteiles zu. Der Kurvenverlauf lässt sich durchgängig bei allen 480 Rechteckprofilen verfolgen. Er lässt sich grob qualitativ wie folgt skizzieren: im Bereich der He-Anteile 5 bis ca. 25 % wird die TTS überschätzt, d.h. die TTS ist zu groß, die Dekompression als zu konservativ angegeben. Im Bereich der für viele TEC-Taucher relevant ist, nämlich zwischen ca. 30 bis ca. 40 % He-Anteil, verschwindet der Fehler glücklicherweise, um bei größer werdendem He-Anteil rasch wieder zuzunehmen. In diesem Bereich ist die Dekompression als zu liberal, d.h. zu kurz, angegeben.

Diskussion

Da die Ergebnisse für alle getesteten 480 Mischgas-Profile der beiden gekauften Produkte und von DIVE 2_900 ziemlich nahe beieinander lagen, ist es nicht abwegig, eine gemeinsame Methode zu unterstellen. Diese gemeinsame 'Methode' bedeutet im Klartext, dass der 'Fehler' von DIVE 2_900 sich bei den anderen Produkten ebenfalls in der Implementierung widerspiegelt. Um es noch deutlicher zu sagen: die relative Gleichheit der Zahlenwerte lässt vermuten, dass bei den beiden gekauften Produkten die Methode B) angewendet wurde. Natürlich könnten auch Abweichungen bei ganz anderen Faktoren hierfür verantwortlich sein. Denkbar sind u.a.:

- undokumentierte Gradientenfaktoren,
- ein respiratorischer Koeffizient ungleich 1,
- andere Bewertung weiterer Inertgasanteile,
- andere Bewertung der Wasserdichte,
- 'empirisch' angepasste a-/b-Koeffizienten, dies insbesondere bei Helium, und damit auch



- leichte Abweichungen vom originären Helium ZH-L Halbwertszeitenspektrum,
- Benutzung des sog. '1b'-Kompartmentes anstatt oder zusätzlich zum Kompartiment '1' ([65], S. 158),
- von der Tiefe abhängig variable Aufstiegsgeschwindigkeiten,
- unterschiedlich gehandhabte Rundungen.

Krückstock-Lösungen als Software-Implementierungen, beruhend auf zu geringer Leistungsfähigkeit der eingesetzten Hardware sind speziell im Bereich Tauchcomputer bekannt: in den Anfängen der europäischen Tauchcomputerentwicklung gab es Produkte, die, statt eine vollständige Sättigung- & Entsättigung zu rechnen, lediglich gespeicherte Tabellenwerte interpolierten. Auch aktuell gibt es Implementierungen, welche, statt ein komplettes RGBM-Modell zu rechnen, im Kern auf ein modifiziertes ZH-L zurückgreifen.

Schlussfolgerungen

Was soll mit diesen, zugegebenermaßen theoretischen Betrachtungen erreicht werden? Keinesfalls soll irgendein Hersteller angeprangert werden, allein schon auf Grund der unsicheren Aktenlage, wie oben angedeutet, und den doch etwas kühnen Vermutungen. Deshalb werden auch keine Namen von Produkten genannt. Unbefriedigend ist aber die intransparente Situation bei den Implementierungen und die recht schleierhafte und mangelhafte Dokumentation von 'defaults', den Standardwerten und Konstanten in den Handbüchern dieser Software-Produkte und der Mischgascomputer. Um dies im Jargon der Tekkies zu formulieren: ist, wo ZH-L 'draufsteht, auch wirklich ZH-L drinne???

Die klare Botschaft soll aber sein, dass Dekompressionszeiten in einem digitalen Display, egal ob Tauchcomputer oder PC, durchaus interpretationsfähig sind. Und zwar nicht nur auf Grund statistischer Erwägungen und Messfehlern, sondern allein schon durch die Realisierung einer Berechnungsmethode; eben den Software-technischen 'Implementierungen'. Und das diese Interpretationsfähigkeit sich nicht nur im Promillebereich tummeln muss, sondern, in Abhängigkeit einer Inertgasdosis (z.B. Tauchtiefe • Tauchzeit) und des He-Anteiles, auch mal schnell im deutlich zweistelligen Prozentbereich enden kann...

Abb. 2: Zunächst werden automatisiert verschiedene sogenannte 'deep stop' Strategien gegeneinander kontrastiert und dann die Austauschprognosen detailliert: der erste Block (nach Methode B) der Dekompressionsstufen mit der time-to-surface (TTS; Summe aller Stoppzeiten + Aufstiegszeit) im Bereich von ca. 64 min kann durchaus bei handelsüblichen Deko-Programmen gefunden werden, der zweite Block (Methode A) ist die nicht gerundete numerische Lösung. Würde auf jeder Stufe gerundet, wie bei Tabellen und anderen Softwareprodukten üblich, landen wir bei ca. 81 min TTS. Bei Anwendung eines Gradientenfaktorenpaars im Block 3 mit beispielsweise GF High = 0,90 und GF Low = 0,65 wird mit ca. 93 min TTS ein Sicherheitspolster von 93 – 64 = ca. 30 min vorgegaukelt, welches sich so nicht darstellen lässt, da ja die 'echte' numerische Lösung erst bei ca. 81 min konvergiert.

maximale Ceiling:	12,56								
Vorschlag Haldane	2:1 =	15,00 m							
Vorschlag Hills, B.A.: DEEP STOP =		27,00 m							
PDIS für TAU =	15,98 min:	27,76 m							
PDIS für TAU =	23,44 min:	21,89 m							
PDIS für TAU =	34,67 min:	16,44 m							
Deko Prognose:									
15 m Stopp Prognose Dekozeit:	1,0		Komp. #:	5					
12 m Stopp Prognose Dekozeit:	3,0		Komp. #:	5					
9 m Stopp Prognose Dekozeit:	8,0		Komp. #:	7					
6 m Stopp Prognose Dekozeit:	15,0		Komp. #:	8					
3 m Stopp Prognose Dekozeit:	33,0		Komp. #:	10	TTS	= 64,0			
Deko Prognose numerisch:									
15 m Stopp APPROXIMATION :	0,25 Steps	N = 1,0	Komp. #:	5					
12 m Stopp APPROXIMATION :	3,25 Steps	N = 13,0	Komp. #:	6					
9 m Stopp APPROXIMATION :	8,00 Steps	N = 32,0	Komp. #:	7					
6 m Stopp APPROXIMATION :	16,75 Steps	N = 67,0	Komp. #:	8	TTS	= 78,2			
3 m Stopp APPROXIMATION :	45,25 Steps	N = 181,0	Komp. #:	11	TTS gerundet =	81,0			
Deko Prognose mit Gradientenfaktoren: GFHI = 0,90 GFLO = 0,65									
18 m Stopp Prognose Dekozeit:	3,0	GF = 0,65	Komp. #:	5					
15 m Stopp Prognose Dekozeit:	3,0	GF = 0,69	Komp. #:	5					
12 m Stopp Prognose Dekozeit:	6,0	GF = 0,73	Komp. #:	7					
9 m Stopp Prognose Dekozeit:	10,0	GF = 0,78	Komp. #:	8					
6 m Stopp Prognose Dekozeit:	20,0	GF = 0,82	Komp. #:	9					
3 m Stopp Prognose Dekozeit:	47,0	GF = 0,86	Komp. #:	11	TTS	= 93,0			

Um die im Titel gestellte Frage abschließend zu beantworten:

- 1) Ja, mit Gradientenfaktoren kann man defekte Perfusions-Algorithmen teilweise reparieren. Aber die Perfusionsmodelle funktionieren weitaus zufriedenstellender, als es der zurzeit landläufige Medienrummel um die Blasenmodelle vermuten lässt. Um es mit einem historischen Bonmot zu unterstreichen: 'Haldane works if you use it properly!', R.W. Hamilton, Decompression Theory: 17th UHMS workshop, p. 135; 1978
- 2) Ja, es werden Gradientenfaktoren benötigt, um schlechte oder auch nur schlampige Implementierungen für Mischgase auf die 'sichere Seite' zu hieven.

Zusammenfassend lässt sich dies an dem Test-Tauchgang (Tauchtiefe 42 m, Grundzeit 25 min, Atemgemisch: 20 % O₂, 80 % He) demonstrieren (Abb. 2).

Dank

geht an die GTÜM-Crew für die Möglichkeit, dieses Thema im Rahmen eines Vortrages bei der (hervorragend organisierten) 12. Wissenschaftlichen Tagung der GTÜM am 20.03.2011 vorzustellen sowie für das nachhaltige Interesse an dieser 'trockenen' Materie: insbesondere an Willi W. für ein konstantes peer review, an Jochen D. für redaktionelle Arbeit und die Geduld mit meiner oft unorthodoxen Vorgehensweise sowie an einige meiner TEC-Tauchschüler bei PADI Israel für die mühsame Tipparbeit mit den Deko-Programmen.

Referenzen

Die Nummern [] beziehen sich auf den entsprechenden Eintrag der Bücherliste unter: <http://www.divetable.de/books/index.htm>. Die Quellen zu den Perfusions-Algorithmen sind hauptsächlich die Folgenden, allseits bekannt und respektiert, sowie die bereits erwähnten Standardwerke über Tauchmedizin (s. auch CAISSON 2010;25(1):9):

- Boycott, AE, Damant, GCC & Haldane, JS. The Prevention of Compressed Air Illness, Journal of Hygiene, 1908;Volume 8:342-443
- Workman, RD. Calculation of Decompression Tables for Nitrogen-Oxygen and Helium-Oxygen Dives, Research Report 6-65, U.S. Navy Experimental Diving Unit, Washington, D.C. (26 May 1965)
- Schreiner, HR & Kelley, PL. A Pragmatic View of Decompression, Underwater Physiology Proceedings of the Fourth Symposium on Underwater Physiology, edited by C.J. Lambertsen. Academic Press, New York, 1971: 205-219
- Müller, KG & Ruff, S. Experimentelle und Theoretische Untersuchungen des Druck-Fall Problems, DLR, Forschungsbericht 71-48, Juli, 1971; sowie - Theorie der Druckfallbeschwerden und ihre Anwendung auf Tauchtabellen, DVL / Bericht – 623/ 1966
- [4] Dekompression - Dekompressionskrankheit, AA Bühlmann, Springer 1983; ISBN 3-540-12514-0
- [5] Tauchmedizin (Barotrauma, Gasembolie, Dekompression, Dekompressionskrankheit) AA Bühlmann, Springer, 1993, ISBN 3-540-55581-1
- [54] Enzyklopädie des Technischen Tauchens, Bernd Aspacher
- [62] Diving & Subaquatic Medicine, Carl Edmonds, Lowry, Pennefather, Walker, 4 th. Ed., Arnold, ISBN 0-340-80630-3
- [63] Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving Alf Brubakk, Neuman et al., 5 th Ed. Saunders, ISBN 0-7020-2571-2
- [64] Textbook of Hyperbaric Medicine, Kewal K. Jain; 3rd. Revised Ed., Hogrefe & Huber, ISBN 0-88937-203-9
- [65] Tauchmedizin, AA Bühlmann, EB Völlm (Mitarbeiter), P Nussberger; 5. Auflage in 2002, Springer, ISBN 3-540-42979-4
- [75] Bove and Davis' DIVING MEDICINE, AA. Bove, 4 th. edition, Saunders 2004, ISBN 0-7216-9424-1
- [102] Hills, BA. Decompression Sickness, 1977; Volume 1, The Biophysical Basis of Prevention and Treatment, John Wiley & Sons, Ltd.. ISBN 0 471 99457 X
- [113] Naval Forces Under the Sea: The Rest of the Story; 2007, Best Publishing Company, ISBN-13: 978-1-930536-30-2, ISBN-10: 1-930536-30-5
- Berghage TE (ed). Decompression Theory. 17th Undersea and Hyperbaric Medical Society Workshop. UHMS Publication Number 29WS(DT)6-25-80. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society, 1978; 180 pages
- Berghage, TE, TD David and CV Dyson. Species differences in decompression. Undersea Biomed Res 1979;6(1): 1-13
- Bronstein – Semendjajew: Taschenbuch der Mathematik, Verlag Harri Deutsch
- D'Aoust, BG, KH Smith, HT Swanson, R White, L Stayton, and J Moore. Prolonged bubble production by transient isobaric counter-equilibration of helium against nitrogen. Undersea Biomed. Res. 1979;6(2):109-125
- Egi SM, Gürmen NM. Computation of decompression tables using continuous compartment half-lives. Undersea Hyper Med 2000;27(3):143-153
- Lightfoot EN, Baz A, Lanphier EH, Kindwall EP, Seireg A. Role of bubble growth kinetics in decompression. In: Shilling CW, Beckett MW, eds. Underwater physiology VI. Proceedings of the sixth symposium on underwater physiology. Bethesda, MD, 1978 44-457
- Ljubkovic M, Marinovic J, Obad A, Breskovic T, Gaustad SE, Dujic Z. High incidence of venous and arterial gas emboli at rest after trimix diving without protocol violations. J Appl Physiol 2010;109:1670-1674
- Moon RE, Piantadosi CA, Camporesi EM (eds.). Dr. Peter Bennett Symposium Proceedings. Held May 1, 2004. Durham, N.C.: Divers Alert Network, 2007
- Rodchenkov SV, Skudin VK. Saturation decompression schedules based on a critical tissue supersaturation criterion.



Undersea Biomed Res 1992;19(6) 472-481

Voitsekhovich, I. A mathematical decompression model based on biophysical and physiologic laws. Undersea Hyperb. Med 1994;21(2):209-213

COCHRAN; www.divecochran.com

COMEX; www.comex.fr

DAN: Divers Alert Network; www.dan.org

DCIEM (alte Bezeichnung, jetzt): Defence Research and Development Canada; www.drddc-rddc.gc.ca

Journal of Applied Physiology: <http://jap.physiology.org/>

NEDU: Navy Experimental Diving Unit; www.supsalv.org/nedu/nedu.htm

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration www.noaa.gov und

NOAA Tauchsparte: <http://www.ndc.noaa.gov/>

UHMS: Undersea & Hyperbaric Medical Society; www.uhms.org

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. A. Salm

Obertorstr. 19

73728 Esslingen

director@divetable.de

Gradientenfaktoren bei Perfusions-Modellen vom Typ: ZH-L (Bühlmann, Hahn et al.) und 'M-Value' (Haldane, Workman, Schreiner et al.)

A Salm

Das Kriterium für 'sichere' Dekompression wird bei der Gruppe der Perfusions-Modelle durch eine einfache Gerade dargestellt; s. Gl. (3). Diese Gerade ist zwar mathematisch und auch in der Darstellung eine scharfe Trennlinie und trennt erlaubte/tolerierte Inertgaspartialdrücke in den Kompartimenten (unterhalb der M-Wertlinie) von denjenigen, bei denen das Risiko von DCS erhöht ist. In der Praxis ist das aber eine diffuse Grauzone.

Schon seit Beginn der Dekompressions-Forschung gab es viele Hinweise darauf, dass bereits vor Erreichen dieser 'theoretischen' Grenzlinie DCS auftreten könne, insbesondere:

- bei Wiederholungs-Tauchgängen ([65], S. 147, sowie: Haldane, S. 369/370: '...to add together the two periods of exposure...'),
- bei kalten und/oder anstrengenden Tauchbedingungen (NOAA Standard Procedure, Diving Manual, 4th. ed, p. 4-30; Haldane, S. 425),
- oder auch bei älteren und/oder übergewichtigen Tauchern (Haldane, S. 368; Fußnote auf S. 375; sowie S. 410: '...inclined to obesity... over 45 years...'),
- als auch bei Hautabkühlung und R/L-Shunt Phänomenen ([65], S. 159),
- sowie ab einem $pO_2 > 1$ Bar (Workman, S. 21).

Das Mittel der Wahl ist folglich die Reduktion dieser Grenzwerte: die traditionelle Quelle ([65], S. 147) spricht von 3 - 10 %. Haldane selber lässt die Stoppzeiten um bis zu 30 % anwachsen (ebd., S. 368). Als weiteres Beispiel hat Max Hahn 1985 die Koeffizienten des ZH-L 16 Systems für den Tauchcomputer 'Deco-Brain' bei der Software-Release P2-3 als Nachfolge-Release der P2-2 ebenfalls konservativer gestaltet als die veröffentlichten theoretischen Werte (Quelle: private Kommunikation). Dies bedeutet aber auch, dass Gradientenfaktoren (GF) schon seit Haldane benutzt wurden, nur war der terminus technicus jeweils ein anderer...

Gl. (3) ist als eine lineare Gleichung durch zwei Parameter definiert. Genau diese beiden können verändert werden. Die zwei Parameter einer linearen Gleichung sind:

- die Geradensteigung, hier $1/b$,
- der Achsenabschnitt, hier a .

Als GF bezeichnet man einen Faktor mit dem $1/b$ oder a (oder auch beide) multipliziert werden: Sind die $GF < 1$, ergeben sich reduzierte Grenzwerte, die Dekompression wird somit konservativer berechnet. Dies ist eine übliche Verfahrensweise bei der Planung technischer Tauchgänge: der GF gilt hierbei für die komplette Schar aller betrachteten Kompartimente.

Sind die GF > 1, wird die Dekompression aggressiver gestaltet, da die Stoppszeiten verkürzt werden. Die Methode, die als 'VGM' (Variable Gradient Method) bezeichnet wird, ordnet jedem Kompartiment seinen spezifischen GF oder ein spezifisches GF-Paar zu.

Haldane lässt als GF eine leichte Überschreitung seines '2:1' Grenzwertes zu (a.a.O., S. 367: 'slightly exceeded ...') Die traditionelle Quelle

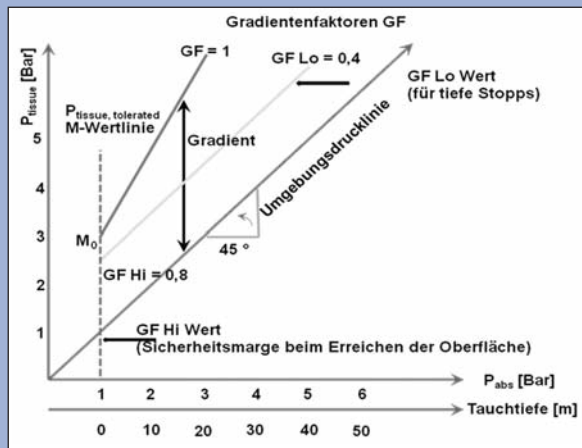


Abb. 1: Die M-Wertlinie ('M-Value') ist dabei identisch zu $P_{\text{tissue, tolerated}}$ zu sehen und wird analog zur Gl. (3) so berechnet: $M = M_0 + \Delta M \cdot D$, hierbei ist M_0 der maximale Wert bei Erreichen der Oberfläche (Tauchtiefe = 0), und ΔM ist die Steigung. Die Einheit der Tauchtiefe D ist feet, da die Matrix der M-Werte üblicherweise in fswa angegeben wird (s. Workman, S. 5). Somit entspricht M dem $P_{\text{tissue, tolerated}}$ dem maximal tolerierten Inertgaspartialdruck im Kompartiment.

([65], S. 157) hat sich damit begnügt, nur den Achsenabschnitt zu verändern, d.h. nur der Parameter a wurde verkleinert. Geometrisch entspricht dies einer Rechtsverschiebung der Geraden. Wird zusätzlich die Steigung $1/b$ verkleinert, wird die Dekompression noch konservativer gerechnet. Weiterhin können tiefere Stopps rechentechnisch erzwungen werden, indem statt mit einem GF mit einem Paar von GF gerechnet wird: einem GF High und einem GF Low. Tiefere Stopps werden mit dem GF Low erzwungen, der GF High repräsentiert die Sicherheitsmarge beim Erreichen der Oberfläche. Über eine lineare Skalierung wird der GF Low dem GF High Faktor stufenweise angenähert, da sonst die flachen Stopps überproportional länger ausfallen: dies wird üblicherweise in den Desktop-Deco-Programmen und auch bereits in einigen Mischgas-computern genauso implementiert:

Allerdings sollte auch hier Vorsicht die Mutter der Porzellan-Kiste sein: die in diesem Kasten und in den üblichen TEC-Publikationen und -Schulungsunterlagen dargestellte Graphik ist korrekt, aber auch durchaus suggestiv; um nicht zu sagen: eindimensional, nämlich nur für ein Kompartiment. In der durch GF generierten zusätzlichen Stoppszeit werden sich sicherlich die schnellsten sowie das jeweilige Leitkompartiment weiter entsättigen können; jedoch wird in allen langsameren Kompartimenten fröhlich weiter gesättigt. Dies galt aber schon immer, auch für den berühmten 'Sicherheits-Stopp'.

$$GF_m = (GF_{Hi} - GF_{Lo}) / \text{erste Stopptiefe}$$

$$GF = GF_{Hi} - GF_m \cdot \text{aktuelle Stopptiefe}$$

mit : $GF_{Hi} > GF_{Lo}$

Im ZH-L Modell werden die a - & b -Koeffizienten mit den GF so verziert:

$$a \rightarrow a \cdot GF \text{ sowie: } b \rightarrow b / (GF - GF \cdot b + b)$$

Schnupper-Tauchkurs vor der Ostseeinsel Fehmarn Anklage nach tödlichem Tauchunfall

JD Schipke

Im Juli vergangenen Jahres nahm ein fröhliches Urlaubsvergnügen ein tödliches Ende: Nach einem Schnupper-Tauchkurs vor der Ostseeinsel Fehmarn starb ein 10-jähriger Junge am Folgetag in einer Kieler Klinik und ein 16-jähriges Mädchen nach elf Tagen in der Universitäts-Klinik Lübeck.

Nach den einjährigen Ermittlungen von Polizei, Gutachtern und der Staatsanwaltschaft wurde nun Anklage gegen den Betreiber der Tauchbasis und seinen 20 Jahre alten Sohn erhoben, den damaligen Tauchlehrer. Nach Meinung des Oberstaatsanwaltes hätte der Tauchgang nicht durchgeführt werden dürfen. Daher der Vorwurf: fahrlässige Tötung.

Der Sohn des Betreibers hatte für den Tauchgang in der Ostsee keine ausreichende Qualifikation. Die Sicht sei schlecht gewesen (etwa 2 bis 3 m) und die Tauchgruppe für Anfänger viel zu groß, sagte Oberstaatsanwalt Spohr. Dennoch war der jugendliche Tauchlehrer am Unglückstag mit sechs Anfängern aufgebrochen.

Während des Tauchganges waren der 10-Jährige und die 16-Jährige aus 2,50 m Tiefe nicht wieder aufgetaucht. Vermutlich hatten die Beiden den Kontakt zur Gruppe verloren und in Panik die Atemregler aus dem Mund genommen. Zwar wurden sie nach der Bergung zunächst wiederbelebt, aber hatten nach der Hypoxie keine Überlebenschance.

Ebenfalls angeklagt ist der Vater als Betreiber der Tauchbasis. Er hätte seinem Sohn den Ausflug nicht übertragen dürfen. Offenbar war zunächst der Vater für den Schnupper-Kurs eingeplant. Nach mehrfachen Terminproblemen habe der Vater nicht erneut absagen wollen und seinen Sohn als Tauchlehrer mit den sechs Anfängern losgeschickt.



Abb. 1: Der Wulfener Hals auf der Südseite der Insel Fehmarn. Der Unfall ereignete sich etwa 50 m vor dem Wulfener Strand.

LEITENDER ARZT / ÄRZTIN

für Druckkammerzentrum Hannover GmbH (www.hbo-h.de) gesucht.

Günstige Arbeitsbedingungen.

Bewerbungen an Druckkammerzentrum Hannover GmbH,
Lister Krankenhaus, Lister Kirchweg 43, 30163 Hannover,
Tel. 0511-96561-0, Mail: info@hbo-h.de

Forschungsnetzwerk PHYPODE (Physiopathology of Decompression) gegründet

A Koch

Vor kurzer Zeit ist als ein neues Projekt zur weitergehenden Erforschung von Phänomenen der Dekompression das PHYPODE (Physiopathology of Decompression)-Projekt ins Leben gerufen worden.

Dieses innovative Netzwerk wird getragen von den Europäischen Union unter der 'Marie Curie Initial Training Networks'-Initiative, die jungen Wissenschaftlern Möglichkeiten eröffnet, z.B. im Rahmen von Promotionen Projekt-bezogene Forschung zu betreiben und in etablierte Teams einzusteigen.

Das Projekt PHYPODE soll vor dem Hintergrund weltweit zunehmender Aktivitäten unter wechselnden Umgebungsdruckbedingungen wie Raumflug, zunehmend tieferem Tunnelbau, Off-shore Ölsuche und natürlich dem immer weiter verbreiteten und zunehmend ambitionierten Sporttauchen neue Wege zur Beantwortung wichtiger offener Fragen zur Physiopathologie der Dekompressions-assoziierten Risiken beschreiten.

So soll ein Netzwerk aufgebaut werden, das die zurzeit fragmentierten Forschungsaktivitäten zur Physiopathologie der Dekompression zusammenzuführen vermag und es jungen Wissenschaftlern erlaubt, in einem internationalen Verbund Ressourcen gemeinsam zu nutzen und Wissen auszutauschen. Es ist somit Ziel, den gesamten Bereich der Dekompressionsphysiologie von der Grundlagenforschung bis hin zu angewandten Feldprojekten unter einem gemeinsamen Dach fruchtbar zusammenzuführen.

Zu den aktiven Partnern dieses innovativen Projekts gehören:

- ORPHY, University of Brest, France
- Medical University of Gdańsk
- Haute Ecole Paul Henri Spaak - Institut Supérieur de l'Etat de Kinésithérapie
- DAN Europe (Divers Alert Network Europe)
- University of Split
- Stellenbosch University, Faculty of Health Sciences
- IMEGO
- Dahab Hyperbaric Medical Center
- Military Hospital Queen Astrid
- AQUA3 s.r.l
- Mares S.p.A.
- COMEX S.A
- French Navy Diving School

Weitere Informationen bietet die website: www.phypode.org/

Korrespondenzadresse:

Dr. Andreas Koch
Hebbelstraße 9
24211 Preetz
a.koch@gtuem.org

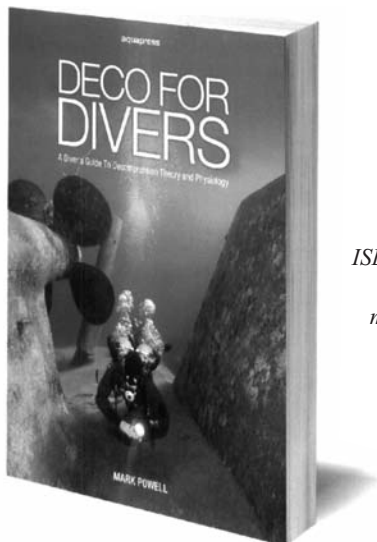


A Koch

Buchbesprechung

Deco for Divers

W Welslau



Mark Powell.
*Deco for Divers –
 A Diver's Guide to
 Decompression Theory
 and Physiology.*
 Aquapress
 (www.aquapress.co.uk).
 ISBN: 978-1-905492-07-7.
 Paperback, 245 S.,
 mit zahlreichen farbigen
 und S/W-Abbildungen.
 GBP 28,99

Wie hat Ihnen der Artikel 'Dekompressionsberechnungen für Trimix-Tauchgänge mit PC-Software: Reparieren Gradientenfaktoren defekte Algorithmen oder defekte Software-Implementierungen?' in diesem Caisson (S. 4) gefallen? Vielleicht denken Sie, dass Sie von dieser Thematik gern etwas mehr verstehen möchten, Ihnen aber ein leicht verständlicher und systematischer Zugang fehlte?

Deco for Divers (Untertitel: 'A diver's guide to decompression theory and physiology') von Mark Powell könnte hier eventuell helfen. Dieses englischsprachige Buch bietet einen umfassenden und detaillierten Überblick über Dekompression, über zugrunde liegende Theorien und über die spezielle

Physiologie. Auch hinsichtlich mathematischer Vorkenntnisse weniger beschlagenen Tauchern (und Taucherärzten) wird das Thema verständlich aufbereitet. Powell behandelt dabei nicht nur die Luftdekompression, sondern auch Nitrox- und Mischgas-Dekompression. Er beschreibt aktuelle Entwicklungen wie Tiefenstopps und befasst sich auch mit 'Advanced bubble models'. Das Buch füllt damit die Lücke zwischen verschiedentlich verfügbaren Einführungen in dieses Thema und Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, die nicht ohne einigen Aufwand zugänglich sind.

Der Verlag zitiert zwei renommierte Tauchmediziner mit Ihren Bewertungen dieses Buches: 'Dies ist ein wirklich bemerkenswertes Buch. Es behandelt all die unterschiedlichen Theorien über Dekompression und Aufstieg in für Taucher sehr gut lesbarer und verständlicher Form. Es gibt meines Wissens kein zweites Buch über Dekompression, das so einfach zu lesen ist und für den durchschnittlichen Sporttaucher und Technical diver so gut verständlich ist' (Peter B. Bennett). 'Das ist der umfassendste und gut geschriebene Text mit dem Ziel Tauchern die Dekompressionstheorie zu erklären, der mir je untergekommen ist' (Richard Vann).

Das Buch ist auch für Nicht-Muttersprachler gut verständlich, verzichtet weitgehend auf für Nicht-Tekkies unverständlichen Jargon und führt den Leser Schritt für Schritt von den Anfängen der Dekompressionsforschung über M-Values hin zu aktuellen Blasenmodellen.

Em@il und Lastschrift-€rmächtigung

Es ist ein sehr mühsames Geschäft, und es ist ja fast schon peinlich, dass wir immer noch darauf hinweisen müssen. Der GTÜM-Vorstand benötigt von allen Mitgliedern eine intakte EMAIL-Adresse (haben Sie Ihre in letzter Zeit geändert?) und ebenso eine LASTSCHRIFT-Ermächtigung für Ihre Mitgliedsbeiträge (Formular auf www.gtuem.org im Downloadbereich unter 'Administration'). Der GTÜM-Vorstand sieht sich sonst nicht in der Lage, seine ihm von der Mitgliederversammlung übertragenen Aufgaben zu erfüllen. Ich persönlich habe kein Verständnis dafür, wenn im Zusammenhang mit diesen Forderungen z.B. von 'Nötigung' die Rede ist. Wenn wir 'unseren Laden' mit vertretbarem Aufwand (ehrenamtlich!) weiter am Laufen halten wollen, dann müssen wir solche Mittel verwenden.

Dr. Wilhelm Welslau, Präsident der GTÜM e.V.

Kommentierte Literatur: Tauchen

Scuba-diving related deaths in Okinawa, Japan, from 1982 to 2007

Y Ihama¹, T Miyazaki¹, C Fuke¹, T Mukai², Y Ohno³, Y Sato⁴

¹ Department of Legal Medicine, School of Medicine, University of the Ryukyus, 207 Uehara, Nishihara, Okinawa 903-0125, Japan

² Department of Legal Medicine, St. Marianna University School of Medicine, Kanagawa 216-8511, Japan

³ Department of Legal Medicine, Nippon Medical School, Tokyo 113-8602, Japan

⁴ Department of Legal Medicine, Kyorin University School of Medicine, Tokyo 181-8611, Japan

We reviewed the autopsies of scuba-diving related deaths (SDRDs) that were collected from April 1982 until March 2007. In the period under consideration, a total of 40 SDRDs were registered, out of which 34 were males and 6 females. Ages ranged from 19 to 65 years, with the average of 41.5 years (SD = 12.9). Divers over the age of 40 accounted for 60% of all fatalities. The major cause of death was drowning (62.5%), followed by disease (28.5%). The average age for drowning and disease-related deaths was 38.6 (SD = 12.8) and 48.7 years (SD = 10.1), respectively. Of the 40 fatalities, 24 were beginners who had little or no experience. In this study, we compared SDRDs in the first term, from April 1982 to March 1995, and in the second term, from April 1995 to March 2007. The average age in the first and second terms was 35.4 and 45.2 years, respectively; the average age for the second term was 10 years older than the first. Of those in the first term, 13.3%, and of those in the second term, 40.0%, died from complications arising from already existing conditions. This study revealed that the onset of diseases during diving frequently causes fatal accidents, especially for older divers.

Keywords: Scuba-diving; Self-contained underwater breathing apparatus; Older diver; Autopsy; Okinawa

Tödliche Tauchfälle in Okinawa zwischen 1982 und 2007

Es werden Autopsien von Todesfällen vorgestellt, die sich zwischen April 1982 und März 2007 beim Tauchen mit Druckluft-Tauchgerät (DTG) ereigneten. In dieser Zeit wurden 40 derartige Todesfälle registriert (6 Frauen). Das Alter reichte von 19 bis 65 Jahre (41,5±12,9 Jahre; Mittelwert ± Standardabweichung). Taucher mit einem Alter oberhalb von 40 Jahren verursachten 60 % der Unfälle. Die überwiegende Todesursache war Ertrinken (62,5 %); ihr folgten Erkrankungen (28,5 %). Das mittlere Alter für Ertrinken und krankheitsbezogene Todesfälle betrug 38,6±12,8 bzw. 48,7±10,1 Jahre. An 24 der 40 Unfälle waren Anfänger mit wenig oder mit keiner Erfahrung beteiligt. Es wurden zusätzlich die Zeiträume zwischen April 1982 bis März 1995 und zwischen April 1995 bis März 2007 miteinander verglichen. Das mittlere Alter im ersten Zeitraum betrug 35,4 und im zweiten Zeitraum 45,2 Jahre. Das mittlere Alter im zweiten Zeitraum lag also 10 Jahre höher als im ersten Zeitraum. Im ersten Zeitraum verstarben 13,3 % und im zweiten Zeitraum 40,0 % durch Komplikationen, die sich aus vorbestehenden Bedingungen ergaben. Nach dieser Studie verursachen Erkrankungen während des Tauchens häufig tödliche Unfälle; insbesondere bei älteren Tauchern.

Schlüsselwörter: Scuba-Tauchen; Druckluft-Tauchgerät; ältere Taucher; Autopsie; Okinawa

Kommentar: JD Schipke

Einleitung

Tauchen mit Druckluft-Tauchgerät (DTG) wird kommerziell und als Sport ausgeführt. Diese Aktivität ist üblicherweise physisch nicht anspruchsvoll. Ein vernünftiger Gesundheitszustand und eine gewisse Fitness sind jedoch erforderlich [1-3]. Allerdings wird der Körper des Tauchers im Wasser physikalischen Gesetzen unterworfen, welche gegenüber

normalen Bedingungen verändert sind [4]. Das kardio-respiratorische System kann sowohl durch den Wasserdruck als auch durch den Atemregler in unterschiedlichem Umfang beansprucht werden [5]. Zudem können Taucher in der Unterwasser-Umgebung einem gewissen psychologischen Stress ausgesetzt sein.

Y Ihama, T Miyazaki, C Fuke, T Mukai, Y Ohno, Y Sato
Legal Medicine 2008;10:119-124

CAISSON 2011;26(3):16-23

Verschiedene physische und psychische Veränderungen können einen Unfall verursachen. Das gilt insbesondere für unerfahrene Taucher, da sich unter Wasser die Zeichen einer physischen Dysfunktion nicht rasch erkennen lassen. Eine derartige

Verzögerung kann sich zu einer lebensbedrohlichen Situation entwickeln und in einen tödlichen Unfall münden. Tauchen mit DTG ist keine Hochrisiko-Sportart, so wie viele es glauben [2]. Der Autor weist darauf hin, dass die Todeshäufigkeit dann hoch ist, wenn Taucher einen Unfall haben, und er schlussfolgert, dass die Todesrate pro Unfall sehr hoch ist. Die Autoren dieser Arbeit schließen sich diesen Schlussfolgerungen an und auch der Auffassung, dass die Verhütung von Tauchunfällen eine hohe Priorität haben muss.

In Japan gibt es 1 bis 2 Millionen Taucher [6]. Okinawa ist Japans südlichste Präfektur (Abb. 1). Sie umfasst mehr als 50 Inseln mit mehr als 300 Tauchplätzen. Daher wird diese Präfektur jedes Jahr von vielen Touristen aufgesucht, die dort mit DTG tauchen. Folgerichtig hat die Präfektur von Okinawa bereits im Jahre 1993 eine Verordnung erlassen, welche Unfälle im Wasser verhindern und die Sicherheit erhöhen soll. In Übereinstimmung mit dieser Verordnung wird bei allen tödlichen Unfällen während des kommerziellen Tauchens eine Autopsie durchgeführt, um die Todesursache festzustellen.



Abb. 1: Okinawa umfasst mehr als 50 Inseln mit mehr als 300 Tauchplätzen. Viele Touristen suchen diese Präfektur auf, um dort zu tauchen.

In dieser Studie werden Autopsien von 40 Todesfällen vorgestellt, welche sich zwischen April 1982 und März 2007 beim Tauchen mit DTG ereigneten.

Materialien und Methoden

Die retrospektive Übersichtsarbeit wurde am Institut für Rechtsmedizin der Universität von Ryukyus erstellt. Es wurden das Alter der Taucher erfasst, das Geschlecht, die Todesursache, die Tauch Erfahrung und die Umstände des Unfalles. Zu den berücksichtigten Faktoren gehören die Autopsieergebnisse und die Untersuchungsberichte. Die Fälle wurden in zwei Gruppen eingeteilt: Anfänger und erfahrene Taucher. Diese Einteilung geschah auf der Basis der jeweils für die Taucher vorhande-

nen Information. Es wurden auch die tödlichen Unfälle in einem ersten Zeitraum (April 1982 bis März 1995) mit einem zweiten Zeitraum (April 1995 bis März 2007) verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Alle 40 Tauchunfälle sind in der Tab. 1 zusammengestellt. In den ersten Zeitraum fallen 15 Fälle (1-15), und in den zweiten Zeitraum fallen 35 Fälle (16-40).

Alter. Das Alter reichte von 19 bis 65 Jahre: $41,5 \text{ Jahre} \pm 12,9 \text{ Jahre}$ (Mittelwert \pm Standardabweichung) (Abb. 2). Die älteren Taucher hatten einen hohen Anteil an den Todesfällen. 24 der Opfer waren älter als 40 Jahre (60 %). Obwohl keine exakten Statistiken über die Zahl und das Alter aller Taucher mit DTG zusammen getragen wurden, sind die meisten Taucher jung [6]. Unsere Untersuchung ergab, dass die Häufigkeit der Todesfälle bei den älteren Tauchern höher ist. Ältere Taucher mit einem Risikofaktor (altersbezogene physische Änderungen und langsamere Reflexe) haben mehr Tauchunfälle als jüngere [1,2]. Aus diesem Grunde sollten ältere Taucher sehr umsichtig tauchen.

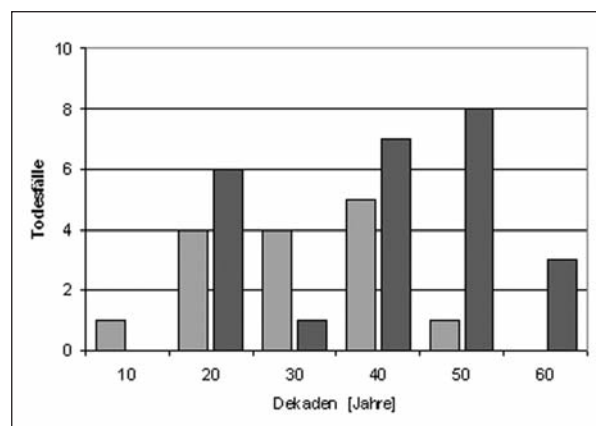


Abb. 2: Alter der tödlich verunglückten Taucher nach Dezennien. Weil ältere Taucher mit einem Risikofaktor mehr Tauchunfälle als jüngere haben, sollten ältere Taucher sehr umsichtig tauchen. Helle Säulen = erster Zeitraum, dunkle Säulen = zweiter Zeitraum. Gut zu erkennen ist die Zunahme der tödlichen Tauchunfälle bei den älteren Tauchern im zweiten Zeitraum.

Das mittlere Alter im ersten Zeitraum betrug $35,4 \pm 10,3$ Jahre und im zweiten Zeitraum $45,2 \pm 12,9$ Jahre. Damit lag das mittlere Alter für den zweiten Zeitraum 10 Jahre höher. Der Umfang der tödlichen Unfälle bei den über 40-Jährigen lag in dem ersten Zeitraum bei 40 % (6/15) und im zweiten Zeitraum bei 72 % (18/25). Bei den über 50-Jährigen kam es im zweiten Zeitraum zu 11 Todesfällen. Die Zunahme von älteren Tauchern im zweiten Zeitraum kann möglicherweise diese Beobachtung erklären.

Tab. 1: Profil der Fälle

Fall	Alter	Geschlecht	Todesursache	Taucherfahrung	Beruf / Sport	Tiefe [m]
1	37	m	Dekompressions-Erkrankung	-	Sport	0
2	19	m	Ertrinken	-	Sport	-
3	51	m	Hirnschaden nach Kollision mit Propeller	erfahren	Beruf	1
4	26	w	Ertrinken	-	Sport	1
5	30	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	30
6	48	m	Ertrinken	erfahren	Beruf	9
7	26	m	Ertrinken	Anfänger	Beruf	3
8	42	m	Ertrinken	erfahren	Sport	24
9	42	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	34
10	46	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	15 - 20
11	32	m	Ruptur von Ösophagusvarizen	Anfänger	Sport	7 - 8
12	27	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	34
13	32	m	Ruptur von Ösophagusvarizen	erfahren	Sport	20
14	24	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	2
15	49	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	-
16	35	m	Ertrinken	erfahren	Sport	43
17	65	w	Ertrinken	Anfänger	Sport	9
18	56	m	Ertrinken	erfahren	Sport	0
19	27	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	10
20	22	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	5
21	29	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	2
22	22	w	Hirnschaden nach Kollision mit Propeller	erfahren	Beruf	0
23	50	m	Ruptur Aortenaneurysma	Anfänger	Sport	25
24	48	m	Koronar-Versagen	Anfänger	Sport	26
25	46	m	akute Rhythmusstörungen	Anfänger	Sport	0
26	47	w	Ertrinken	Anfänger	Sport	4,2
27	52	m	Koronar-Versagen	erfahren	Sport	15
28	48	m	Ertrinken	erfahren	Sport	0
29	29	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	18
30	62	m	Endokarditis	Anfänger	Sport	10
31	41	m	Ertrinken	Anfänger	Beruf	-
32	28	w	Ertrinken	erfahren	Sport	41
33	52	m	Ertrinken	Anfänger	Sport	15
34	53	m	Ertrinken	erfahren	Sport	10
35	64	m	akuter Myokardinfarkt	Anfänger	Sport	19
36	64	w	akute Rhythmusstörungen	Anfänger	Sport	10
37	56	m	kardiale Tamponade nach Aortendissektion	Anfänger	Sport	0
38	41	m	Pneumonie	erfahren	Sport	6 - 7
39	55	m	Ertrinken	erfahren	Sport	-
40	47	m	akute Rhythmusstörungen	Anfänger	Sport	10

Aus dem kommerziellen Tauchen mit DTG hat sich in der letzten Zeit ein Familiensport für Jedermann entwickelt. Ihn üben daher auch ältere Menschen aus. Für einige aktive ältere Menschen mit angemessenem finanziellem Hintergrund und mit genügend Freizeit scheint das Tauchen mit DTG eine gute Form der Erholung darzustellen. In der Zukunft müssten möglicherweise besondere Vorsichtsmaßnahmen gegenüber der Beteiligung von ältern Tauchern ergriffen werden, um tödliche Unfälle beim Tauchen zu verhindern.

Geschlecht. Von den 40 tödlich Verunfallten waren 34 Männer und 6 Frauen. 14 Männer und eine Frau verstarben im ersten Zeitraum und zwanzig Männer und 5 Frauen im zweiten Zeitraum. Damit war im zweiten Zeitraum die Todeshäufigkeit von Frauen leicht angestiegen, was sich durch die vermehrte Zahl von Frauen bei den Tauchern erklären ließe [6].

Todesursachen. Weil es für die Todesfälle mehrere Faktoren gab, wurde die Todesursache im Hinblick auf externe und interne Faktoren untersucht. Die Todesursache ist in Abb. 3 zusammengestellt: Ertrinken (25), interne Erkrankungen (12), Trauma (2) und Dekompressionserkrankung (1). Damit war Ertrinken die häufigste Todesursache (62,5 %). In einer früheren Studie war Ertrinken ebenfalls die häufigste Todesursache [1]. Obwohl es schwer ist, sollte der Grund des Ertrinkens unbedingt bestimmt werden. Das Ertrinken von Tauchern mit DTG kann das Ergebnis von exogenen/externen und endogenen/internen Faktoren sein. Die Bestimmung von externen Faktoren fordert die Untersuchung der Ausrüstung und des Tauchplanes, während die Bestimmung der internen Gründe eine Autopsie erfordert [7]. Derartige Informationen könnten zur Analyse von

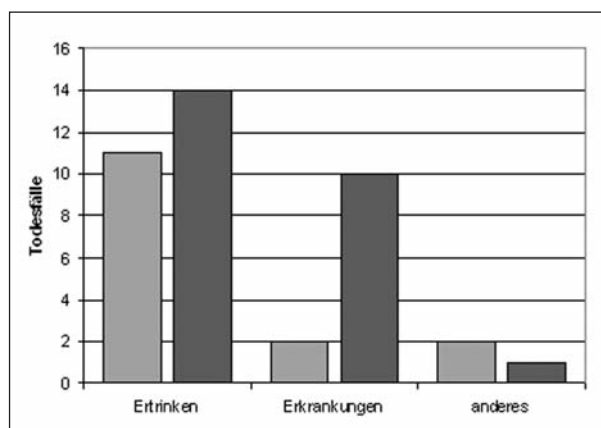


Abb. 3: Häufigkeit der Todesursachen. Im ersten und im zweiten Zeitraum war jeweils Ertrinken die häufigste Todesursache. Zusammen lag der Anteil bei 62,5 %. Helle Säulen = erster Zeitraum, dunkle Säulen = zweiter Zeitraum.

Tauchrisiken verwendet werden, und sie könnten sicherlich zur Unfallprävention beitragen.

Autopsien zeigen gelegentlich, dass zugrundeliegende Erkrankungen während des Tauchens verstärkt werden [8]. In der vorliegenden Studie starben zwölf Opfer infolge interner Erkrankungen, zu denen kardiale Geschehen (7), Ruptur oesophagealer Varizen (2), Aneurysmaruptur (1), Aortendissektion (1) und Pneumonie (1) gehörten. In früheren Arbeiten wurden ebenfalls kardiale Erkrankungen als die häufigsten zugrunde liegenden Bedingungen für tödliche Tauchunfälle genannt [2,4].

Der Anstieg des venösen Rückstromes als Folge der Immersion bedeutet eine zusätzliche Last für das kardiale System. Wir fanden zwei Varizenrupturen, eine Aneurysmaruptur und eine Aortendissektion. Die Veränderungen des Wasserdruckes während des Tauchens könnten – mehr als man sich vorstellt – einen weit größeren Einfluss auf die Hämodynamik haben.

Unfallopfer Fall 23

Es handelte es sich um einen 50 Jahre alten Mann. Er war Anfänger. Er berichtete auf einer Tiefe von 17 m über ein unangenehmes Gefühl in den Ohren, führte den Tauchgang dennoch fort. Auf 25 m fühlte er sich krank und versuchte mit seinem Instruktor die Oberfläche zu erreichen. Auf 15 m wurde er bewusstlos. An der Oberfläche war ein Herzstillstand eingetreten. Die Autopsie ergab eine Ruptur eines Aortenaneurysmas. Der Druckwechsel hatte einen deutlichen Effekt auf das vorexistierende Aortenaneurysma.

Bewegungsarmut und ein genereller Mangel an Fitness haben einen signifikanten Einfluss auf das kardiale und pulmonale System [1]. Wenn ein Taucher ermüdet, kann das zusammen mit anderen Faktoren zu einem tödlichen Unfall führen. Die meisten tödlichen Unfälle (78 %: 28 Opfer) ereigneten sich in Tiefen, die geringer als 20 m waren, und sechs dieser Unfälle ereigneten sich an der Oberfläche nach dem Tauchgang (Fälle 1, 18, 22, 25, 28, 37) (Abb. 4). Nach einer früheren Untersuchung [2] ereignen sich die meisten tödlichen Unfälle in einer Tiefe von weniger als 20 m. Die Mehrheit ereignet sich bei etwa 10 m, und 16 % der tödlichen Unfälle ereignen sich an der Oberfläche nach dem Tauchgang. Diese Angaben sind ebenfalls in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen.

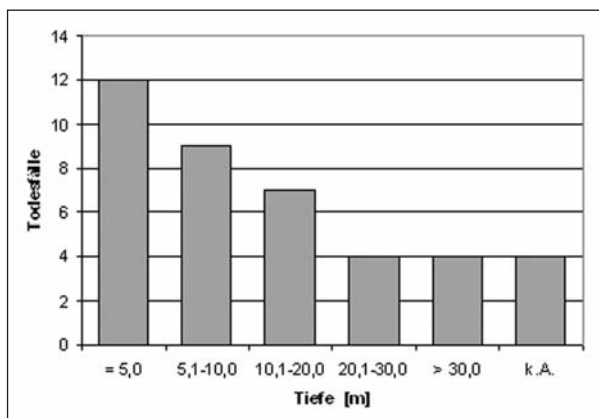


Abb. 4: Tiefe der Tauchgänge, bei welchen sich tödliche Unfälle ergaben. Viele Unfälle liegen in geringen Tiefen.

Todesursache und mittleres Alter innerhalb des ersten und des zweiten Zeitraumes sind in der Abb. 3 bzw. der Abb. 2 zusammengestellt. Im zweiten Zeitraum hatten die Todesfälle durch Erkrankungen zugenommen, und das mittlere Alter war deutlich erhöht: Im zweiten Zeitraum hat die Zahl der älteren Taucher mit vorbestehenden Erkrankungen zugenommen.

Vor dem Tauchgang ist jeder Taucher zur Selbstauskunft verpflichtet. Allerdings kann darüber ein Tauchrisiko nicht effizient aufgefunden werden [1,8]. Bei einer experimentellen, medizinischen Untersuchung von Kandidaten für das Gerätetauchen in Australien kam es in 20 % der Fälle zu Fehleinschätzungen [1]. Die größte Schwierigkeit, Risikotaucher auszumachen, besteht in der Abwesenheit von Symptomen und der Unkenntnis von vorhandenen physischen Störungen. Je normaler das Tauchen mit DTG, desto sorgfältiger die medizinische Tauchtauglichkeits-Untersuchung.

Andererseits kann in einer Reihe von Fällen nicht nachgewiesen werden, dass eine zugrunde liegende Erkrankung unmittelbar zum Tode führte. So kann z.B. eine Autopsie nicht zeigen, ob es zu funktionellen Störungen, Arrhythmien oder Panikattacken vor dem Ertrinken kam. Nach den Zeugenaussagen und anderen verfügbaren Informationen könnten sieben Taucher aus der vorliegenden Studie (10, 12, 15, 19, 20, 26, 32) vor dem Ertrinken desorientiert gewesen sein. Mit Ausnahme des Falles 32 waren alle anderen Anfänger, und deren Verwirrtheit könnte den tödlichen Ausgang der Unfälle hervorgerufen haben.

Selbst wenn das Ertrinken durch eine Störung zustande kam, muss die Abwesenheit einer Verletzung und einer Erkrankung mit Hilfe einer Autopsie bewiesen werden. Entsprechend muss eine Auto-

psie nicht nur durchgeführt werden, um eine Verletzung oder eine Erkrankung nachzuweisen, sondern auch um eine exklusive Diagnose zu erhalten.

Tauchtauglichkeit. Tauchen mit DTG ist typischerweise keine körperlich anstrengende Aktivität. Aber es erfordert einen vernünftigen Gesundheitszustand und eine vernünftige Fitness. Einige Taucher betreiben das Tauchen trotz mangelnder Gesundheit weiter.

Unfallpfer Fall 38

Es handelte sich um einen 41-jährigen, männlichen, hocherfahrenen Taucher. Er war erkältet und hatte über einige Tage vor dem Tauchen Medikamente eingenommen. Er wurde tot an der Oberfläche aufgefunden. Die Autopsie ergab eine makroskopische, schaumige Flüssigkeit in den Atemwegen und eine Überdehnung der Lunge. Die histologische Untersuchung der Lunge wies eine milde, bronchiale Pneumonie nach. Wir denken, dass eine milde, bronchiale Pneumonie eine Atmungsstörung während des Tauchens auslösen kann. Ermüdung könnte einige Verhaltensstörungen während des Tauchens auslösen.

Unfallpfer Fall 32

Es handelte sich um eine 28-jährige Frau mit großer Taucherfahrung. Um für das Tauchen Urlaub zu erhalten, arbeitete sie die Nacht vor dem Tauchgang durch. Sie tauchte, obwohl sie sich müde fühlte. Auf einer Tiefe von 41 m kritzelte sie 'Panik' auf die Schreiftafel und kehrte an die Oberfläche zurück. An der Oberfläche war der Herzstillstand eingetreten. Die Autopsie ergab makroskopisch lediglich Ertrinken, und so hat vermutlich die Müdigkeit eine funktionelle Störung unter Wasser ausgelöst. Eine schlechte physische Kondition ist sicherlich einer der wichtigen Gründe für tödliche Tauchunfälle. Das gilt sowohl für Anfänger als auch für erfahrene Taucher.

Die tödlichen Unfälle sind aber nicht nur das Ergebnis der körperlichen Eignung sondern sind auch das Ergebnis des Tauchplanes. Inadäquate Tauchpläne verursachten einige Male tödliche Unfälle.

Unfallopfer Fall 28

Das Opfer war ein 28 Jahre alter männlicher, sehr erfahrener Taucher. Trotz schlechten Wetters, Windstärken von 10 m/s und Wellen mit einer Höhe von 4 m, ging er tauchen. Am Ende des Tauchganges schlug er mit dem Kopf gegen das Tauchboot, wurde in die Wellen zurückgeworfen und verschwand. Eine Stunde später wurde er tot aufgefunden. Er hatte einige Verletzungen am Kopf und eine subarachnoidale Blutung. Eine zu optimistische Betrachtung der Umgebungsbedingungen führen manchmal zu einem tödlichen Unfall.

Ein inadäquater Tauchplan führt andererseits häufig zur Dekompressionserkrankung (DCS). Das Entstehen einer DCS ist eng assoziiert mit der Tauchtiefe und der Grundzeit eines Tauchganges. Damit ist der Tauchplan ein wichtiger Faktor [9,10]. In der vorliegenden Studie gab es lediglich einen DCS-Fall. Vermutlich lag das daran, dass es sich bei den Tauchern um Touristen handelte, welche mit ihren InstruktorInnen innerhalb einer sicheren Tiefe von ≤ 20 m tauchten. Zusätzlich ist die medizinische Versorgung bei einer DCS in Okinawa gesichert und kann damit Patienten retten. Andererseits ist es schwierig, eine DCS lediglich anhand einer Autopsie zu diagnostizieren, weil intravasculäres Gas auch einen Gasungsprozess reflektieren könnte [9,10]. Es gab bei der Autopsie keine anderen spezifischen Befunde für eine DCS. Für die forensischen Pathologen ist es ausgesprochen wichtig, Experten zu konsultieren, welche den Tauchplan und die Umstände bewerten können [3,7].

Tauchen mit DTG und Erfahrung. Die Fälle wurden relativ grob in Tauchanfänger und erfahrene Taucher unterteilt (Abb. 5). Bei den 37 Tauchern, bei denen überhaupt Informationen über die Tauch Erfahrung vorlagen, waren 24 Anfänger. Smith [2] weist darauf hin, dass sich mindestens die Hälfte aller Unfälle und Todesfälle bei den Tauchern ereignen, die weniger als zwei Jahre Erfahrung oder weniger als 60 Tauchgänge haben. In dieser Studie handelte es sich bei ungefähr 65 % aller tödlichen Unfälle um Tauchanfänger oder um solche, die zum ersten Mal tauchten.

Taucher treffen auf vorhersehbare und auf unvorhersehbare Geschehnisse. Nach früheren Studien hätten sehr wenige tödliche Unfälle verhütet werden können [2,4]. In einer gefährlichen Situation wird sich vermutlich ein erfahrener Taucher ange-

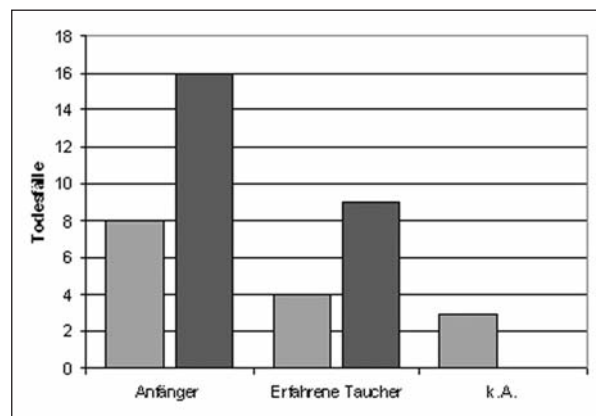


Abb. 5: Etwa die Hälfte der Unfälle ereignet sich bei Anfängern. Das gilt gleichermaßen für den ersten Zeitraum = helle Säulen, wie auch für den zweiten Zeitraum = dunkle Säulen.

messener verhalten und ein Durcheinander vermeiden. Im Gegensatz dazu wird ein unerfahrener Taucher nicht wissen, wie er sich verhalten soll und deswegen konfus reagieren. Konfusion endet oft tödlich [2]. Der wichtigste Grund für tödliche Unfälle lässt sich möglicherweise auf den Mangel an Erfahrung bei unerfahrenen Tauchern zurückführen (Abb. 5). So kann z.B. die mangelnde Vertrautheit mit der Ausrüstung dazu führen, dass der Taucher nicht zwischen sicheren und gefährlichen Situationen unterscheiden und konsequent reagieren kann.

Unfallopfer Fall 20

Es handelte es sich um einen 22-jährigen männlichen Tauchanfänger. Zu Tauchbeginn berichtete er dem Instruktor, dass das Mundstück schlecht funktionierte. Der Instruktor prüfte das Mundstück und empfahl einen vorsichtigen Gebrauch. Auf 5 m reagierte der Taucher panisch und nahm trotz der Warnung des Instructors das Mundstück heraus. Obwohl der Instruktor den ertrinkenden Taucher an die Oberfläche brachte, starb dieser an einem Hypoxie-induzierten Hirnschaden. Die spätere Untersuchung ergab kein Fehlverhalten des Mundstückes. Damit ließ sich nicht klären, ob es sich um einen externen oder internen Grund für das Ertrinken handelte. Panische, hyperventilierende Taucher können die Kapazität der Atemregler überschreiten. In der Konsequenz können gestörte, luftungewohnte Taucher ihren Atemregler noch während des Tauchganges aus dem Mund nehmen [2]. Es kann sein, dass dieser Taucher in eine ähnliche Situation geraten war.

Das mittlere Alter der Tauchanfänger und der erfahrenen Taucher war nahezu gleich: 42,3 bzw. 43,3 Jahre. Das Alter der erfahrenen Taucher im ersten und im zweiten Untersuchungszeitraum betrug jeweils 43,3 Jahre. Aber das mittlere Alter der Tauchanfänger im ersten Zeitraum betrug 34,5 und im zweiten Zeitraum 46,2 Jahre und war damit bei den Tauchanfängern im zweiten Zeitraum etwa 12 Jahre höher (zufällig waren alle drei Taucher über 60 Jahre Tauchanfänger). Die Ergebnisse spiegeln die Tatsache wider, dass Tauchen mit DTG eine normale Sportart für ältere Menschen geworden ist. Vermutlich haben unerfahrene, ältere Taucher potentielle Risikofaktoren. Zu diesen gehören altersbezogene, physische Veränderungen und langsamere Reflexe, welche ein hohes Risiko für tödliche Unfälle darstellen.

Unerwartete Unfälle. Manche unvorhersehbaren Unfälle ereignen sich infolge von Problemen mit der Ausrüstung oder der Umgebung, und der leichteste Unfall kann zum Tode führen [4,11].

Unfallopfer Fall 19

Im Fall 19 handelte es sich um einen 27-jährigen, männlichen Anfänger. Auf 10 m berichtete er seinem Instruktor eine Unregelmäßigkeit und nahm sein Mundstück heraus. An der Oberfläche wurde er tot aufgefunden. Die Rückenflosse eines Steinfisches steckte in seinem linken Fußling und durchschnitt die linke Sohle. Steinfische werden normalerweise in flachen tropischen Gewässern gefunden. Sie haben große, mit Gift versehene Flossen [12]. Tritt man zufällig auf einen Steinfisch, verursacht die Vergiftung unmittelbar quälende Schmerzen und eine beachtliche Schwellung [12]. Vermutlich war der Taucher auf einen Steinfisch getreten und in der Folge von quälendem Schmerz gepeinigt in Panik geraten.

Unfallopfer Fall 8

In diesem Fall handelte es sich um einen 42-jährigen, männlichen Instruktor mit über 20-jähriger Tauch-Erfahrung. Er tauchte in eine Unterwasser-Höhle auf 24 m und wurde später am Ende der Höhle mit leerem DTG tot aufgefunden. Die Autopsie ergab keine Verletzungen, und es gab auch keine Anzeichen eines Geräteversagens. Die Untersuchung

ergab, dass die Flossen des Tauchers eine Staubwolke aufgewirbelt hatten, durch welche die Sicht in der Höhle behindert wurde. Aufgrund der Autopsie und der Untersuchung hat der Instruktor vermutlich konfus reagiert und den Richtungssinn verloren [13].

Unfallopfer Fall 22

Manchmal erleiden Taucher auch einen nautischen Unfall. Dieses Mal handelte es sich um eine 22-jährige Instruktorin. Nach dem Tauchgang schlug sie mit dem Kopf gegen das Tauchboot. Sie verstarb an einer Gehirnverletzung infolge einer Kollision mit dem Propeller. Taucher sollten sich darüber bewusst sein, dass unerwartete Risiken in ihrer Nähe versteckt sind.

Für ein sicheres Tauchen. In der vorliegenden Studie ergaben sich 35 von 40 (88 %) Todesfälle beim Sporttauchen mit DTG. 29 dieser Taucher waren Touristen von anderen japanischen Präfekturen. Die Hälfte der Vorkommnisse ereignete sich im Sommer (= Juli bis September), der besten Tauchsaison. Viele Taucher schließen sich einer Tauchtour an und reisen zu einem Tauchplatz. Einige dieser Touren haben einen engen Zeitplan. Manchmal tauchen die Touristen relativ früh nach der Ankunft eines Morgenfluges. Andere beginnen mit dem Tauchen nach einer langen Reise. Zusätzlich erfolgen bei einer Reihe von Tauchtouren die Instruktionen sofort für Alle, wodurch Anfänger nur schwer Schritt halten können.

Taucher haben häufig Ängste und Frustrationen während des Tauchganges, und der psychologische Stress kann Arrhythmien oder eine Hyperventilation triggern. Arrhythmien kommen während einer Tauchanstrengung 22 mal so häufig wie bei einer Anstrengung an Land vor [14]. Die Arrhythmien während des Tauchens mit DTG können durch einen vergrößerten venösen Rückstrom, Unterwasser-Arbeit, Temperaturänderung, Luftanhalten oder Hyperventilation ausgelöst werden. Zusätzlich kann eine Hypoxämie und die Katecholaminfreisetzung zu letalen Arrhythmien führen [4,8,11].

Um ein erfreuliches Tauchen mit DTG zu ermöglichen, müssen sowohl die Taucher als auch die Tauchveranstalter Sicherheitsmaßnahmen beachten [7]. Allerdings liegt es ganz überwiegend am Instruktor, wie Anfänger tauchen. Und die Instruk-



toren haben wenig Erfahrung mit dem Krisenmanagement [13]. So benutzen Anfänger typischerweise eine Leihhausrüstung und ziehen diese so an, wie es der Instruktor sagt. Obwohl die Verantwortung für die Ausrüstung beim Tauchveranstalter liegt, stellt sich die Frage, ob Taucher mit einer unvertrauten Ausrüstung sicher tauchen können.

Unfallopfer Fall 26

Es handelte sich um eine 47-jährige Frau ohne Taucherfahrung. Sie erhielt eine Grundausbildung im Pool, konnte aber im Gegensatz zu den anderen Teilnehmern ihre Maske nicht ausblasen. Nach der Poolausbildung brachte der Instruktor die Touristen zum Meer. Die Frau teilte ihrer Familie ihre Befürchtungen vor dem Tauchgang mit. Auf 4,2 m gelang ihr erneut das Maske ausblasen nicht, und sie ertrank fast infolge ihrer Konfusion. Sie wurde ins Krankenhaus gebracht und verstarb sieben Tage nach dem Unfall an einer Hypoxie-induzierten Hirnschädigung als Folge des (Fast-)Ertrinkens. Ihre Angst und ihr Unfähigkeit, die Maske auszublasen, könnte ihre Konfusion ausgelöst haben.

Schlussfolgerung

Die akkurate Untersuchung von tödlich verlaufenen Tauchgängen mit DTG ist schwierig. Es ist aber wichtig, die Gründe zu bestimmen, welche zu tödlichen Unfällen führen, um so effiziente und präventive Maßnahmen zu entwickeln. Die Implementierung von aktiven und präventiven Maßnahmen ist immer besser als die alleinige Reaktion nach einem Geschehen. Das gilt insbesondere für Tauchunfälle, bei denen der Anteil von tödlichen Unfällen hoch ist.

Die Untersuchung der Gründe eines Unfalles bedarf einer umfassenden Inspektion, zu welcher der Tauchplan und die Überprüfung der Ausrüstung gehören. Es ist zudem klar, dass Autopsien in diesem Zusammenhang notwendig sind. Diese Studie zeigt, dass eine einsetzende Erkrankung während eines Tauchganges zu einem tödlichen Ausgang führen kann. Das gilt insbesondere für ältere Taucher. Die Anzahl der älteren Taucher wird wahrscheinlich in Zukunft zunehmen. Das liegt an der zunehmenden Attraktion des Tauchens für diejenigen, welche Zeit und Mittel dafür haben. Es ist daher für alle Instruktor und Taucher wichtig, die angemessenen Gesundheitsvoraussetzungen für das Tauchen mit DTG zu verstehen, um damit ein sicheres Sporttauchen zu ermöglichen.

Lesenswerte Literatur

1. Wilks J. Scuba diving and snorkeling safety on Australia's great barrier reef. *J Travel Med* 2000;7:283-9
2. Smith N. Scuba diving: how high the risk? *J Insur Med* 1995;27:15-24
3. Waller SO. Autopsy features in scuba diving fatalities. *Med J Aust* 1970;1:1106-8
4. Obafunwa JO, Busuttil A, Purdue B. Deaths of amateur scuba divers. *Med Sci Law* 1994;34:123-9
5. Goldhahn RTJ. Scuba diving deaths: a review and approach for the pathologist. *Leg Med Annu* 1977;1976:109-32
6. Japan productivity center for socio-economic development. White paper of leisure 2006: baby boomers, 2007 issue and the future of leisure. Tokyo: Buneisha; 2006, pp 38, 42
7. Findley TP. An autopsy protocol for skin- and scuba-diving deaths. *Am J Clin Pathol* 1977;67:400-3
8. Obafunwa JO, Purdue B, Busuttil A. Endomyocardial fibrosis in a scuba diving death. *J Forensic Sci* 1993;38:1215-21
9. Saukko P, Knight B. Dysbarism and barotrauma. In: Knight's forensic pathology. London: Arnold; 2004. pp. 488-91
10. Cole AJ, Griffiths D, Lavender S, Summers P, Rick K. Relevance of postmortem radiology to the diagnosis of fatal cerebral gas embolism from compressed air diving. *J Clin Pathol* 2006;59:489-91
11. Busuttil A, Obafunwa J. A review of the forensic investigation of scuba diving deaths. *Sci Justice* 1995;35:87-95
12. Khoo HK. Bioactive proteins from stonefish venom. *Clin Exp Pharmacol* 2002;29:802-6
13. Mukai T, Ohno Y, Uchima E, Kajiwara M, Nakazato M, Nagamori H. A case of scuba death in a submarine cave. *Res Pract Forens Med* 1990;33:171-6
14. McDonough JR, Barutt J, Saffron JC. The medical problems of underwater diving. *N Engl J Med* 1992;326:1498

Korrespondenzadresse

Department of Legal Medicine
School of Medicine
University of the Ryukyus
207 Uehara, Nishihara
Okinawa 903-0125
Japan

Preliminary observations on the effects of hypoxic and hyperbaric stress on pulmonary gas exchange in breath-hold divers

E Garbella, A Piarulli, E Fornai, A Pingitore, R Prediletto

Institute of Clinical Physiology, National Research Council and National Research Council-Tuscany Region, Pisa, IT

Aim: To evaluate pulmonary alveolar-capillary membrane integrity and ventilation/perfusion mismatch after breath-hold diving.

Methods: Pulmonary diffusing capacity to carbon monoxide (DLCO) and nitric oxide (DLNO), haemoglobin (Hb) and haematocrit (Hct) were measured in six elite divers before and at 2, 10 and 25 minutes after a maximal breath-hold dive to a depth of 10 metres' sea water.

Results: Compared to pre-dive, DLCO showed a slight increase at 2 minutes in five subjects and a tendency to decrease at 25 minutes ($P < 0.001$) in all subjects. DLNO showed an increase at 10 minutes in three divers and a slight decrease at 25 minutes in five subjects. There was a small but significant ($P < 0.001$) increase in Hb and Hct at 2 minutes, possibly affecting the DLCO measurements.

Conclusions: An early but transient increase in DLCO in five divers may reflect the central shift in blood volume during a breath-hold dive. The late parallel decrease in DLCO and DLNO likely reflects alveolar-capillary distress (interstitial oedema). The DLNO increase in three subjects at 10 minutes may suggest ventilation/perfusion mismatch.

Keywords: breath-hold diving; physiology; pulmonary function; pulmonary oedema; carbon monoxide; nitric oxide

Beobachtungen des Effektes von hypoxischem und hyperbarem Stress auf den pulmonalen Gasaustausch bei Apnoe-Tauchern

Ziel: Bewertung der Integrität der pulmonalen Alveolar-Kapillar-Membran und das Missverhältnis von Ventilation/Perfusion nach Apnoe-Tauchen.

Methodik: Pulmonale Diffusionskapazität gegenüber Kohlenmonoxid (DLCO) und Stickstoffmonoxid (DLNO), Hämoglobin (Hb) und Hämatokrit (Hk) wurden bei sechs Elitetauchern vor und zwei, zehn und 25 min nach einem Apnoe-Tauchgang von maximaler Dauer (Tiefe: 10 m) gemessen.

Resultate: Im Vergleich zur Kontrolle war die DLCO bei fünf Teilnehmern nach 2 min leicht angestiegen und nahm bei allen Teilnehmern nach 25 min tendenziell ab ($p < 0,001$). Die DLNO war bei drei Tauchern nach 10 min angestiegen und nahm bei fünf Teilnehmern nach 25 min leicht ab. Hb und Hk waren nach 2 min moderat aber signifikant angestiegen ($p < 0,001$), wodurch vermutlich die DLCO-Messungen beeinflusst wurden.

Schlussfolgerungen: Der frühe und passagere Anstieg der DLCO bei fünf Tauchern könnte eine Zentralisierung des Blutvolumens während des Apnoe-Tauchganges widerspiegeln. Die späte, parallele Abnahme von DLCO und DLNO widerspiegelt vermutlich einen alveolär-kapillären Disstress (interstitielles Ödem). Der DLNO-Anstieg bei drei Teilnehmern nach 10 min legt ein Ventilations/Perfusions-Missverhältnis nahe.

Schlüsselwörter: Apnoe-Tauchen; Physiologie; Lungenfunktion; Lungenödem; Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffmonoxid

Übersetzung: JD Schipke

Einleitung

Das Tieftauchen unter Apnoe stellt auf Grund komplexer physikalischer und physiologischer Zusammenhänge eine extreme Herausforderung an einen Freitaucher dar (Abb. 1). Unter anderem führt

Apnoe-Tauchen zu signifikanten Veränderungen des pulmonalen Systems. Dazu gehört die Verkleinerung der Lunge durch die Tiefe, die Erhöhung der Durchblutung und eine Zentralisierung des Blutes, eine lokale, hypoxische Vasokonstriktion und eine heterogene Blutverteilung [1,2]. Während die heterogene Umverteilung des pulmonal-kapillären Blutes zu einem Missverhältnis zwischen Ventilation und Perfusion führen könnte und dadurch den pulmonalen Gasaustausch beeinflusst,

*E Garbella, A Piarulli, E Fornai, A Pingitore, R Prediletto
Diving and Hyperbaric Med; 2011;41(2):97-100*

CAISSON 2011;26(3):24-27

könnte die akute Zunahme des transkapillären Druckes die Alveolarmembran strecken und ihre Integrität schwächen. Dadurch kann es zu einem interstitiellen alveolären Ödem oder sogar zu einer Blutung kommen [3-5].

Die pulmonale Umverteilung, ein frühes subklinisches interstitielles Ödem und eine alveoläre Blutung können funktionell durch verschiedene Modifikationen der Lungen-Diffusions-Kapazität (DLCO) unterschieden werden: frühe und vorübergehende Anstiege, bzw. späte und anhaltende Abnahmen bzw. frühe und anhaltende Anstiege [5,6]. Die DLCO ist sowohl von Eigenschaften der alveolären Oberfläche (Fläche, Dicke und Integrität) als auch vom pulmonalen Blutvolumen und die Durchblutung betroffen [7]. Ein Ventilations/Perfusions-Missverhältnis lässt sich ableiten, indem man die Ein-Atemzug-Diffusionskapazität gegenüber der DLCO im gleichen Atemzug mit Stickstoffmonoxid (DLNO) koppelt. DLNO-Messungen sind unabhängig von der Kapillardurchblutung und dem kapillären Blutvolumen. Diese Messungen repräsentieren daher die wahre Membran-Diffusionskapazität [8].

In einer vorläufigen Studie sollten daher die DLCO und die DLNO vor und nach einem Apnoe-Tauchen von maximaler Länge auf einer Tiefe von 10 m bei einer kleinen Gruppe von freiwilligen Tauchern bestimmt werden. Dabei sollten gleichzeitig die Effekte des hydrostatischen Druckes und der Hypoxie auf die Lungenfunktion zu einem frühen Zeitpunkt nach dem Tauchgang erfasst werden.

Methodik

Teilnehmer

Sechs gesunde, nichttauchende Elite-Apnoe Taucher (eine Frau), bei denen keine Vorerkrankungen bekannt waren, wurden in die Studie eingeschlossen. Sie hatten alle mindestens eine fünfjährige Apnoe-Tauch-Praxis und erreichten Tiefen über 30 m. Keiner der Teilnehmer berichtete ein Barotrauma der Lunge oder eine Dekompressionserkrankung, und die aktuelle Untersuchung lieferte normale Ergebnisse. Keine Medikamente und kein Alkohol wurden innerhalb von fünf Tagen vor Studienbeginn aufgenommen.

Zusätzlich durften die Teilnehmer vor Testbeginn keine Tauchgänge durchführen. Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Helsinki-Deklaration durchgeführt, und das Protokoll war vom italienischen Forschungsrat genehmigt. Weder das Protokoll vor noch nach dem Tauchgang wurde als eine Gefahr für die Tauchaktivität betrachtet. Alle Teilnehmer hatten sich schriftlich bereit erklärt, an der Studie teilzunehmen.



Abb. 1: Komplexe physikalische und physiologische Zusammenhänge bedeuten für den Apnoe-Tieftaucher eine große Herausforderung, die unter anderem das pulmonale System betreffen.

Foto mit freundlicher Genehmigung: A von Bötticher

Experimentelles Vorgehen

Die Studie wurde im Juni auf der Insel Asinara (IT) durchgeführt. Ein Tauchplatz mit einer Tiefe von 10 m wurde in der Nähe eines kleinen Piers ausgewählt. Die Wassertemperatur betrug etwa 24 °C. Der Testtauchgang führte über die maximal mögliche Apnoedauer auf eine Tiefe von 10 m. Vor diesem Tauchgang fanden zum Aufwärmen dynamische Apnoe-Tauchgänge ebenfalls auf 10 m statt. Die Kontrollmessungen wurden nach einer 10-minütigen Akklimatisation an der Wasseroberfläche vorgenommen. Alle Messungen vor und nach dem Tauchgang wurden durchgeführt, während die Teilnehmer saßen; sie trugen Tauchanzüge.

Messungen

Die folgenden Messungen wurden durchgeführt: Venöse Blutproben (Ellenbeuge) für Hämoglobin (Hb) und Hämatokrit (Hk), transjugulares Dopplerecho zur Abschätzung des Herzzeit-Volumens (MY LAB 30, Esaote); [9] spirometrische Indices und Lungenvolumen; DLCO, DLCNO, alveoläres Volumen (V_A), Ein-Atemzug-Messung, die letzte Größe wurde durch die He-Dilutionstechnik mit einem tragbaren, computerisierten Spirometer (Sensormedics) erfasst. Das Spirometer wurde vor Beginn der Studie auf den Umgebungsdruck, die Umgebungstemperatur, die Feuchtigkeit, den

Lungenfluss und das Lungenvolumen kalibriert. Doppelmessungen von DLCO, DLNO und V_A wurden innerhalb von 5 min wiederholt. Nach Beendigung dieser Kontrollmessungen bereiteten sich die Taucher innerhalb von 80 ± 20 s auf den Tauchgang vor. Alle Messungen – mit der Ausnahme der Spirometrie – wurden 2, 10, und 25 min nach Tauchende wiederholt.

Die Referenzwerte für die Spirometrie wurden von Quanjer hergeleitet [10,11]. Für die Ein-Atem-Diffusionstests wurden die europäischen Referenzgleichungen für den CO- und NO-Lungen-transfer verwendet [8,12-14]. Die DLCO-Werte wurden um das gemessene Hb und den CO-Gegendruck adjustiert, um so zwischen den eigentlichen und zeitabhängigen Veränderungen im Gas-transport und der Messvariabilität unterscheiden zu können [12]. Die Blutproben wurden in einem tragbaren Kühltank gelagert und innerhalb von 4 h nach der Gewinnung in einem nahegelegenen Krankenhauslabor analysiert.

Ergebnisse

Vor dem Tauchgang hatten alle Teilnehmer eine normale respiratorische Funktion und normale Lungendiffusionsgrößen (Tab. 1). Der Test-Tauchgang dauerte im Mittel 270 ± 53 s. Die pulmonale Diffusionskapazität für Kohlenmonoxid (DLCO) veränderte sich signifikant über die Zeit ($p < 0,01$). Für die Lungendiffusionskapazität gegenüber

Tab. 1: Deskriptive Charakteristika der Teilnehmer. Die genannten Werte wurden einmalig erhoben, und sie werden zusammen mit Sollwerten (%) präsentiert. FEV1: Einsekundenkapazität; V_A : alveoläres Volumen; DLCO: Diffusionskapazität gegenüber Kohlenmonoxid; DLNO: Diffusionskapazität gegenüber Stickstoffmonoxid

Parameter	Mittelwert \pm Standardabweichung
Alter [Jahre]	34 ± 8
Body Mass Index [kg/m^2]	22 ± 2
Vitalkapazität, VC [l]	$6,26 \pm 1,06$
FEV1/VC [% Sollwert]	98 ± 5
Totale Lungenkapazität [l]	$7,13 \pm 1$
DLCO [$\text{ml}/\text{min}/\text{mmHg}$]	$12,5 \pm 2,25$
DLCO [% Sollwert]	103 ± 21
DLNO [$\text{ml}/\text{min}/\text{mmHg}$]	$49,8 \pm 9$
DLNO [% Sollwert]	141 ± 25
Hämoglobin [g/l]	133 ± 16
Hämatokrit [%]	41 ± 4
Herzzeitvolumen [l/min]	$3,8 \pm 1,5$

Stickstoffmonoxid (DLNO) ergab sich keine signifikante Veränderung. Gegenüber der Kontrolle war die DLCO 2 min nach dem Tauchgang bei fünf Teilnehmern erhöht, und bei allen sechs Teilnehmern fand sich eine tendenzielle Abnahme 25 min nach Tauchgangsende ($p < 0,001$). Im Gegensatz dazu zeigte die DLNO keinen klaren Trend nach 2 min, einen Anstieg bei drei Teilnehmern nach 10 min und bei fünf Teilnehmern eine leichte Abnahme nach 25 min. Das Hb und der Hk zeigten einen klaren zeitabhängigen Effekt ($p < 0,03$ bzw. $p < 0,04$). Beide waren 2 min nach dem Tauchgang angestiegen ($p < 0,001$; Hk: $1,77 \pm 0,80$ %). Das Herzzeitvolumen war nach dem Tauchgang nicht signifikant vermindert. Obwohl die Korrelationen zwischen ΔDLCO und ΔHb oder ΔHk keine statistische Signifikanz erreichten ($r = 0,78$, $p < 0,08$ bzw. $r = 0,82$, $p < 0,07$) war ein klarer Trend erkennbar. Er erreichte vermutlich wegen der kleinen Gruppengröße keine statistische Signifikanz.

Diskussion

Es werden hier die ersten Beobachtungen der mechanischen und hypoxischen Effekte einer maximalen Unterwasser-Apnoe auf die Integrität der alveolar-kapillären Membran vorgestellt (Abb. 2). Die Untersuchung erfolgte über die Erfassung der

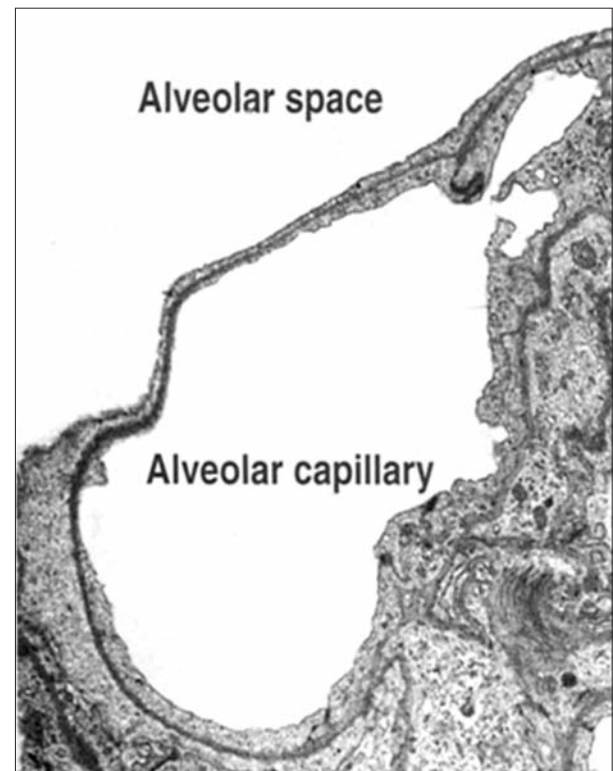


Abb. 2: Die alveolar-kapilläre Membran ist zwischen 0,1 und 1,0 μm dick. Eine akute Zunahme des trans-kapillären Druckes kann die Alveolarmembran strecken und ihre Integrität schwächen. Es kann zum interstitiellen alveolären Ödem oder zur Blutung kommen.

nach Kierszenbaum, Mosby Elsevier, 2007



Diffusionskapazität für Stickstoffmonoxid (DLNO) und Kohlenmonoxid (DLCO). Unsere Beobachtungen scheinen in Übereinstimmung mit einer initialen Hypothese aus einer früheren Studie zu sein, bei der lediglich die DLCO bestimmt wurde, und nach welcher Apnoe-Tauchen eine Schädigung der alveolar-kapillären Membran auslöste [5].

Ein früher transients DLCO-Anstieg nach dem Tauchgang scheint eine Zentralisierung des Blutes in die pulmonale Zirkulation widerzuspiegeln. Diese Vorstellung wird dadurch unterstützt, dass sich zu diesem Zeitpunkt die DLNO und die DLCO unterschiedlich entwickelten. Andererseits sprechen sowohl die leichte DLNO-Abnahme und die signifikante DLCO-Abnahme zum Zeitpunkt 25 min nach Tauchgangsende für einen alveolar-kapillären Disstress, z.B. ein interstitielles pulmonales Ödem.

Zusätzlich könnte der DLNO-Anstieg nach 10 min bei drei der sechs Teilnehmer ein Ventilations/Perfusions-Missverhältnis widerspiegeln, welches das Ergebnis einer pulmonal-kapillären Blutumverteilung zuzuschreiben ist. Bei dieser Studie sieht es so aus, dass die DLCO-Messung durch Änderungen des Hb und Hk, aber nicht durch das Herz-Zeit-Volumen beeinflusst war. Letztlich sind Anstiege im Hb und Hk früh nach dem Tauchgangsende in Übereinstimmung mit der Tauchantwort (= Milzkontraktion) [1].

Eine wesentliche Limitation der vorliegenden Studie besteht in dem kleinen Stichprobenumfang (sechs Freiwillige / vier Messzeitpunkte) und der großen Variabilität zwischen den Teilnehmern. Wegen technischer Einschränkungen konnte das Protokoll nur ein Mal pro Teilnehmer durchgeführt werden, so dass die Reproduzierbarkeit der Beobachtungen innerhalb eines Teilnehmers nicht erfasst wurde.

Um die beobachteten Effekte dennoch vernünftig statistisch evaluieren zu können, wurden nicht-parametrische, statistische Tests angewendet. Diese Tests werden im Wesentlichen nicht durch inter-individuelle Variabilität beeinflusst [15]. Unser Stichprobenumfang ist zu klein, um daraus solide Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Lesenswerte Literatur

1. Lindholm P, Lundgren CE. The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. *J Appl Physiol* 2009;106(1):284-92, Epub 2008 Oct 30
2. Hopkins SR, David, LL. Heterogeneous pulmonary blood flow in response to hypoxia: a risk factor for high altitude pulmonary edema? *Respir Physiol Neurobiol* 2006;151:217-28
3. West JB. Understanding pulmonary gas exchange: ventilation-perfusion relationships. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2004;287:L1071-2
4. West JB, Tsukimoto K, Mathieu-Costello O, Prediletto R. Stress failure in pulmonary capillaries. *J Appl Physiol* 1991;70:1731-42
5. Prediletto R, Fornai E, Catapano G, Carli C, Garbella E, Passera M, et al. Time course of carbon monoxide transfer factor after breath-hold diving. *Undersea Hyperb Med* 2009;36:93-101
6. Lindholm P, Ekborn A, Oberg D, Gennser M. Pulmonary edema and hemoptysis after breath-hold diving at residual volume. *J Appl Physiol* 2008;104:912-7
7. Roughton FJW, Forster RE. Relative importance of diffusion and chemical reaction rates in determining rate of exchange of gases in human lung, with special reference to true diffusing capacity of pulmonary membrane and volume of blood in the capillaries. *J Appl Physiol* 1957;11:290-302
8. Aguilaniu B, Maitre J, Glénét S, Gegout-Petit A, Guénard H. European reference equations for CO and NO lung transfer. *Eur Respir J* 2008;31:1091-7
9. Mellander M, Sabel KG, Caidahl K, Solymar L, Eriksson B. Doppler determination of cardiac output in infants and children: comparison with simultaneous thermodilution. *Pediatric Cardiol* 1987;8:241-6
10. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-38
11. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6 (Suppl. 16):5-40
12. Macintyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, van der Grinten CP, Brusasco V, et al. Standardisation of the single breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J* 2005;26:720-35
13. Cotes JE, Chinn DJ, Quanjer PH, Roca J, Yernault JC. Standardization of the measurement of transfer factor (diffusing capacity). Report Working Party Standardisation of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;(Suppl. 16):41-52
14. Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005;26:511-522
15. Friedman M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association* 1937;32(200):675-701

Korrespondenzadresse

Dr. Renato Prediletto, MD PhD, FCCP
Institute of Clinical Physiology
University Pisa, IT
predile@ifc.cnr.it

Hematocrit change in tropical scuba divers

STB Williams¹, FGR Prior², P Bryson¹

¹*Diving Diseases Research Centre, Tamar Science Park, Research Way, Plymouth, UK*

²*Osmosis Unit, 26 Cotlands Park, Longniddry, Scotland, UK*

Objective: Direct evidence that dehydration results from scuba diving is scanty. Increased hematocrit (Ht) is a commonly used proxy measure for dehydration. This study sought evidence that an increase in Ht occurs over the course of a scuba dive in tropical conditions. As a secondary outcome, evidence was sought that the degree of Ht increase is correlated to pressure exposure.

Methods: Twenty male and 21 female scuba divers were recruited at a remote tropical dive site. Water temperature was 30 °C (± 1 °C). Each diver gave venous blood relating to 1 dive only. Mean maximum dive depth was 13.6 m (± 3.7 m [SD]) and mean duration 39.5 minutes (± 4.5 minutes [SD]) using air as the breathing gas. Blood was taken at a mean of 12.4 minutes (± 3.5 minutes [SD]) before diving and a mean of 16.2 minutes (± 3.7 minutes [SD]) after diving. After centrifugation of microcapillaries, Ht was estimated on a visual plate reader.

Results: A paired Wilcoxon test showed evidence ($P < .001$) for a change in Ht. The mean difference between pre-dive and post-dive measurements was 0.0073 (95% confidence interval: 0.0104-0.0042), equating to a mean relative Ht increase of 1.78%. Similar results were found for the sexes individually. A correlation between maximum depth of dive and Ht increase was statistically significant, although the correlation itself was weak ($P = .049$, Spearman's $r = .326$).

Conclusions: There is evidence of a statistically significant increase in Ht over the course of a single warm-water scuba dive. This increase is small and is within the range of error associated with the techniques of Ht estimation employed in this study. Depth exposure was found to correlate with Ht increase. In view of the small magnitude of change in the Ht, there is no reason to amend protocols for fluid resuscitation of recreational scuba divers suspected to have experienced decompression injury in tropical locations.

Keywords: dehydration; hematocrit; diving; tropical environment

Der Hämatokrit bei Scuba-Tauchgängen in den Tropen

Studienziel: Direkte Hinweise darauf, dass Scuba-Tauchen eine Dehydratation verursacht, sind selten. Ein angestiegener Hämatokrit (Hk) ist eine übliche Ersatzgröße für Dehydratation. Mit dieser Studie sollte nachgewiesen werden, dass der Hk im Verlaufe eines Scuba-Tauchganges unter tropischen Bedingungen ansteigt. In einem weiteren Schritt sollte nachgewiesen werden, dass das Ausmaß des Hk-Anstieges mit der Druckexposition korreliert.

Methodik: 20 männliche und 21 weibliche Scuba-Taucher wurden an einem entfernt gelegenen, tropischen Tauchplatz für die Studie rekrutiert. Die Wassertemperatur betrug 30 °C (± 1 °C; SD). Jeder Taucher lieferte zu einem Tauchgang gehörten venöse Blutproben ab, welche. Die mittlere maximale Tiefe betrug 13,6 m ($\pm 3,7$ m) und dauerte im Mittel 39,5 min ($\pm 4,5$ min). Als Atemgas wurde Luft verwendet. Die Blutentnahme erfolgte im Mittel 12,4 min ($\pm 3,5$ min) vor und im Mittel 16,2 min ($\pm 3,7$ min) nach dem Tauchgang. Nach der Zentrifugation der Mikrokapillaren wurde der Hk von einer Schablone abgelesen.

Ergebnisse: Der gepaarte Wilcoxon-Test ergab Erhöhungen des Hk ($p < 0,001$). Die mittlere Differenz zwischen den Werten vor dem Tauchen und nach dem Tauchen betrug 0,0073 (95 % Konfidenzintervall: 0,0104 – 0,0042). Dieser Werte entsprach einem mittleren relativen Hk-Anstieg von 1,78 %. Für Männer und Frauen waren die Ergebnisse vergleichbar. Die maximale Tauchtiefe und die Hk-Zunahme korrelierten statistisch signifikant, aber die Korrelation war schwach ($p = 0,049$; Sperman's $r = 0,326$).

Schlussfolgerungen: Es gibt Evidenzen für einen statistisch signifikanten Hk-Anstieg im Verlaufe eines Scuba-Tauchganges im warmen Wasser. Der Anstieg war klein und lag innerhalb des Fehlerbereiches der Hk-Messtechnik. Die Druckexposition korrelierte mit dem Hk-Anstieg. Im Hinblick auf die moderaten Hk-Abnahmen scheint es überflüssig, die Protokolle für den Flüssigkeitsersatz für Urlaubstaucher zu verbessern, welche im Verdacht stehen, eine Dekompressionserkrankung in einem tropischen Tauchgebiet erlitten zu haben.

Schlüsselwörter: Dehydratation; Hämatokrit, Tauchen; Tropen

Kommentar: JD Schipke

STB Williams, FGR Prior, P Bryson
Wilderness and Environmental Medicine 2007;18,
000 000:38-42

CAISSON 2011;26(3):28-32

Einleitung

Der Hämatokrit (Hk) kann als eine Ersatzgröße für die Hydratation verwendet werden. Für Feldstudien mit einer begrenzten Ausrüstung steht damit ein einfach durchzuführendes Verfahren zur Verfügung. Der Hk ist allerdings lediglich eine Schätzung für die intravaskuläre Hydratation, denn er macht keinen Unterschied zwischen einem Flüssigkeitsverlust aus dem Körper und einer Flüssigkeitsverschiebung zwischen Kompartimenten. Als ein Quotient beschreibt der Hk sowohl Änderungen des Erythrozytenvolumens als auch des Plasmavolumens. Bei Gesunden kann man davon ausgehen, dass das Erythrozytenvolumen konstant ist. Bei Sporttauchern muss diese Annahme nicht notwendigerweise korrekt sein, da die Kontraktion der Milz als ein Teil der Tauchantwort [1] und als Antwort gegenüber Arbeit [2] betrachtet wird. Die hämatologischen Änderungen, welche durch diese Mechanismen hervorgerufen werden, kehren innerhalb von 10 min nach dem Luftanhalten [3,4] und innerhalb von 20 min nach Beendigung der maximalen Arbeit [5] auf Ausgangswerte zurück. Ob diese Befunde auch auf Taucher mit Drucklufttauchgerät (DTG) bei moderater Arbeit in der Tiefe anwendbar sind, ist nicht bekannt.

Beim Tauchen mit DTG kann eine Reihe von weiteren Mechanismen möglicherweise zu einem Hk-Anstieg führen. Der hydrostatische Effekt der Immersion führt letztlich zu einem erhöhten venösen Rückstrom. Durch diese Zentralisierung kommt es zu einem Freisetzen des atrialen, natriuretischen Peptids (ANP), welches in der Folge zu einer erhöhten Diurese führt [6].

Es wäre daher anzunehmen, dass es zum Ende des Tauchganges zu einem Hk-Anstieg kommt. Die durch die Immersion ausgelöste Diurese wird durch Immersion in kaltes Wasser potenziert [7], was sich vermutlich auf eine erhöhte periphere Vasokonstriktion zurückführen lässt. Obwohl sich erhöhte ANP-Konzentrationen sowohl in der Druckkammer [8] als auch im Flachwasser [9] zusammen mit einem erhöhten Harnfluss nachweisen ließen, ist die Evidenz für einen begleitenden Hk-Anstieg nicht belegt. Bei früheren Studien, welche sich mit Hk-Veränderungen gegenüber Tauchinterventionen beschäftigten, wurden längere Immersionen [10], Serien von wiederholtem Apnoetauchen [11], hohe absolute Drücke [12] oder Druckkammer-Untersuchungen [13] durchgeführt. Bei einigen Studien wurden Hk-Anstiege von 5 bis zu 10 % beobachtet. Andere Studien berichteten von keinen signifikanten Veränderungen. Keine dieser Studien kann jedoch behaupten, dass typische Bedingungen für das Tauchen mit DTG vorlagen.

Flüssigkeitsverschiebungen von einem intravaskulären zu einem extravaskulären Kompartiment könnten ebenfalls zu einem Hk-Anstieg bei Tauchern führen. Die klinische Entität des pulmonalen Ödems durch Immersion [14] ist ein anerkannter Ausdruck dieses Phänomens im Hinblick auf die Lunge. In tropischen Gewässern ist dieses Phänomen unüblich [15] aber nicht ausgeschlossen [15a]. Ob das Tauchen mit DTG routinemäßig eine eher generalisierte, subklinische Flüssigkeitsverschiebung bewirkt, bleibt unklar (Abb. 1).



Abb. 1: Die Studie an einem entlegenen tropischen Tauchgebiet weist mit einfachen Mitteln nach, dass der Hämatokrit (Hk) während eines Tauchganges im tropischen Gewässer ansteigt. Der Hk-Anstieg war zwar statistisch signifikant aber nur wenig umfangreich (+1,8 %). Unabhängig davon muss der Flüssigkeitersatz in einer tropischen Umgebung wegen der hohen Flüssigkeitsverluste im Tagesverlauf gewährleistet sein.

Taucher könnten allerdings auch über die Lungen Flüssigkeit verlieren, und zwar als Antwort auf das trockene Atemgas. Bei Arbeiten unter einem Druck von 37 bar wurde bei Sättigungstauchern, welche Helium und Sauerstoff atmeten, ein Flüssigkeitsverlust von 1,7 g/min gemessen [16]. Die Anwendung dieses Befundes kann allerdings nicht linear auf das Tauchen mit DTG übertragen werden. Es sieht aber so aus, als ob der Flüssigkeitsverlust über die Atmung recht klein ist.

Die vorliegende Studie wollte Hk-Veränderungen während eines einzelnen Tauchganges in warmem Wasser quantifizieren. Als eine Sekundärgröße sollte die Korrelation zwischen den Hk-Veränderungen und der Druckexposition bestimmt werden.

Methodik

Die Studie war in Übereinstimmung mit dem lokalen Ethikkomitee und dem ethischen Standard der Helsinki-Deklaration von 1964.

20 männliche und 21 weibliche Taucher mit einem mittleren Alter von $20,7 \pm 3,4$ Jahren (Mittelwert \pm

Standardabweichung) wurden rekrutiert. Alle Freiwilligen wurden informiert und stimmten der Teilnahme an der Studie zu. Die Taucher verwendeten Luft als Atemgas und führten pro Tag maximal zwei Tauchgänge durch. Zwischen den Tauchgängen lag ein Oberflächenintervall von 4 h. Für die Studie wurde ein geschützter Tauchplatz aufgesucht. Die Studienleiter hatten keine Kontrolle über die Organisation des Tauchprogrammes. Die Freiwilligen wurden kontaktiert, nachdem sie sich für einen Tauchgang eingetragen hatten. Den Freiwilligen wurde möglichst kurz vor dem Tauchgang und möglichst früh nach dem Auftauchen eine Blutprobe entnommen (EDTA-Röhrchen). Es gab mit Ausnahme der allgemeinen Empfehlung, sich unter den tropischen Bedingungen gut zu hydrieren, keine weiteren Hinweise auf die Hydratation. Zwischen dem Gewinnen der Blutproben war eine Flüssigkeitsaufnahme nicht gestattet. Die maximale Tauchgangstiefe wurde von den jeweiligen Tauchcomputern abgelesen. Die Blutproben wurden in einer verschlossenen Kühlbox bis zur Zentrifugation gelagert. Die Zentrifugation geschah am Abend des Tauchganges. Von jeder Blutprobe wurden mindestens drei Mikrokapillaren gewonnen. Nach 5-min Zentrifugation wurde der Hk mit Hilfe einer Schablone abgelesen. Alle Mikrokapillaren wurden durch den gleichen Untersucher vorbereitet und ausgelesen. Dieser war gegenüber der Studie nicht verblindet.

Ergebnisse

Die Wassertemperatur während der Studiendauer betrug an der Oberfläche 30,0 °C. Die Temperatur fiel in der Tauchtiefe auf 28,5 °C ab. Die Blutproben wurden am Strand so spät wie möglich vor und so früh wie möglich nach den Tauchgängen gewonnen. Die Besonderheiten der Tauchgänge sind in Tab. 1 zusammengestellt. Es kam zu Verzögerungen, wenn die Taucher ihre Ausrüstung forttrugen,

Tab. 1: Tauchgangseigenschaften; n = 37

	Mittelwert	Spannweite	Standardabweichung
Zeit zwischen Blutabnahme und Tauchbeginn [min]	12,4	8-20	3,5
Zeit zwischen Auftauchen und Blutabnahme [min]	16,2	9-25	3,7
maximale Tauchtiefe [m]	13,6	7,4-18,1	3,7
Tauchdauer (Oberfläche bis Oberfläche) [min]	39,5	28-47	4,5

und wenn sie das Riff zwischen dem Einstiegsplatz und dem Ufer überquerten. Bei der Tauchtiefen-Verteilung lagen Maxima bei 10 m und bei 17,5 m. Es ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen der Tauchdauer und der maximalen Tiefe ($p = 0,151$). Die Werte für den Hämatokrit (Hk) sind in Abb. 2 zusammengestellt.

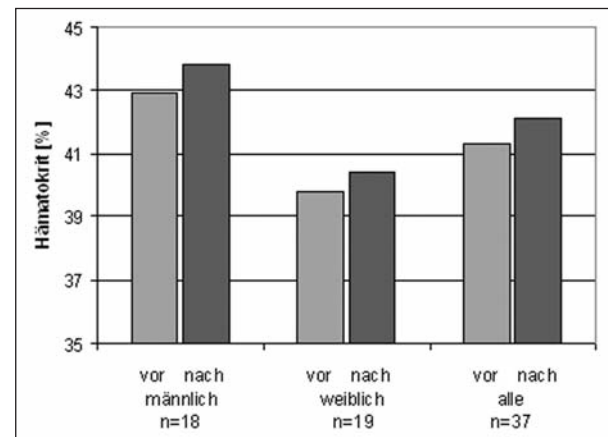


Abb. 2: Der Hämatokrit war vor und nach dem Tauchgang im Durchschnitt bei den Männern höher als bei den Frauen. Bei allen Teilnehmern war der Hämatokrit nach dem Tauchgang moderat aber statistisch signifikant angestiegen.

Die Hk-Änderungen wurden für jeden Taucher berechnet. Die Mittelwerte sind in Tab. 2 zusammengestellt. Weil die Werte nicht normal verteilt waren, erfolgte der Vergleich der vor- und nach-Tauchgangs-Wertepaare mit Hilfe des nicht parametrischen Wilcoxon-Tests. Die Statistik ergab signifikante Hk-Erhöhen nach den Tauchgängen für alle Taucher ($p = 0,001$).

Tab. 2: Mittlere absolute und relative Abnahmen des Hämatokrits

Tauchgruppe	Hämatokrit	
	absolut	relativ
männlich (n=18)	0,0089	2,10
weiblich (n=19)	0,0058	1,48
alle	0,0073	1,78

Die Korrelation zwischen der maximalen Tauchtiefe und der Hk-Veränderung war statistisch signifikant ($p = 0,049$). Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug allerdings nur 0,320.

Diskussion

Während eines einzelnen Tauchganges mit Drucklufttauchgerät (DTG) kommt es in tropischen Gewässern zu einem Anstieg des Hämatokrit (Hk). Obwohl das Ergebnis statistisch signifikant war, war die mittlere relative Zunahme mit 1,8 % klein. Wenn die Teilnehmer nicht tauchten, übten sie



alternative Aktivitäten aus, zu denen teilweise auch körperliche Arbeit in heißer Umgebung gehörte. Dadurch war die Bildung einer vernünftigen Kontrollgruppe nicht möglich, mit der man die moderaten Änderungen während des Tauchens hätte vergleichen können.

Ein Mangel an Mitarbeitern in dieser entlegenen Gegend führte dazu, dass die Aufbereitung und die Analyse der Mikrokapillaren nicht unabhängig voneinander vorgenommen werden konnten. Die berichteten Unterschiede könnten also auch kleiner gewesen sein. Die Hk-Bestimmung mit Hilfe von Mikrokapillaren ist jedoch darüber hinaus mit einem Fehler behaftet, der mit der unterschiedlich großen Plasmamenge zu tun hat, welche in der Erythrozytensäule verblieben ist. Die Größe dieses Fehlers bei gesunden Personen liegt in der Größenordnung von 1,5 % [19]. Alle Zentrifugationen wurden zur gleichen Tageszeit ausgeführt, in der gleichen Umgebung und bei vergleichbaren Umgebungstemperaturen. Obwohl die Kühlbox auch zwischenzeitlich mit vorgefrorenen Wasserflaschen beladen wurde, konnte durch das Fehlen eines Kühlschranks eine gleichmäßige Kühltemperatur nicht garantiert werden. Auch dieser Umstand könnte die Ergebnisse beeinflusst haben, da es bei einer warmen Lagerung zur Hämolyse kommen kann [20]. Der mittlere Hk-Anstieg in dieser Studie ist nicht so groß, als dass er nicht durch die kombinierten Fehler erklärt werden könnte. Wir schlussfolgern, dass eine tatsächliche – während eines einzelnen Tauchganges mit DTG im warmen Wasser – auftretende Hämokonzentration entsteht. Der Umfang der Hk-Änderung ist jedoch klein, und er ist niedriger als in früheren physiologischen Experimenten berichtet.

Flüssigkeitsersatz bei einem Taucher, welcher möglicherweise einen Dekompressionsunfall erlitten hat, wird als Standardbehandlung unabhängig von der Region empfohlen [21,22]. Flüssigkeitsersatz ist insbesondere in einer tropischen Umgebung empfohlen, wo die Flüssigkeitsverluste als Folge der hohen Umgebungstemperatur hoch sind. Selbst bei solchen tropischen Bedingungen und nach einem moderaten Urlaubstauchgang sollte das Ausmaß der Hämokonzentration als Folge der Tauch-Exposition selbst klein sein. Käuflich zu erwerbende Rehydratations-Lösungen enthalten vernünftig ausbalancierte Elektrolyte, welche die Absorption verbessern, und sie sind eine Behandlungsmethode der ersten Wahl [23].

In der vorliegenden Studie wurde kein Versuch unternommen, die physiologischen Mechanismen zu identifizieren, welche für die Hk-Anstiege verantwortlich sind. Die hämatologischen Effekte einer

Milzkontraktion kehren innerhalb von 20 min nach einer maximalen Arbeit auf Kontrollwerte zurück. Geht man von einer mittleren Verzögerung (~ 16 min nach dem Auftauchen und der Blutentnahme) in dieser Studie aus, dann wird eine Beteiligung der Milzkontraktion an dem beobachteten Hk-Anstieg klein sein.

Eine Schweißproduktion infolge der Immersion in thermoneutrales Wasser (34,5 °C) beträgt 50 ml nach einer 2-h Exposition [24]. Die Wassertemperatur in der vorliegenden Studie war niedriger, und die Tauchdauer war kürzer. Daher ist es unwahrscheinlich, dass die Schweißproduktion für die beobachteten Hk-Veränderungen verantwortlich war. Eine Reihe von Tauchern entschied sich bei Wiederholungstauchgängen entweder für Badeanzüge oder dünne Neoprenanzüge. Diejenigen mit dünnen Nasstauchanzügen beklagten eine Überwärmung an der Oberfläche. Wahrscheinlich wurden diese Nasstauchanzüge nicht so sehr wegen der thermischen Isolation getragen, sondern um Schürfwunden zu vermeiden und vor Stacheln zu schützen. Nichts desto weniger könnte eine Kaltwasserdiurese eine gewisse Rolle für den Hk-Anstieg gespielt haben, da eine erhöhte Urinproduktion bereits für Temperaturen berichtet wurde, die nur 2,5 °C unterhalb der Thermoneutralität lagen [7].

Die Möglichkeit einer interkompartimentellen Flüssigkeitsverschiebung bedarf eines Kommentars. Alle Teilnehmer tauchten täglich und hatten jeden 7. Tag tauchfrei. Die Taucher wurden ad-hoc angesprochen, wodurch die vorhergegangene Tauchaktivität unbekannt blieb. Obwohl die minimale Oberflächenpause niemals kürzer als 4 h war, könnte eine vorhergegangene Tauchaktivität eine interkompartimentelle Flüssigkeitsverschiebung hervorgerufen haben, welche eine längere Korrekturperiode erforderte.

Die schwache Korrelation zwischen der maximalen Tauchtiefe und dem Hk-Anstieg könnte bedeuten, dass die Tauchtiefen-Angaben nur einen recht begrenzten Wert hatten. Nur wenige Taucher trugen aufwendigere Tauchcomputer, so dass die einzigen Tiefenangaben, welche durchgängig vorhanden waren, die maximalen Tiefen waren. Am Tauchplatz für diese Studie befand sich ein Riff, welches bei Tiefen >10 m auf Sand abfiel. Bei den Tauchern, welche Tiefen <10 m angaben, wird die maximale Tiefe ein gutes Maß für die Tiefe sein, in welcher der Tauchgang überwiegend stattgefunden hatte. Taucher mit Tiefen >10 m waren typischerweise Morgentaucher, welche größere Tiefen erreichen wollten, um reverse Tauchprofile während des 2. Tauchganges zu vermeiden. Nach dem Einhalten dieser Anforderungen hatten diese Taucher die

Tendenz, in Richtung zum Riff zu tauchen. Es mag daher sein, dass die maximal aufgezeichnete Tiefe mit einer höheren Tauchexposition verbunden war. Es mag daher sein, dass die wahre Korrelation zwischen der Tauchtiefe und dem Hk-Anstieg höher als in dieser Studie beschrieben war.

Unser prinzipieller Befund eines lediglich geringen Hk-Anstieges während des Tauchens mit DTG sollte deswegen für Tauchgänge mit größeren Tiefen mit Vorsicht interpretiert werden. Um entsprechende Veränderungen durch tiefere Expositionen zu erfassen, wäre eine größere Studie mit Geräten notwendig, die das Tiefen-Zeit-Profil für jeden Teilnehmer kontinuierlich aufzeichneten. Eine Datensammlung mit dieser Komplexität ging über die Möglichkeiten bei diesem Projekt weit hinaus.

Lesenswerte Literatur

1. Espersen K, Frandsen H, Lorentzen T, Kanstrup I-L, Christensen NJ. The human spleen as an erythrocyte reservoir in diving-related interventions. *J Appl Physiol* 2001;92:2071-2079
2. Laub M, Hvid-Jacobsen K, Hovind P, Kanstrup IL, Christensen NJ, Nielsen SL. Spleen emptying and venous hematocrit in humans during exercise. *J Appl Physiol* 1993;74:1024-1026
3. Schatagay E, Haughey H, Reimers J. Speed of spleen volume changes evoked by serial apnoeas. *Eur J Appl Physiol* 2005;93:447-452
4. Schatagay E, Andersson JPA, Hallen M, Pa°lsson B. Role of spleen emptying in prolonging apnoeas in humans. *J Appl Physiol* 2001;90:1623-1629
5. Stewart IB, Warburton DE, Hodges AN, Lyster DM, McKenzie DC. Cardiovascular and splenic responses to exercise in humans. *J Appl Physiol* 2003;94:1619-1626
6. Greenleaf JE, Morse JT, Barnes PR, Silver J, Keil LC. Hypervolaemia and plasma vasopressin response during water immersion in men. *J Appl Physiol* 1983;55:1688-1693
7. Nakamitsu S, Sagawa S, Miki K, et al. Effect of water temperature on diuresis-natriuresis: AVP, ANP, and urodilatin during immersion in men. *J Appl Physiol* 1994;77:1919-1925
8. Miyamoto N, Matsui N, Inoue I, Seo H, Nakabayashi K, Oiwa H. Hyperbaric diuresis is associated with decreased antidiuretic hormone and increased atrial natriuretic polypeptide in humans. *Jpn J Physiol* 1991;41:85-99
9. Leung WM, Logan AG, Campbell PJ, et al. Role of atrial natriuretic peptide and urinary cGMP in the natriuretic and diuretic response to central hypervolemia in normal human subjects. *Can J Physiol Pharmacol* 1987;65:2076-2080
10. Bearden SE, Cheuvront SN, Ring TA, Haymes EM. Oxidative stress during a 3.5-hour exposure to 120 kPa(a) PO₂ in human divers. *Undersea Hyperb Med* 1999;26:159-164
11. Hurford WE, Hong SK, Park YS, et al. Splenic contraction during breath-hold diving in the Korean Ama. *J Appl Physiol* 1990;69:932-936
12. Paciorek JA, Rolfsen T. Haematology studies during a 350-metre dive. *Scand J Haematol* 1986;36:319-327
13. Giannitsioti E, Gialeraki A, Tsoukala T, Marinakis T, Mandalaki T. Changes in haematological parameters under diving-like conditions. *Haema* 2000;1:48-51
14. Slade JB Jr, Hattori T, Ray CS, Bove AA, Cianci P. Pulmonary oedema associated with scuba diving: case reports and review. *Chest* 2001;120:1686-1694
15. Hampson NB, Dunford RG. Pulmonary oedema of scuba divers. *Undersea Hyperb Med* 1997;24:29-33
- 15a Schilling, UM. Tauchnotfall im Warmwasser: Lungenödem. *CAISSON* 2010;25(4):5-9
16. Ronnestad I, Thorsen E, Segadal K, Hope A. Bronchial response to breathing dry gas at 3.7Mpa ambient pressure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994;69:32-35
17. Cortinez LI, Somma J, Robertson KM, et al. Changes in hematocrit based on incremental blood sampling: mathematical models perform poorly. *Can J Anesth* 2005;52:374-378
18. Menard D, Madeng MJ, Tothy MB, Kelembho EK, Gresenguet G, Talamini A. Immuno-haematological reference ranges for adults in the Central African Republic. *Clin Diagn Lab Immunol* 2003;10:443-445
19. Pearson TC, Guthrie DL. Trapped plasma in the microhaematocrit. *Am J Clin Pathol* 1982;78:770-772
20. Specimen conditions affecting blood test results. Available at: www.goldenvetlab.co.za/haemolysis_and_lipaemia.htm. Accessed July 4, 2006
21. Second European Consensus Conference of the European Committee for Hyperbaric Medicine (May 8-10, 1996; Marseilles, France). Treatment of decompression accidents in recreational diving decompression. Recommendations of the Jury. Available at: <http://www.oxynet.org/01WhatIsHBO/2nd%20EUROPEAN%20CONSENSUS%20CONFERENCE.htm>. Accessed June 3, 2006
22. Newton HB. Neurologic complications of scuba-diving. *Am Fam Physician* 2001;63:2211-2218
23. Moon RE. Treatment of decompression illness. In: Bove A, ed. *Treatment of Decompression Illness*. Philadelphia, PA: WB Saunders 2004:195-223
24. Hope A, Aanderud L, Aakvaag A. Dehydration and body fluid-regulating hormones during sweating in warm (38 degrees C) fresh- and seawater immersion. *J Appl Physiol* 2001;91:1529-1534

Korrespondenzadresse

Simon T.B. Williams, MB, BCh
Diving Diseases, Research Centre
Tamar Science Park, Research Way, Plymouth
PL6 8BU, United Kingdom
simon.williams@ddrc.org



Kommentierte Literatur: HBO-Therapie

Hyperbaric oxygen therapy for painful bladder syndrome/interstitial cystitis resistant to conventional treatments: long-term results of a case series in Japan

T Tanaka, Y Nitta, K Morimoto, N Nishikawa, C Nishihara, S Tamada, H Kawashima, T Nakatani

Background: There is no confirmed strategy for treating painful bladder syndrome/interstitial cystitis (PBS/IC) with unclear etiology. Therefore, a pilot study was carried out to evaluate the efficacy and safety of hyperbaric oxygen (HBO) therapy in treatment-resistant PBS/IC patients.

Methods: HBO treatment (2.0 ATA for 60 minutes/day × 5 days/week for 2 or 4 weeks) was performed on 11 patients with severe symptoms that had not been improved by previous therapy regimens between December 2004 and July 2009.

Results: Seven of the 11 patients demonstrated persistent improvement in symptoms during the 12 months after HBO treatment. These responders demonstrated a decrease in the pelvic pain scale and urgency scale from 7.7 ± 1.0 and 6.6 ± 0.9 to 3.4 ± 2.5 and 4.3 ± 2.4 after 12 months, respectively ($p < 0.05$). The total score of the interstitial cystitis symptom index and 24-hour urinary frequency demonstrated a significant sustained decrease from the baseline. Two responders, who received an additional course of HBO 12 and 13 months after initial treatment, respectively, did not suffer impairment for more than two years. There was one case of transient eustachian tube dysfunction and three cases of reversible exudative otitis media as a consequence of HBO treatment.

Conclusions: HBO is a potent treatment for PBS/IC patients resistant to conventional therapy. It was well tolerated and provided maintained amelioration of pain, urgency and urinary frequency for at least 12 months.

Keywords: painful bladder syndrome; interstitial cystitis; HBO; longterm results

HBO für das schmerzhaftes Blasensyndrom / interstitielle Zystitis nach erfolgloser, konventioneller Behandlung: Lanzeitergebnisse von Fällen aus Japan

Hintergrund: Es gibt keine bestätigte Strategie, um das schmerzhaftes Blasensyndrom / interstitielle Zystitis (SBS/IZ) mit unklarer Ätiologie zu behandeln. In einer Pilotstudie sollte die Effizienz und die Sicherheit der Hyperbaren Oxygenations (HBO)-Therapie bei SBS/IZ-Patienten evaluiert werden, die gegenüber traditionellen Behandlungen resistent waren.

Methodik: Die HBO-Therapie (2,0 bar über 60 min/Tag, 5 x / Woche über 2 oder 4 Wochen) wurde bei 11 Patienten mit schweren Symptomen durchgeführt, welche durch frühere Therapieansätze zwischen Dezember 2004 und Juli 2009 nicht erfolgreich behandelt werden konnten.

Resultate: Bei 7 von 11 Patienten ergab sich eine anhaltende Symptomverbesserung während 12 Monaten nach HBO-Therapie. Bei diesen Respondern ergab sich eine Abnahme auf der Unterbauchschmerz-Skala und der Dringlichkeits-Skala von $7,7 \pm 1,0$ auf $3,4 \pm 2,5$ bzw. von $6,6 \pm 0,9$ auf $4,3 \pm 2,4$ nach 12 Monaten ($p < 0,05$). Der Gesamtwert des interstitiellen Zystitis-Symptom-Indexes und die 24-h-Miktions-Frequenz waren gegenüber den Ausgangswerten signifikant vermindert. Zwei Responder, welche nach 12 bzw. 13 Monaten nach der ursprünglichen Therapie eine zusätzliche HBO-Therapie erhielten, erlitten keine Verschlechterung über mehr als zwei Jahre. Es gab einen Fall einer vorübergehenden Dysfunktion der Eustachischen Röhre und 3 Fälle einer reversiblen, exsudierenden Otitis media als Folge der HBO-Therapie.

Schlussfolgerungen: Die HBO ist eine potente Therapie für Patienten mit SBS/IZ, welche auf die konventionelle Therapie nicht reagierten. Die HBO wurde gut toleriert und führte zu einer anhaltenden Verbesserung des Schmerzes, der Dringlichkeit und der Miktionsfrequenz für mindestens 12 Monate.

T Tanaka, Y Nitta, K Morimoto, N Nishikawa,
C Nishihara, S Tamada, H Kawashima, T Nakatani
BMC Urology 2011;11:11 / doi:10.1186/1471-2490-11-11

CAISSON 2011;26(3):33-37

Schlüsselwörter: schmerzhaftes Blasensyndrom; interstitielle Zystitis; HBO; Lanzeitergebnisse

Übersetzung: M Bauer/JD Schipke

Hintergrund

Das schmerzhafte Blasensyndrom / die interstitielle Zystitis (SBS/IZ) umfasst eine Reihe von klinischen Klagen und pathologischen Befunden. Ungefähr 10-50 % der SBS/IZ-Patienten zeigen ein klassisches Schleimhaut-Ulkus (Hunner-Ulkus). Die Mehrheit wird auf der Basis von positiven Faktoren diagnostiziert. Hinzu kommen Ausschlüsse, welche von den Diagnostikkriterien des National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases für IZ abgeleitet werden [1-2]. Die nicht gut verstandene Ätiologie von SBS/IZ beinhaltet zahlreiche Faktoren. Daher gibt es bisher keine angemessene Therapie auf der Basis einer klinischen Evidenz [3-5]. Die Hyperbare Oxygenations (HBO)-Therapie ist bei Patienten mit Cyclophosphamid-induzierter Blutungs-Zystitis und bei chronischer Strahlen-Zystitis seit ungefähr 20 Jahren effektiv [6-9,9a]. Die pathologischen Befunde der chronischen Strahlen-Zystitis sind mit SBS/IZ vergleichbar. Sie fokussieren auf die Ischämie und ein vermindertes Blasen-volumen als Folge der Fibrosierung der Blasenwand [10-12]. Auf diesen Befunden basierend wurde eine Pilotstudie im Hinblick auf die HBO-Therapie für mehrere SBS/IZ-Patienten durchgeführt, deren Symptome sich in der Vergangenheit gegenüber konventionellen Therapien nicht verbessert hatten.

Methodik

Zwischen Dezember 2004 und Juli 2009 wurden elf SBS/IZ-Patienten, deren Symptome gegenüber der konventionellen Therapie resistent waren, mit der HBO-Therapie behandelt. Alle Patienten hatten sich konventionellen Therapien unterzogen. Zu

diesen gehörten die orale Medikation, die intravesikale Instillation von Heparin und die Hydrodistension. Das Ethikkomitee dieser Einrichtung stimmte der Studie zu, und von allen Patienten wurde die Zustimmung eingeholt. Die HBO-Behandlung erfolgte bei 2,0 bar über 60 min/Tag, 5 Tage/Wochen über 2 oder 4 Wochen. Vor der HBO wurde eine Hydrodistension durchgeführt. Nach Beendigung von 10 Sitzungen wurden die Patienten untersucht, und 10 weitere Sitzungen wurden in einigen Fällen durchgeführt. Acht Patienten erhielten 10 Sitzungen und 3 Patienten erhielten 20 Sitzungen (Tab. 1). Bei den Patienten mit hoher Dringlichkeit oder mit Inkontinenz wurden Einlagen während der Sitzungen getragen. Die Effizienz der HBO-Behandlung für SBS/IZ wurde mit Hilfe des O'Leary-Sant-IZ-Symptom- und Problem-Index (ICSI) erfasst. Er enthält 8 Fragen, die zwischen 0-5 Punkten und im Hinblick auf den Schmerz und die Miktions-Symptome zwischen 0-4 Punkten bewertet werden kann. Für Unterleibsschmerzen und Dringlichkeit wurde eine visuelle, analoge Skala mit 0-9 Punkten verwendet. Zudem wurden die Blasenkapazität, die tägliche Miktionsfrequenz und endoskopische Befunde einbezogen. Als ein Responder galt ein Patient mit einer Verbesserung von ≥ 1 Punkt auf dem ICSI und einer Verbesserung ≥ 1 Punkt auf der visuellen Skala für Schmerz und Dringlichkeit.

Resultate

Die 11 Patienten (1 Mann) hatten ein mittleres Alter von 60 Jahren (Spannweite: 28-79 Jahre). Bei den SBS/IZ-Erkrankungen dieser 11 Patienten handelte es sich in acht Fällen um den ulzerativen Typ und in drei Fällen um den nicht-ulzerativen Typ (intra-

Tab. 1: Charakteristika der Patienten und Ergebnisse der HBO-Behandlung.

Patient	Geschlecht	Alter [Jahre]	Symptom-Dauer [Jahre]	Blasen-volumen [ml]	Hydro-distensionen vor HBO	HBO-Sitzungen	Responder (ja/nein)	SBS/IZ Subtyp (Basis: Hydro-distension)	Nach-Beobachtungszeit [Monate]
1*	weiblich	79	2,2	40	2	20	ja	ulzerativ	50
2*	weiblich	61	4,5	60	2	20	ja	ulzerativ	44
3	weiblich	28	1,8	80	1	10	nein	nicht-ulzerativ	4
4	weiblich	68	2,4	70	4	10	ja	ulzerativ	33
5	weiblich	57	3,6	80	4	10	ja	ulzerativ	15
6	männlich	65	4,0	50	2	20	nein	nicht-ulzerativ	30
7	weiblich	70	3,2	100	1	10	ja	ulzerativ	14
8	weiblich	50	2,1	90	2	10	nein	nicht-ulzerativ	4
9	weiblich	70	6,4	40	6	10	ja	ulzerativ	13
10	weiblich	43	3,5	120	1	10	nein	ulzerativ	3
11	weiblich	70	3,2	50	4	10	ja	ulzerativ	12

* bei den Patienten 1 und 2 wurden 10 weitere HBO-Sitzungen nach 13 bzw. 14 Monaten durchgeführt

vesikale Endoskopie) (Tab. 1). Die Patienten wurden im Median über die Dauer von 14 Monaten (Spannweite: 3-50 Monate) nach HBO-Therapie nachuntersucht. Sieben der 11 Patienten wurden als Responder eingestuft. Vier Patienten, die keine Verbesserung oder lediglich eine kurzzeitige Verbesserung zeigten, wurden als Nicht-Responder eingestuft. Drei der 4 Nicht-Responder hatten nicht-ulcerative, endoskopische Befunde (Tab. 1). Am Ende der HBO-Sitzungen ergaben sich bei den 7 Responsern eine signifikante Symptomverbesserung im Vergleich zum Zustand vor der Behandlung ($p < 0,05$). Es ergab sich eine nachhaltige Verbesserung mit einer leichten Verschlechterung während der nachfolgenden 12 Monate (Abb. 1).

Nach 12 Monaten waren die Werte im Hinblick auf die Unterleibsschmerzen und die Dringlichkeit immer noch von $7,7 \pm 1$ und $6,6 \pm 0,9$ auf $3,4 \pm 2,5$ bzw. $4,3 \pm 2,4$ vermindert ($p < 0,05$). Das Gesamtergebnis für ICSI verminderte sich von $26,7 \pm 7,0$ auf $18,7 \pm 7,4$ ($p < 0,05$) und die 24-h-Miktionsfrequenz verminderte sich von $22,4 \pm 4,0$ auf $14,6 \pm 2,0$ ($p < 0,05$). Zwei Patienten (= Fälle 1 und 2) in der Responder-Gruppe, die 20 Sitzungen zum Zeitpunkt des ersten Berichtes erhalten hatten, erhielten 10 weitere HBO-Sitzungen nach 13 bzw. 14 Monaten nach der ursprünglichen HBO-Therapie. Die Symptome bei diesen beiden Patienten bleiben für mehr als 2 Jahre stabil. Zusätzlich ergab die zystoskopische Untersuchung eine deutliche Granulation der ulcerativen Schädigungen (Abb. 2). Das galt für alle Responder am Ende der HBO-Therapie.

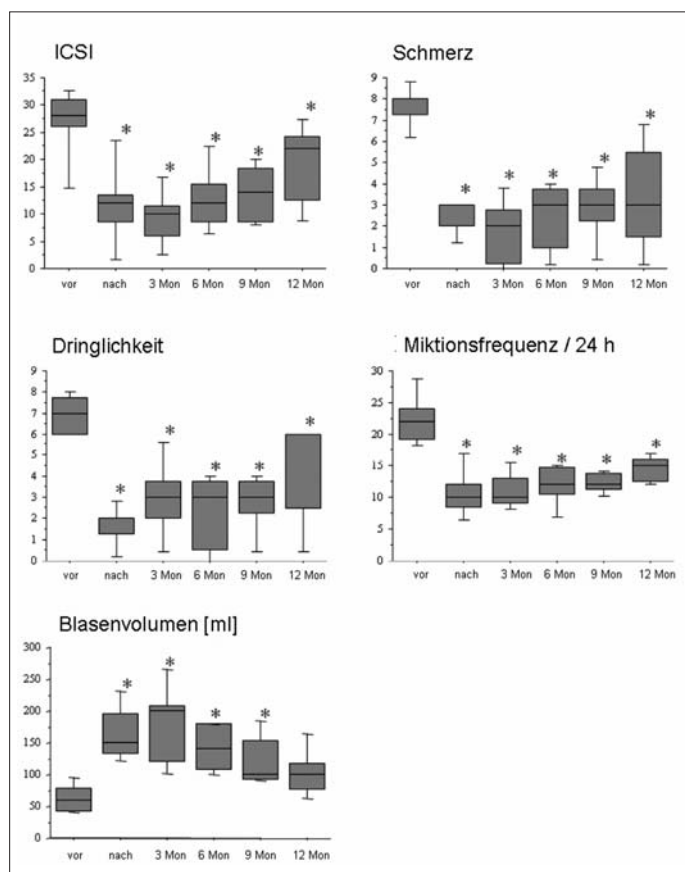


Abb. 1: Veränderungen der fünf erfassten Parameter: O'Leary-Sant-IZ-Symptom- und Problem-Index (ICSI), Schmerz und Dringlichkeits-Skala (visuelle Skala), 24-h-Miktionsfrequenz und maximales Blasenvolumen. Die Box-Plots zeigen die Ausgangswerte (jeweils links) und den zeitlichen Verlauf nach der HBO-Therapie und nach drei, sechs, neun und zwölf Monaten für die sieben Responder.

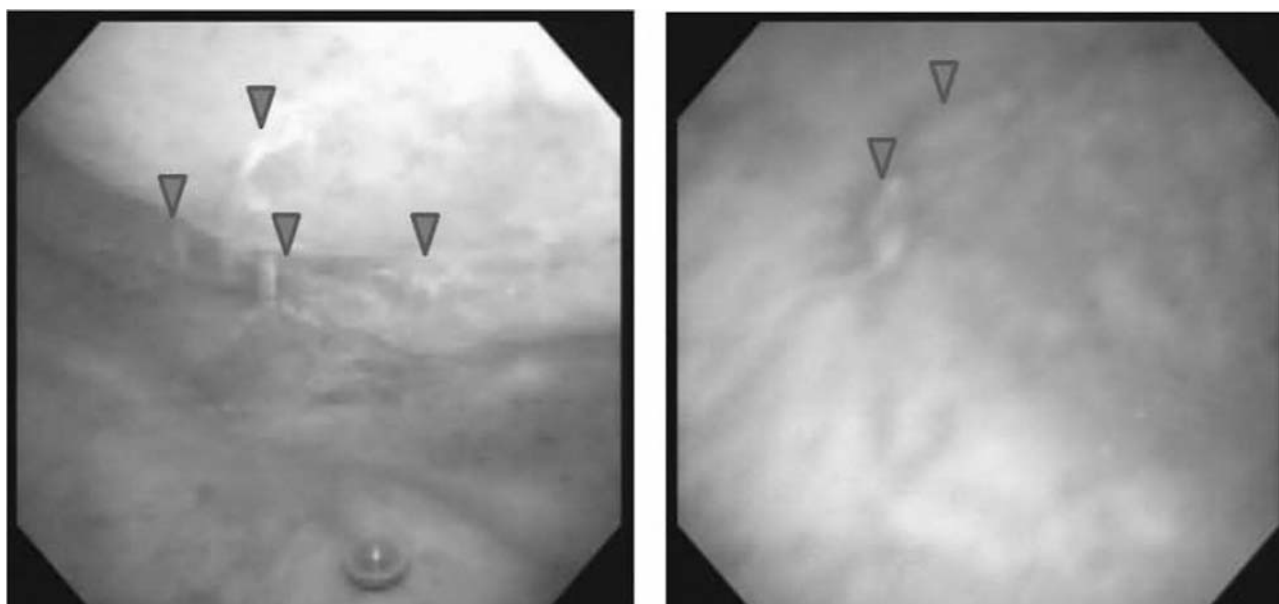


Abb. 2: Granulation eines Ulkus der Blasen-Mukose eines HBO-Responders. Die Pfeile zeigen die Schädigungen.

Im Hinblick auf adverse Ereignisse gab es eine vorübergehende Dysfunktion der Eustachischen Röhre (1 Fall) und in 3 Fällen eine reversible, exsudative Otitis media. Keiner der Patienten unterbrach wegen dieser Nebeneffekte die HBO-Therapie.

Diskussion

Bei der HBO-Therapie kommt es zu einer Übersättigung des Plasmas mit gelöstem Sauerstoff. Das erhöht den Konzentrationsgradienten zwischen der Zirkulation und dem umgebenden Gewebe, wodurch der Sauerstoff zu den geschädigten, hypoxischen, urothelialen Geweben gelangen kann. Die HBO-Therapie beschleunigt das Wachstum der gesunden Granulation in dem geschädigten Gewebe über die Stimulation der Leukozyten-Funktion, zu denen die Phagozytose und die Produktion von Wachstumsfaktoren für die Angiogenese gehören [13-14]. Die HBO-Therapie wurde ganz überwiegend für die chronische Strahlenzystitis und die durch Cyclophosphamid-induzierte hämorrhagische Zystitis in den letzten 20 Jahren eingesetzt [6-9]. Die chronische Strahlenzystitis ist durch eine Reihe histologischer Veränderungen gekennzeichnet und beinhaltet eine sub-mukosale Blutung, eine interstitielle Fibrose und eine Fibrose der glatten Muskulatur [10]. Diese Veränderungen korrespondieren mit der SBS/IZ mit ulzerativen Schädigungen [11,15]. Daher wurde die Hypothese aufgestellt, dass die HBO eine effektive Behandlung für SBS/IZ mit den typischen histologischen Veränderungen (Glomerulation, Hunner Ulkus und interstitielle Fibrose) sein könnte.

In 7 von 11 Fällen ergab sich nach der HBO-Therapie eine signifikante Verminderung der Miktionsfrequenz und der Unterbauchschmerzen zusammen mit einer Zunahme der Blasenkapazität. Zystoskopische Untersuchungen ergaben eine Vernarbung oder eine Heilung von ulzerativen Schädigungen bei allen Respondern. Zusätzlich blieben diese positiven Effekte bei den Symptomen für mindestens 12 Monate erhalten.

Die gleiche japanische Gruppe berichtete in einer initialen Studie an zwei Patienten, dass die HBO zu einer deutlichen Verbesserung von schweren SBS/IZ-Symptomen führte [17]. Van Ophoven et al. führten eine HBO-Pilotstudie bei 6 SBS/IZ-Patienten durch [16]. Diese Gruppe berichtete über die Effektivität der HBO bei SBS/IZ auf der Basis einer randomisierten, doppelblinden, Placebo-kontrollierten klinischen Studie [18]. In der Studie kam es auf der Skala für Unterleibsschmerzen in der HBO-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe zu einer signifikanten Verbesserung, und die Verbesserung bei den Respondern blieb über 12 Monate

nach HBO-Therapie erhalten. Die Ergebnisse der japanischen Gruppe sind praktisch kompatibel mit der van-Ophoven-Studie. Es ist interessant, dass eine weitere HBO-Therapie die Zeit bis zur Remission in zwei Fällen verlängerte. Daraus könnte geschlossen werden, dass eine Wiederholung der HBO-Therapie die Heilungsphase der ulzerativen SBS/IZ beschleunigen könnte.

Drei von 4 Fällen, welche praktisch nicht auf die HBO reagierten, hatten eine nicht-ulzerative SBS/IZ. Wir spekulieren daher, dass die ulzerative Schädigung mit der höchsten Blasen-Ischämie ein prädiktiver Faktor für eine gute Antwort auf die HBO sein könnte.

Die HBO-Therapie wurde von allen Patienten gut toleriert. Adverse Ereignisse wie visuelle Störungen, Dysfunktion der Eustachischen Röhre und Klaustrophobie waren untypisch [19]. Zusätzlich ist die HBO-Therapie gegenüber der konventionellen Therapie (Hydrodistension [15], intravesikale Dimethyl-Sulfoxid (DMSO) Instillation [20] und intravesikale, sub-mukosale Injektion von Botulinum-Toxin Typ A [21-22]) nicht invasiv.

Schlussfolgerungen

Die Langzeiteffizienz der HBO-Therapie bei 11 SBS/IZ-Patienten wurde untersucht, die gegenüber konservativen Therapien resistent waren. Sieben von 11 Patienten, die entweder an 10 oder 20 HBO-Sitzungen teilnahmen, zeigten eine Verbesserung der untersuchten Parameter, zu denen die IZ-Symptom-Skala, die Skala für Schmerz und Dringlichkeit, die 24-h-Miktionsfrequenz und das Blasenvolumen gehörten. Diese Verbesserungen bestanden für mindestens ein Jahr. Darüber hinaus erhielten Responder mit sich verschlechternden Symptomen eine länger anhaltende Verbesserung nach zusätzlichen HBO-Sitzungen. Die HBO-Therapie wurde gut toleriert. Es gab nur einige Patienten, die eine vorübergehende Dysfunktion der Eustachischen Röhre und eine reversible, exsudative Otitis media entwickelten.

Die vorliegende Studie legt nahe, dass die HBO für die Behandlung von SBS/IZ dann geeignet sein könnte, wenn die Patienten vorher gegenüber verschiedenen konventionellen Therapien resistent waren.

Lesenswerte Literatur

1. Koziol JA. Epidemiology of interstitial cystitis. *Urol Clin North Am* 1994;21(1):7-20
2. Peecker R, Fall M. Toward a precise definition of interstitial cystitis: further evidence of differences in classic and nonulcer disease. *J Urol* 2002; 167(6):2470-2472



3. Peeker R, Fall M. Treatment guidelines for classic and non-ulcer interstitial cystitis. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 2000;11(1):23-32
4. Fall M, Baranowski AP, Fowler CJ, Lepinard V, Malone-Lee JG, Messelink EJ, Oberpenning F, Osborne JL, Schumacher S. EAU guidelines on chronic pelvic pain. *Eur Urol* 2004;46(6):681-689
5. Peeker R, Fall M. Interstitial cystitis-a time for revision of name and diagnostic criteria in the new millennium? *BJU Int* 2002;89(6):637-638
6. Hader JE, Marzella L, Myers RA, Jacobs SC, Naslund MJ. Hyperbaric oxygen treatment for experimental cyclophosphamide-induced hemorrhagic cystitis. *J Urol* 1993;149(6):1617-16217
7. Norkool DM, Hampson NB, Gibbons RP, Weissman RM. Hyperbaric oxygen therapy for radiation-induced hemorrhagic cystitis. *J Urol* 1993;150(2 Pt 1):332-334
8. Weiss JP, Mattei DM, Neville EC, Hanno PM. Primary treatment of radiation-induced hemorrhagic cystitis with hyperbaric oxygen: 10-year experience. *J Urol* 1994;151(6):1514-1517
9. Furness PD, Palmer LS, Palmer JS, Capelli-Schellpfeffer M, Cheng EY. Hyperbaric oxygen therapy for pediatric hemorrhagic cystitis. *J Urol* 1999;161(5):1596-1597
- 9a. Edsperger F, Braumandl UM. Die Hyperbare Sauerstofftherapie als Behandlungsoption bei der interstitiellen Zystitis – ein Fallbericht. *Caisson* 2009;24(4):24-27
10. Crew JP, Jephcott CR, Reynard JM. Radiation-induced haemorrhagic cystitis. *Eur Urol*. 2001;40(2):111-123
11. Irwin P, Galloway NT. Impaired bladder perfusion in interstitial cystitis: a study of blood supply using laser Doppler flowmetry. *J Urol* 1993;149(4):890-892
12. Pontari MA, Hanno PM, Ruggieri MR. Comparison of bladder blood flow in patients with and without interstitial cystitis. *J Urol* 1999;162(2):330-334
13. Niinikoski J. Effect of oxygen supply on wound healing and formation of experimental granulation tissue. *Acta Physiol Scand Suppl* 1969;334:1-72
14. Meltzer T, Myers B. The effect of hyperbaric oxygen on the bursting strength and rate of vascularization of skin wounds in the rat. *Am Surg* 1986;52(12):659-662
15. Lavelle JP, Meyers SA, Ruiz WG, Buffington CA, Zeidel ML, Apodaca G. Urothelial pathophysiological changes in feline interstitial cystitis: a human model. *Am J Physiol Renal Physiol* 2000;278(4):F540-553
16. van Ophoven A, Roszbach G, Oberpenning F, Hertle L. Hyperbaric oxygen for the treatment of interstitial cystitis: long-term results of a prospective pilot study. *Eur Urol* 2004;46(1):108-113
17. Tanaka T, Kawashima H, Makino T, Kamikawa S, Kato N, Nakatani T. Hyperbaric oxygen therapy for interstitial cystitis resistant to conventional treatments. *Int J Urol* 2007;14(6):563-565
18. van Ophoven A, Roszbach G, Pajonk F, Hertle L. Safety and efficacy of hyperbaric oxygen therapy for the treatment of interstitial cystitis: a randomized, sham controlled, double-blind trial. *J Urol* 2006;176(4 Pt 1):1442-1446
19. Capelli-Schellpfeffer M, Gerber GS. The use of hyperbaric oxygen in urology. *J Urol* 1999;162(3 Pt 1):647-654
20. Rossberger J, Fall M, Peeker R. Critical appraisal of dimethyl sulfoxide treatment for interstitial cystitis: discomfort, side-effects and treatment outcome. *Scand J Urol Nephrol* 2005;39(1):73-77
21. Giannantoni A, Costantini E, Di Stasi SM, Tascini MC, Bini V, Porena M. Botulinum A toxin intravesical injections in the treatment of painful bladder syndrome: a pilot study. *Eur Urol* 2006;49(4):704-709
22. Giannantoni A, Porena M, Costantini E, Zucchi A, Mearini L, Mearini E. Botulinum A toxin intravesical injection in patients with painful bladder syndrome: 1-year followup. *J Urol* 2008;179(3):1031-1034

Korrespondenzadresse

Tomoaki Tanaka, M.D.
Department of Urology
Osaka City University Graduate School of Medicine
Osaka 545-8585, Japan
tomoaki826@msic.med.osaka-cu.ac.jp

Übersetzung

Dr. med. Martin Bauer
Urologe, Taucherarzt GTÜM
Schulstr. 38
40721 Hilden
praxis@urologie-hilden.de

Dr. Heiden vom Druckkammerzentrum Traunstein weist auf eine von ihm erarbeitete Zusammenstellung zum Thema **AKUTE AKUSTISCHE TRAUMATA** hin

Unter folgender Adresse lässt sich die Zusammenstellung als PDF herunterladen:

<http://www.druckkammerzentrum-traunstein.de/uploads/media/>

[Hyperbare_Sauerstofftherapie_bei_akuten__akustischen_Traumata_Aug_2011_01.pdf](#)

Vorgestellt

Druckkammer für die otologische Forschung

JD Schipke

Das Flugzeug setzt zur Landung an. Die Babys fangen an zu schreien. Und mancher Erwachsene tut sich ebenfalls mit dem zunehmenden Druckgefühl in den Ohren schwer. Doch die Mehrzahl der Passagiere gähnt herzlich oder führt ein ähnliches Druckausgleichsmanöver aus, und schon ist der Druck weg, und die Kabinen-Durchsagen sind wieder gut zu verstehen.

Das Phänomen ist in der Tauchergemeinde gut bekannt: In der Theorie wird nicht umsonst das Barotrauma des Ohres ausführlich erklärt. Und der Druckausgleich zwischen Mittelohr und Umgebung wird schon in den ersten Unterrichtseinheiten im Wasser geübt.

Dennoch wird mancher Taucher später mindestens bei der leichten Erkältung bemerken, wie unangenehm sich ein fehlender Druckausgleich beim Abtauchen – aber auch beim Auftauchen – bemerkbar machen kann. Eine neue Druckkammer an der Kölner Universität soll den Druckausgleich beforschen (Abb. 1).

An der Kölner Klinik (Leitung Prof. Karl-Bernd Hüttenbrink) hat Oberarzt Dr. Masen Dirk Jumah gemeinsam mit der süddeutschen Herstellerfirma Haux die Spezialkammer (Abb. 2) entwickelt. Mit ihr lassen sich ab jetzt Probleme bei raschen



Abb. 2: Prof. Dr. Hüttenbrink (rechts) und OA Dr. Jumah (links) freuen sich über ihre neue Kammer. Das Verständnis der Mechanismen der Mittelohrbelüftung lässt sich vermutlich mit der neuen Untersuchungsmethode weiter verbessern.

Druckänderungen, die im Flugzeug oder beim Tauchen entstehen, besser erforschen. Denn eine Reihe von Mechanismen bei der Mittelohrbelüftung lässt sich mit den bisherigen Untersuchungsmethoden nicht vollständig erklären.

Die neue Technik in der Kammer dient aber nicht der medizinischen Forschung allein sondern soll möglichst bald eingesetzt werden, um Patienten mit verschiedenartigen Erkrankungen des Ohres zu untersuchen. Wie der Projektleiter – Dr. Masen Dirk Jumah – mitteilt, gestattet die Kammer einen raschen Wechsel zwischen Über- und Unterdruck und ermöglicht dadurch Druckverhältnisse sowohl in 4000 m Höhe als auch in 4 m Tauchtiefe. Von den wissenschaftlichen Daten zum Verhalten des Mittelohres bei verändertem Umgebungsdruck erwartet der HNO-Facharzt Ansätze, die sich in einer zukünftigen Therapie einsetzen lassen. Bereits heute ist die Liste mit interessierten Patienten lang



Abb. 1: Die Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Universität Köln verfügt seit Mai 2011 über eine spezielle Druckkammer für die Forschung im Bereich der Otologie. Sie wurde per Lastkran in die HNO-Klinik 'eingeflogen'.

Schwedischer Report über HBO-Therapie

W Welslau

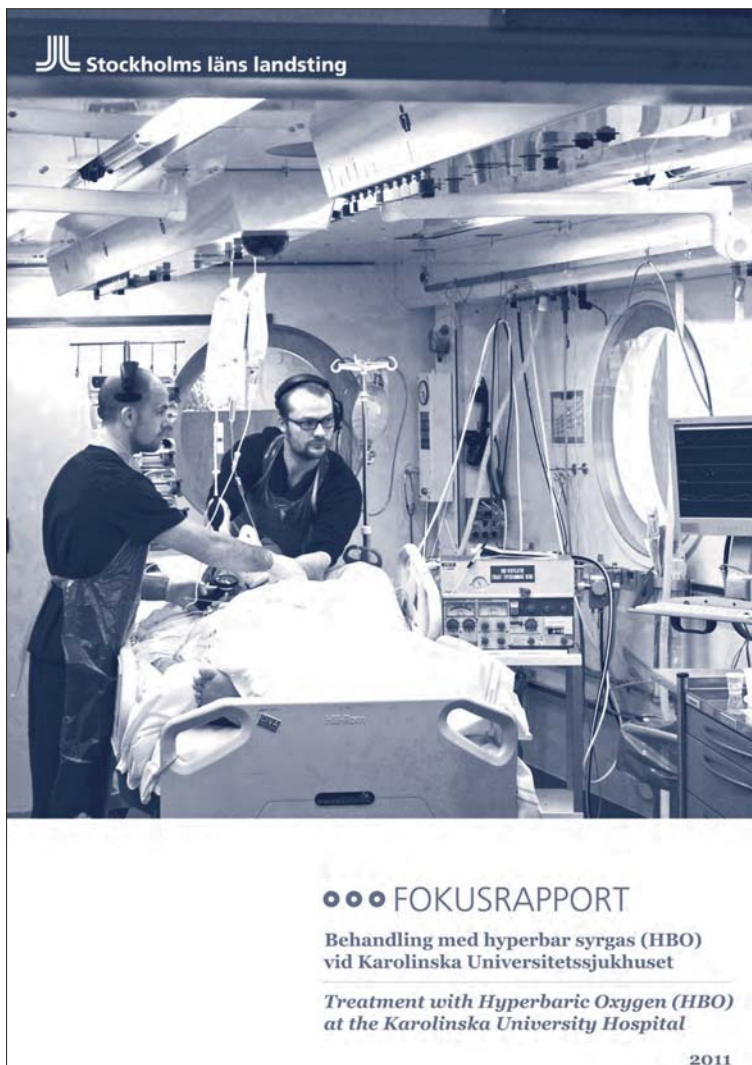
In Schweden hat das Stockholm County Council einen 135-seitigen Report veröffentlicht über die 'Evidence basis of Hyperbaric Medicine'. Der Report ist nur im Vorwort in schwedischer Sprache, der gesamte Rest der Veröffentlichung ist in englischer Sprache.

Es werden alle Grundlagen der HBO und alle wichtigen klinischen Indikationen ausführlich behandelt. Der Bericht ist aktuell, umfassend und 'evidence based' – und er ist als PDF kostenlos verfügbar! Einer der Autoren, Prof. Folke Lind vom Karolinska Institut in Stockholm, genehmigte der GTÜM die kostenlose Verbreitung an ihre Mitglieder. Ein herzliches Dankeschön dafür und an die schwedischen Kollegen für ihre hervorragende Arbeit!

Download auf www.gtuem.org
(Downloadbereich -> HBO-Therapie)
oder auf
www.hyperbaricoxygen.se

Viel Spaß bei der Lektüre!

Ihr W. Welslau



Verband Deutscher Druckkammerzentren (VDD) stellt zwei neue Mitglieder vor:

Bundeslehr- und -forschungsstätte der
Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e.V.
Landesverband Berlin e.V.
Am Pichelssee 20-21
13595 Berlin

Ansprechpartner: Marcus Raasch

marcus.raasch@berlin.dlrg.de

Druckkammerzentrum
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Universität Halle
Ernst-Grube-Str. 40
06120 Halle (Saale)

Ansprechpartner:

OA Dr. Fichtner

Lehrbeauftragter, Leiter Skills Lab Studiendekanat

andreas.fichtner@uk-halle.de

Standardwerk.



Ch. Klingmann
K. Tetzlaff (Hrsg.)

Moderne Tauchmedizin

■ Handbuch für
Tauchlehrer,
Taucher und Ärzte

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachautoren

© 1. Auflage 2007
ISBN 978-3-87247-645-6
Gebunden, 792 Seiten, fünffarbig,
€ 59,- / sFr 115,-

Empfehlung für Ärzte.



K. Tetzlaff – Ch. Klingmann
C.-M. Muth – T. Piepho
W. Welslau (Hrsg.)

Checkliste Tauchtaug- lichkeit

■ Untersuchungsstandards
und Empfehlungen der
Gesellschaft für Tauch- und
Überdruckmedizin (GTÜM)
und der Österreichischen
Gesellschaft für Tauch- und
Hyperbarmedizin (ÖGTH)

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachautoren

1. Auflage 2009, ISBN 978-3-87247-681-4
Gebunden, 368 Seiten, € 30,-; sFr 60,-

Sicherheit.



Hubertus Bartmann

Der perfekte Tauchanzug

■ Handbuch für
Tauchausbilder,
Tauchshops
und Taucher

1. Auflage 2008
ISBN 978-3-87247-661-6
Gebunden, 240 Seiten, vierfarbig
Ladenpreis: € 30,-; sFr 58,-

Tauchmedizin: Grundlagen – Vorbeugung – Diagnose – Therapie
Ausrüstung: Sicheres Equipment

Gentner Verlag • Buchservice Medizin

Postfach 101742 • 70015 Stuttgart • Tel. 0711/63672-857 • Fax 0711/63672-735 • E-Mail: buch@gentner.de • www.tauchmed.com



Leserbrieфе

*Leserbrieф zum Beitrag RG Simmons: 'The efficacy of low-dose intranasal scopolamine for motion sickness'
CAISSON 2011;26(2)*

Sehr geehrter Herr Kollege Schipke!

mit großem Interesse habe ich den o.g. Artikel im letzten CAISSON gelesen, tatsächlich werde ich im Rahmen der Reiseberatung regelmäßig wenn auch selten von Patienten nach einem Mittel gegen Kinetosen gefragt. Scopolamin nasal ist nach meiner Kenntnis in Deutschland nicht erhältlich, geschweige denn für diese Indikation zugelassen.

Können Sie mir ein international verfügbares Präparat bzw. eine Bezugsquelle nennen?

Vielen Dank für die Mühe, mit freundlichen Grüßen aus München

Dr. Ph. Meyer-Bender

*Diese Anfrage wurde von der CAISSON-Redaktion an PD Dr. CM Muth weiter geleitet;
seine Antwort im folgenden:*

Sehr geehrter Herr Kollege Meyer-Bender,

ich bin zwar nicht unmittelbar in den angesprochenen Artikel involviert, wurde aber von Herrn Prof. Schipke gebeten, Ihnen zu antworten.

Publikationen zur nasalen Applikation von Scopolamin gibt es nach meiner Kenntnis seit etwa 10 Jahren, wobei nach meinem Kenntnisstand die Erstbeschreiber eine deutsche Arbeitsgruppe des Flugärztlichen Instituts der Luftwaffe (Klöcker N; Hanschke W; Toussaint S; Verse T. Scopolamine nasal spray in motion sickness: a randomised, controlled, and crossover study for the comparison of two scopolamine nasal sprays with oral dimenhydrinate and placebo. European Journal of Pharmaceutical Sciences <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/09280987;jsessionid=bon6kfl6o79sc.alexandra>>, Volume 13, Number 2, May 2000, pp. 227-232(6)) aus Fürstentfeldbruck (und damit ganz in Ihrer Nähe) war.

In dieser Zeit seit heute hat es zwar einige weitere Publikationen zu dieser Thematik gegeben (die bislang letzte ist wohl die im CAISSON vorgestellte), doch gibt es meines Wissens bislang kein Fertigpräparat, welches auf dem Markt verfügbar ist. Statt dessen gibt es (ebenfalls nach meiner Kenntnis) nur Rezepturvorschläge für Apotheker, wie z.B. die Folgende:
Quelle: http://66.197.58.78/hyoscine_article_1.htm

Aus diesem Grunde ist es mir auch nicht möglich, Ihnen eine Bezugsquelle zu nennen. Da ich aber

auch nicht ausschließen mag, dass es international doch inzwischen ein Fertigpräparat gibt, empfehle ich die Rücksprache mit einem Apotheker Ihres Vertrauens, der über die 'internationale Apotheke' eine Recherchemöglichkeit besitzt, die ich so nicht habe.



CM Muth

Helfen Ihnen diese Ausführungen?

Mit kollegialen Grüßen

*Priv.-Doz. Dr. med. Claus-Martin Muth
Facharzt für Anästhesiologie, Intensivmedizin
Notfallmedizin, Leitender Notarzt
Spez. Schmerztherapie, Palliativmedizin
Sportmedizin, Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM)
Reise- und Tropenmedizin (CRM), Reisemedizin (DTG)
Staatl. anerkannter Tauchlehrer,
CMAS TL ***, DLRG TL III
Leiter des Ausschusses Tauchmedizin der GTÜM
Oberarzt der Klinik
Klinik für Anästhesiologie
Sektion Spezielle Anästhesie
Universitätsklinikum Ulm*

In eigener Sache

Liebe Leser,

die Düsseldorfer Redaktion des CAISSON arbeitet hart daran, Ihnen vier Mal im Jahr den CAISSON möglichst frei von Fehlern zu liefern. Das gelingt uns leider nicht so vollkommen, wie wir uns das wünschen. Wir trösten uns dann damit, dass auch andere Schriftprodukte Fehler enthalten: teilweise fehlen Wörter, manchmal sind es zu viele, und auch mit der Rechtschreibung hapert es häufig.

Nun bekommen wir Unterstützung von Peter Schneider. Dieser deutsche Schriftsteller (70) – er schrieb damals Wahlreden für Willy Brandt und erhielt kürzlich den Schubart-Literaturpreis – erklärte einer staunenden Hörschaft, dass er eine verbindliche Rechtschreibung in Deutschland für entbehrlich halte.

Im Zusammenhang mit dem 100. Todestag von Konrad Duden ([Abb. 1](#)) erklärte er im Deutschlandradio, dass die Ordnungsfunktion der Orthographie weder dringlich noch wünschenswert sei. Selbst unsere hochverehrten Vorbilder, z.B. Schiller und Goethe, hätten ein und dasselbe Wort selbst innerhalb eines Satzes unterschiedlich geschrieben. Originalton Schneider: Ich beharre auf 'meinem Recht auf Unbelehrbarkeit'. Und weiter: Zum Duden greife ich nie.

In diesem Sinne bitten wir Sie und Herrn Duden um Nachsicht.

Düsseldorf, im August 2011

JD Schipke, R Rummel und E Ladwein



Abb. 1: Konrad Duden starb 1911. Neun Jahre vorher wurde für das Deutsche Reich beschlossen, Dudens 'Regeln für die Rechtschreibung' verbindlich anzuwenden. Häufig bleiben Dudens Vorgänger übersehen. So gab es bereits 1711 Heinrich Volck von Wertheims 'Anweisung zur Orthographia oder Rechtschreibung der Teutschen Sprache nach der heutigen Tages üblichen Schreib-Art eingerichtet und mit einem angefügten Vocabulario der Teutschen, Lateinischen und Französischen Wörter der Jugend zu Liebe ausgefertigt', und nur 11 Jahre später erschien Hieronymi Freyers 'Anweisung zur Teutschen Orthographie'.

Aufgelesen

Orthokeratologie

Diese Behandlungsmethode eignet sich vielleicht für Taucher und besonders für fotografierende Taucher. Auf Vor- und Nachteile der Methode macht Dr. Böhme aufmerksam.

Nachts Kontaktlinsen tragen, damit Kurzsichtigkeit tagsüber verschwindet?

G Böhme

Bei der Orthokeratologie wird das Zentrum der Hornhaut durch besonders flach angepasste formstabile Kontaktlinsen vorübergehend abgeplattet (Abb. 1 und Abb. 2).

Der Begriff kommt aus dem Griechischen: Die Vorsilbe *ορθο-* bedeutet gerade, aufrecht, richtig, recht, und *κεράς* = Horn weist auf die Hornhaut hin.

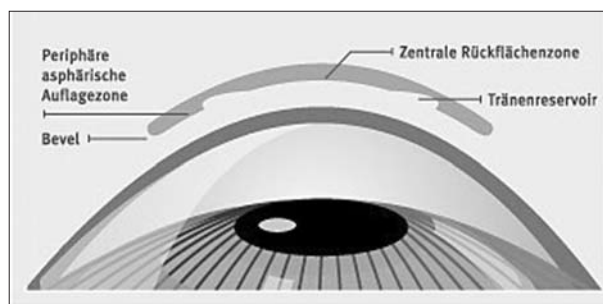


Abb. 1: Vier unterschiedliche Zonen sind für die Linsen kennzeichnend, die bei der Orthokeratologie verwendet werden.

Bild: Augenzentrum Stuttgart

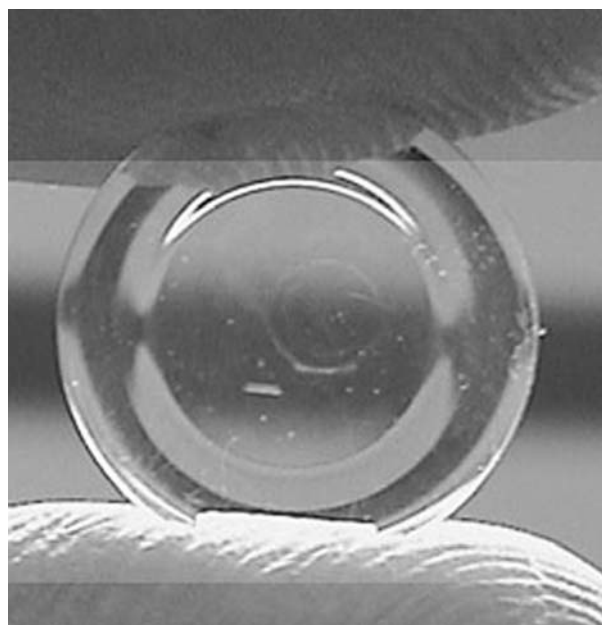


Abb. 2: Die vorübergehende Abplattung der Hornhaut durch formstabile Kontaktlinsen wurde schon vor 30 Jahren angewandt.

Bild: Augenzentrum Stuttgart

Neu ist diese Behandlungsmethode nicht; sie wurde schon vor mehr als 30 Jahren angewandt – vornehmlich in den USA. Die damaligen formstabilen Linsen wurden tagsüber getragen, was aber wegen der zu flachen Anpassung häufig zu Hornhautschäden führte. Vor ca. 15 Jahren begann man mit Versuchen, Linsen nachts aufzusetzen, um während des Tages keine Sehhilfe tragen zu müssen.



G Böhme

In letzter Zeit macht die Orthokeratologie wieder viel von sich Reden – vor allem als Alternative zur refraktiven Chirurgie, also zur dauerhaften Behebung oder Milderung der Fehlsichtigkeit durch einen Hornhauteingriff, beispielsweise durch Laser-Abtragung, intrastromale Ringsegmente oder Einschnitte. So nimmt es auch nicht wunder, dass über die Orthokeratologie nahezu ausschließlich aus Kreisen der Optiker berichtet wird, die in der immer noch boomenden Laserchirurgie eine Konkurrenz um die Gunst ihrer zahlungskräftigen Klientel sehen.

Bei der Orthokeratologie ist die Methode im Prinzip die gleiche geblieben: Die Hornhaut des Auges wird in der Mitte abgeplattet, um die Kurzsichtigkeit zu verringern. Allerdings werden heute dazu mehrkurvige Kontaktlinsen in einem speziellen Design verwendet, die aus hoch O_2 -durchlässigem Material bestehen. Bei Anpassung und Kontrolle dieser Linsen ist – genauso wie bei der chirurgischen Behandlung der Kurzsichtigkeit (Myopie) – eine Hornhaut-Topografie unerlässlich, fordert der Arbeitskreis Kontaktlinsen des Berufsverbandes der Augenärzte (BVA) (Leiter: Dr. Gerald Böhme, Backnang).

Vorteile gegenüber der bewährten Kontaktlinsen-Korrektur mit komfortablem Linsensitz am Tage hat die Orthokeratologie eigentlich nur beschränkt und in sehr wenigen Fällen. Das sind vornehmlich

berufliche Indikationen: Friseur (Spraynebel), Koch (Fettdünste), Arbeit mit hoher Staubbelastung oder in sehr trockener Luft mit herabgesetztem O₂-Gehalt, wie sie z.B. in Flugzeugkabinen herrscht. Begrenzt wird die Anwendbarkeit der Orthokeratologie vor allem auch durch die eingeschränkten Korrekturmöglichkeiten. Sie kann lediglich Kurzsichtigkeiten bis ca. 4,5 Dioptrien vorübergehend beheben und nur einen geringen Astigmatismus (Stabsichtigkeit durch Hornhautverkrümmung). Für die meisten Fehlsichtigen, also all diejenigen mit Alterssichtigkeit (Presbyopie), Übersichtigkeit (Hyperopie), höherer Myopie und mittleren oder höheren Astigmatismen, ist die Methode nicht geeignet. Dass sie nur bei organisch gesunden Augen angewendet werden darf, versteht sich von selbst. Risiken birgt die Orthokeratologie aber auch selbst dann, wenn die grundsätzlichen Voraussetzungen für ihre Anwendung erfüllt sind.

So ist z.B. nicht gut vorhersagbar, wie lange der 'korrigierende' Effekt anhält. Vom Tagesbeginn bis zum Ende einer langen Nacht in der Disco wird er in den meisten Fällen deutlich nachlassen, weil die Hornhaut allmählich in ihre ursprüngliche Form zurück findet. Wer dann auf der Heimfahrt am Steuer seines Autos die Sehminderung mit seiner 'Reservebrille' ausgleichen will, wird feststellen müssen, dass ihre sonst zuverlässige Korrekturwirkung nun nicht mehr stimmt. Deshalb wird empfohlen, dass fehlsichtige Autofahrer gegen Ende des Tages ihre OK-Linsen einsetzen sollen.

Andere Probleme können durch das regelmäßige nächtliche Tragen der Kontaktlinsen entstehen. Unter geschlossenen Lidern ist die für die Ernährung der Hornhaut lebenswichtige O₂-Zufuhr ohnehin reduziert. Kommen Kontaktlinsen hinzu – selbst wenn sie hoch gasdurchlässig sind – vermindert dies die O₂-Versorgung weiter. Ernste Hornhautschäden als Folge der unsachgemäß angewandten Orthokeratologie wurden bereits in den Augenarztpraxen behandelt – sie reichen von einer massiven Minderung der Sehschärfe durch Aufquellung der Hornhaut bis hin zu einer fast totalen Epithelablösung bei dem Versuch, die Linse morgens vom Auge zu entfernen. Unter Berufung auf klinische und experimentelle Studien aus den USA und China warnt Professor Struck aus Halle vor Infektionen und Geschwüren, die in der hochsensiblen Hornhaut auftreten und zu irreversiblen Schäden führen können.

Bei der Orthokeratologie handelt es sich nach wie vor um eine Methode mit möglicherweise gefährlichen Folgen, weshalb immer eine augenärztliche Betreuung dieser Patienten erforderlich ist. Andererseits bietet diese Methode – soweit dies bisher



Abb. 3: Vor ca. 15 Jahren wurde mit Versuchen begonnen, Linsen nachts aufzusetzen, um während des Tages keine Sehhilfe tragen zu müssen. Weil die Methode möglicherweise gefährliche Folgen hat, ist immer eine augenärztliche Betreuung der Patienten erforderlich.

eingeschätzt werden kann – den Vorteil einer reversiblen Veränderung der Hornhaut. Mit aller gebotenen Abwägung von Nutzen und Risiken befassen sich deshalb auch die deutschen Augenärzte mit der Orthokeratologie und wünschen, dass durch Weiterentwicklung dieses interessanten Ansatzes in Zukunft eine sichere Anwendung möglich wird.

Korrespondenzadresse

Dr. Gerald Böhme
Leiter des Arbeitskreises Kontaktlinsen
Marktstr. 1
71522 Backnang
gerald.boehme@gmx.de

Wiener starb beim Tauchen mit Haien – Reisebüro haftet*

JD Schipke

Wenn sich jemand im Urlaub freiwillig in Gefahr begibt, indem er mitten unter Haien taucht und getötet wird, dann kann dafür das Reisebüro zur Haftung verpflichtet werden. So lässt sich ein aktuelles Urteil des Höchstgerichtes zusammenfassen, welches weit reichende Folgen haben könnte.

Eine Gruppe von Freunden aus Wien und Salzburg hatte von einem für sie verlockenden Angebot einer Firma aus Florida erfahren. Diese veranstaltet sogenannte Tauchabenteuer, bei denen man mit Haien im offenen Meer schwimmen kann. Die Buchung des Urlaubes übernahm ein Salzburger Reisebüro.

Beim Hai-Tauchen gibt es zwei Varianten: Im einen Fall stehen die Taucher in sicheren Stahlkäfigen. Im konkreten Fall schwimmen sie mitten unter den Tieren, die auch noch durch Köder angelockt werden. Weil derartige Unternehmungen in US-Gewässern verboten sind, werden die Touristen mit einem Boot zu den Bahamas gebracht.



Am 24. Februar 2008 wurde der Rechtsanwalt Markus G. (49) von einem Bullenhai getötet. Worauf die Lebensgefährtin des Mannes eine Klage einbrachte - gegen das Reisebüro. Für ihren 'Trauerschmerz' wollte sie 20.000.- €. Die Frau kritisierte, man habe ihren Freund nicht über die Gefahren aufgeklärt. Unerwähnt sei geblieben, dass die Methoden der amerikanischen Tauchfirma sehr risikoreich seien. Und dass zu jener Zeit die Bullenhaie gerade besonders angriffslustig waren. Das Reisebüro argumentierte, es sei nur Vermittler der Reise gewesen, über deren Ziel, Inhalt und Gefahr es keinen Zweifel gab.

Der Oberste Gerichtshof war anderer Ansicht und argumentiert, dass das Reisebüro für den Tod des Lebensgefährten der Klägerin so weit zu haften habe, als der Reiseveranstaltungsvertrag auch eine Schutz- und Sorgfaltspflicht für dessen körperliche Sicherheit umfassen.

Und obwohl das Reisebüro nichts anderes gemacht hat, als die gewünschte Reise zu buchen, wurde es formell plötzlich zum 'Veranstalter' mit allen Pflichten. Und muss daher im weiteren Verfahren die genaue Todesursache klären, ob etwa der Tauchfirma ein Fehler unterlaufen ist. Deren Anwältin, Gertrude Achleitner, sagt: 'Die Behörden haben bereits festgestellt, dass es sich um einen Unfall handelte.'

Dass der Wiener Jurist vor seinem Tod eine mehrere Seiten umfassende Erklärung der Tauchfirma unterschrieben hat, in der er über die Risiken des Tauchens unter Haien unterrichtet wurde, war für das heimische Verfahren völlig unerheblich. Und die Frage der Eigenverantwortung eines jeden Menschen spielte – ganz nach amerikanischem Vorbild – für das Urteil eigentlich gar keine Rolle mehr.

*Quelle:
www.krone.at/Oesterreich/Wiener_starb_beim_Tauchen_mit_Haien_-_Reisebuero_haftet-OGH-Urteil-Story-274916

Veranstaltungshinweise

7. Symposium für Tauchmedizin

Sa, 08. Oktober 2011 – Medizinische Hochschule Hannover

Anmeldung zu Symposium und Workshop erforderlich.

Online-Anmeldung und weitere Informationen unter:

www.tauchmedizin-hannover.de

Anerkannt mit 6 UE (Symposium) und 2 UE (Workshop) für GTÜM-Diplome
'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'



Sondersitzung Hyperbare Oxygenierung (HBO) im Rahmen der ABBSAT-Anästhesietage (SO 4)

Sa, 12. 11. 2011 – Congress-Center-Leipzig

Anerkannt mit 4 UE für GTÜM-Diplome

'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'

Programm-Download:

www.gtuem.org - Downloadbereich - Weiterbildung

Weitere Infos unter: www.regionaltagungen.de



Tauchmedizinische Fortbildung 12 Seminar für Tauchmedizin

Sa-So, 26.-27. 11. 2011 in Essen

Veranstalter: Tauchsportverband Nordrhein-Westfalen e.V.

Anerkannt mit 8 UE für GTÜM-Diplome

'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'

<http://www.tauchsportverband-nrw.de>

(zur Anm.: 'Sachabteilungen: Medizin' - 'Medizinseminar Essen 2011')



Tauchmedizin-Symposium 2011

So, 27.11.2011 in Speyer

Veranstaltung der DLRG LV Baden, Rheinland-Pfalz, Saar und Württemberg und
Druckkammerzentren Rhein-Main-Taunus

Anerkannt mit 8 UE für GTÜM-Diplome

'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'

<http://kurz.dlrg.de/TauchmedSymp2011>





Kurse

Wichtiger Hinweis in eigener Sache:

Wenn auch Sie Ihre Institution und Seminare oder Kurse im Caisson aufgeführt wissen wollen, senden Sie bitte Ihre Daten gemäß 'Hinweise für Autoren' an die Redaktion – bitte auf Datenträger oder via E-Mail: caisson@gtuem.org. Wir können leider anderweitig eingereichte Daten nicht berücksichtigen und bitten in eigenem Interesse um Verständnis. Daten, die die Homepage der GTÜM (www.gtuem.org) betreffen, senden Sie bitte an: c.klingmann@gtuem.org.

Das jeweils aktuelle Angebot der uns gemeldeten Kurse gemäß GTÜM-Richtlinien finden Sie im Internet auf unserer Homepage www.gtuem.org unter 'Termine/Kurse'. Grundsätzlich können nur Kurse im Caisson oder auf www.gtuem.org veröffentlicht werden, die von der GTÜM anerkannt wurden. Näheres hierzu finden Sie in der Weiterbildungsordnung der GTÜM.

Medizinische Hochschule Hannover

Kontakt: Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Carl-Neuberg-Straße 1
D-30625 Hannover
Tel.: 05 11/532-36 89
Mobil: 01 76/15 32-36 89
tauchmedizin@mh-hannover.de
www.tauchmedizin-hannover.de

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 19. 01. - 21. 01. 2012
Ort: MHH Hannover

Druckkammerzentrum Murnau

Kontakt: BG-Unfallklinik Murnau
Sekretariat
Druckkammerzentrum-HBO
Postfach 1431
D-82418 Murnau
Tel.: 0 88 41/48 27 09
Fax: 0 88 41/48 22 66
hbo@bgu-murnau.de
www.bgu-murnau.de

Thema: GTÜM-Kurs IIb - Druckkammerarzt
Termin: 14. 10. - 23. 10. 2011
Ort: BG Unfallklinik Murnau

Universität Düsseldorf

Kontakt: Inst. Arbeits- und Sozialmedizin
Heinrich-Heine-Universität
Dr. T. Muth / S. Siegmann
Universitätsstraße 1
D-40225 Düsseldorf
Tel.: 02 11/8 11 47 21
thomas.muth@uni-duesseldorf.de
www.uniklinik-duesseldorf.de

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 02. 12. - 04. 12. 2011
Ort: Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Thema: Tauchmedizin-Refresher
(16 UE für GTÜM-Diplom I und IIa)
Termin: 28. 01. - 29. 01. 2012
Ort: Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Universität Ulm

Kontakt: Akademie für Wissenschaft, Wirtschaft und Technik an der Universität Ulm e.V.
Frau Viola Lehmann
Villa Eberhardt
Heidenheimer Str. 80
D-89075 Ulm
Tel.: 07 31/50-25 266
Fax: 07 31/50-25 265

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 28. 10. - 30. 10. 2011
Ort: Universität Ulm

Institut für Überdruck-Medizin Regensburg

Kontakt: Institut für Überdruck Medizin
Im Gewerbepark A45
D-93059 Regensburg
Tel.: 09 41/4 66 14-0
Fax: 09 41/4 66 14-22
fortbildung@hbo-regensburg.de
www.HBO-Regensburg.de

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 30.09. - 02.10.2011
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: Tauchmedizin-Refresher
(8/16 UE für GTÜM-Diplom I und IIa)
Termin: 01.10. - 02.10.2011
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: GTÜM-Kurs IIa – Taucherarzt
Termin: 03.10. - 08.10.2011
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 28.09. - 30.09.2012
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: Tauchmedizin-Refresher
(8/16 UE für GTÜM-Diplom I und IIa)
Termin: 29.09. - 30.09.2012
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: GTÜM-Kurs IIa – Taucherarzt
Termin: 01.10. - 06.10.2012
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

Thema: Tauchmedizin-Refresher-Workshop 2012
(inkl. 16 UE beantragt -
Liveboard/Safari südl. Red Sea)
Termin: 16.10. - 30.10.2012
Ort: Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

taucherarzt.at – Wien

Kontakt: Dr. Wilhelm Welslau
Seeböckgasse 17/2
A-1160 Wien
Tel.: +43 (699) 18 44-23 90
Fax: +43 (1) 944-23 90
www.taucherarzt.at

Thema: Tauchmedizin-Workshop
(inkl. 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa)
Termin: 14.02. - 22.02.2012
Ort: Malediven, M/S Nautilus Two

Thema: Tauchmedizin-Refresher
(8/16 UE für GTÜM-Diplom I und IIa)
Termin: 09.03. - 11.03.2012
Ort: Wien

Thema: GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit
Termin: 22.03. - 25.03.2012
Ort: Wien

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Tauchmedizin
Termin: 01.10. - 07.10.2012
Ort: Wien

Em@il und Lastschrift-€rmächtigung

Es ist ein sehr mühsames Geschäft, und es ist ja fast schon peinlich, dass wir immer noch darauf hinweisen müssen. Der GTÜM-Vorstand benötigt von allen Mitgliedern eine intakte EMAIL-Adresse (haben Sie Ihre in letzter Zeit geändert?) und ebenso eine LASTSCHRIFT-Ermächtigung für Ihre Mitgliedsbeiträge (Formular auf www.gtuem.org im Downloadbereich unter 'Administration'). Der GTÜM-Vorstand sieht sich sonst nicht in der Lage, seine ihm von der Mitgliederversammlung übertragenen Aufgaben zu erfüllen. Ich persönlich habe kein Verständnis dafür, wenn im Zusammenhang mit diesen Forderungen z.B. von 'Nötigung' die Rede ist. Wenn wir 'unseren Laden' mit vertretbarem Aufwand (ehrenamtlich!) weiter am Laufen halten wollen, dann müssen wir solche Mittel verwenden.

Dr. Wilhelm Welslau, Präsident der GTÜM e.V.



ANSCHRIFTENLISTE GTÜM – Stand Juni 2011

Vorstand		
Präsident	Vize-Präsident	Sekretär
Dr. med. Wilhelm Welslau Arbeitsmediziner Seeböckgasse 17 A-1160 Wien Tel.: +43 (699) 18 44-23 90 Fax: +43 (1) 944-23 90 w.welslau@gtuem.org	Dr. med. Peter HJ Müller Anästhesist Dudenhofer Straße 8C D-67346 Speyer Tel.: +49 (0)62 32-6 86 58 66 p.mueller@gtuem.org	PD Dr. med. Andreas Koch Internist/Sportmedizin Hebbelstraße 9 D-24211 Preetz/Holstein Tel.: +49 (0)43 42-85 11 85 a.koch@gtuem.org
Schatzmeister	Redakteur CAISSON	Vorsitzender des VDD e.V.
Dr. med. Karin Hasmler Anästhesistin BG – Unfallklinik Murnau Prof. Küntscherstraße 8 D-82418 Murnau Tel.: +49 (0)88 41-48 27 09 Fax: +49 (0)88 41-48 21 66 k.hasmler@gtuem.org	Prof. Dr. Jochen D Schipke Wildenbruchstraße 10 D-40545 Düsseldorf Tel.: +49 (0)211-57 99 94 caisson@gmx.org j.schipke@gmx.org	Dr. med. Christian Heiden HNO-Arzt Druckkammerzentrum Traunstein Cuno-Niggel-Straße 3 D-83278 Traunstein Tel.: +49 (0)8 61-159 67 Fax: +49 (0)8 61-158 89 heiden@t-online.de
Beisitzer		
Dr. med. Diane Amelunxen Chirurgin Bundeswehrkrankenhaus Hamburg Lesserstraße 180 D-22049 Hamburg d.amelunxen@gtuem.org	Dr. med. Karl-Peter Faesecke Arbeitsmediziner Wilhelmsburger Krankenhaus Groß Sand 3 D-21107 Hamburg Tel.: +49 (0)40-31 79-36 07 Fax: +49 (0)40-31 79-36 08 kp.faesecke@gtuem.org	Dr. med. Jochen Freier Anästhesist Tagesklinik für Amb. und Stat. OPs Reifenberger Straße 6 D-65719 Hofheim/Ts. Tel.: +49 (0)61 92-50 62 Fax: +49 (0)61 92-50 63 j.freier@gtuem.org
PD Dr. med. Björn Jüttner Anästhesist Medizinische Hochschule Hannover Carl-Neuberg-Straße 1 D-30625 Hannover Tel.: +49 (0)176-15 32 36 89 b.juettner@gtuem.org	Dr. med. Dirk Michaelis Anästhesist/Betriebswirt Druckkammerz. Rhein-Main-Taunus Schiersteiner Straße 42 D-65187 Wiesbaden Tel.: +49 (0)6111-84 72 71 70 d.michaelis@gtuem.org	Dr. med. Volker Warninghoff Anästhesist - Abteilungsleiter Tauch- und Überdruckmedizin Schiffahrtmed. Institut der Marine Kopperpähler Allee 120 D-24119 Kronshagen Tel.: +49 (0)431-54 09-0 v.warninghoff@gtuem.org
Ansprechpartner		
Druckkammer-Liste	Recht	Geschäftsstelle GTÜM
Dr. med. Ulrich van Laak DAN Europe Deutschland Eichkoppelweg 70 D-24119 Kronshagen Tel.: +49 (0)4 31-54 42 87 Fax: +49 (0)4 31-54 42 88 u.vanlaak@gtuem.org	Benno Scharpenberg Präsident des Finanzgerichts Köln Brandenburger Straße 11 D-41539 Dormagen Tel.: +49 (0)171-7 48 35 13 b.scharpenberg@gtuem.org	Frau Dunja Hausmann BG-Unfallklinik Murnau Prof. Küntscherstraße 8 D-82418 Murnau Tel.: +49 (0)88 41-48 21 67 Fax: +49 (0)88 41-48 21 66 gtuem@gtuem.org
HBO-Therapie	Hyperbare Arbeitsmedizin	Tauchmedizin
PD Dr. med. Andreas Koch (s.o.) Dr. med. Dirk Michaelis (s.o.)	Dr. med. Karl-Peter Faesecke (s.o.)	PD Dr. med. Björn Jüttner (s.o.) Dr. med. Dirk Michaelis (s.o.)
Taucherarzt-Liste	Forschung	Webmaster
Dr. med. Diane Amelunxen (s.o.)	PD Dr. med. Andreas Koch (s.o.)	Dr. med. Wilhelm Welslau (s.o.)
Weiterbildung		
Dr. med. Volker Warninghoff (s.o.) (Erstdiplome)	Dr. med. Jochen Freier (Verlängerungen)	Dr. med. Peter HJ Müller (Veranstaltungen/Kurse)

Hinweise für Autoren & Impressum

Einsendeschluss ist jeweils der 15. Tag im ersten Monat des Quartals, das heißt:
15. Januar des Jahres für Heft 1
15. April des Jahres für Heft 2
15. Juli des Jahres für Heft 3
15. Oktober des Jahres für Heft 4

Es können nur solche Arbeiten und Zuschriften veröffentlicht werden, die per E-Mail oder CD bei der Redaktion eingehen. Zusätzlich zum Datenmedium muss eine gedruckte Ausgabe des Dokuments eingereicht werden.

Bitte beachten Sie bei der Erstellung von Dokumenten die folgenden Hinweise:
Datenformat: Microsoft Word (ab Version 2.0)
Schrift: Arial
Schriftgröße: 10 pt
Zeilenabstand: automatisch

Absatzformat: Blocksatz
Silbentrennung: keine
Literaturverzeichnis: Nummerieren
Medium: E-Mail: caisson@gtuem.org
CD und DVD

Bildformate:
JPEG, TIF, BMP als einzelne Dateien, s/w oder farbig mit mindestens 300 dpi gescannt.

Bitte die Stellen im Text markieren, an denen die Abbildungen eingesetzt werden sollen.

Die Autoren werden gebeten, nach Möglichkeit Artikel aus früheren CAISSON-Heften zu zitieren.

CAISSON

Organ der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.
ISSN 0933-3991

Redaktion

Prof. Dr. Jochen D. Schipke
Wildenbruchstraße 10
D-40545 Düsseldorf
Tel.: +49 (0)2 11-57 99 94
caisson@gmx.org
j.schipke@gmx.org

Herausgeber

Vorstand der GTÜM
Dr. med. Wilhelm Welslau
Seeböckgasse 17
A-1160 Wien
Tel.: +43 (699) 18 44-23 90
Fax: +43 (1) 944-23 90
w.welslau@gtuem.org

CAISSON erscheint viermal jährlich, etwa zur Mitte der Monate März, Juni, September und Dezember. Redaktionsschluss ist der 15. des Vormonats.

Druck und Versand: Druckerei Marquart GmbH, Aulendorf
Satz: Eva Ladwein, Essen • Lektorat: Renate Rummel, Grevenbroich

Auflage 1.300; der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.
Alle Zuschriften an die Redaktionsadresse. Kürzungen vorbehalten.

Versand:

Geschäftsstelle: GTÜM, Dunja Hausmann • BG Unfallklinik Murnau • Prof. Küntscher-Straße 8
D-82418 Murnau • Tel. 0 88 41-48 21 67 • Telefax 0 88 41-48 21 66 • caisson@gtuem.org

Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen die Meinung des Autors dar und sind nicht als offizielle Stellungnahme der Gesellschaft aufzufassen.

HAUX-QUADRO Systeme: Neue Möglichkeiten für die HBO

HAUX-LIFE-SUPPORT GmbH • Descosträße 19 • D-76307 Karlsbad • hauxlifesupport@t-online.de • www.hauxlifesupport.de



Zu guter Letzt

JD Schipke

Ein Text über die Liebe wäre doch mal gut! Nein? Muss nicht sein? Gut dann ein Text über die Wissenschaft.

Auch ein Thema von großer Komplexität. Ab jetzt also eine wissenschaftliche, prospektive Studie: Einfluss der Umgebung auf Charakteristika mariner Fauna. Untersucht werden soll, ob sich Crustaceen (Exoskelett) und Jungfische (Endoskelett), die in verschiedener Umgebung aufwachsen, bei (a) physiologischen Größen und (b) im Verhalten voneinander unterscheiden.

Deswegen werden junge Vertreter der jeweiligen Spezies randomisiert zwei Gruppen zugeordnet: die

eine wird im Käfer von VW (Abb. 1) aufwachsen und die andere im Maybach von Mercedes (ohne Abb). Die

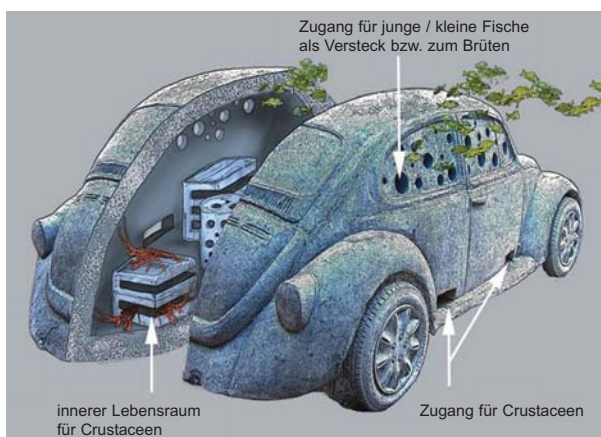


Abb. 1: Die Graphik zeigt einen Käfer, der aus pH-neutralem Beton gefertigt und in der Nähe von Cancun / Mexico im Meer versenkt wurde. Dieses neue Unterwasser-Kunstwerk von Jason de Caires Taylor soll sich zu einem Habitat für marine Fauna entwickeln. Sehenswert: <http://www.underwatersculpture.com/pages/gallery/film/film.htm>

Umgebungs-induzierten Unterschiede sollen über (a) Körpergröße und Gewicht und über (b) das Beutefangverhalten erfasst werden.

Die beiden Hypothesen: Unabhängig von Skeletttyp wächst die Maybach-Fauna schneller und entwickelt ein aggressiveres Beutefangverhalten. Als Kontrollgruppe dienen Hummer und Jungfische, die ganz ohne Auto aufwachsen müssen.

Das nächste Mal doch lieber ein Text über Liebe?

CAISSON

Vorstand der GTÜM – BG Unfallklinik Murnau

Prof. Küntscher-Straße 8, 82418 Murnau

PVSt, Deutsche Post AG, Entgelt bezahlt, Z K Z 62369

Jahrgang 26

Inhalt

September 2011 Nr. 3

National Center for Hyperbaric Medicine in Gdynia (PL), <i>Z Sicko & J Kot</i>	2
Editorial	3
Tauchen	
Dekompressionsberechnungen für Trimix-Tauchgänge mit PC-Software: Reparieren Gradientenfaktoren defekte Algorithmen oder defekte Software-Implementierungen? <i>A Salm</i>	4
Gradientenfaktoren bei Perfusions-Modellen vom Typ: ZH-L (Bühlmann, Hahn, et al.) und 'M-Value' (Haldane, Workman, Schreiner et al.) <i>A Salm</i>	11
Schnupper-Tauchkurs vor der Ostseeinsel Fehmarn – Anklage nach tödlichem Tauchunfall, <i>JD Schipke</i>	13
Forschungsnetzwerk PHYPODE (Physiopathology of Decompression) gegründet, <i>A Koch</i>	14
Buchbesprechung	
'Deco for Divers' von Mark Powell, <i>W Welslau</i>	15
Kommentierte Literatur: Tauchen	
Scuba-diving related deaths in Okinawa, Japan, from 1982 to 2007, <i>Y Ihama et al.</i>	16
Preliminary observations on the effects of hypoxic and hyperbaric stress on pulmonary gas exchange in breath-hold divers, <i>E Garbella et al.</i>	24
Hematocrit change in tropical scuba divers, <i>STB Williams et al.</i>	28
Hyperbaric oxygen therapy for painful bladder syndrome/interstitial cystitis resistant to conventional treatments: long-term results of a case series in Japan, <i>T Tanaka et al.</i>	33
Vorgestellt	
Druckkammer für die otologische Forschung, <i>JD Schipke</i>	38
Schwedischer Report über HBO-Therapie, <i>W Welslau</i>	39
Leserbriefe	
Leserbrief zum Beitrag 'The efficacy of low-dose intranasal scopolamine for motion sickness', <i>Dr. Ph Meyer-Bender</i>	41
Antwort zum Leserbrief Meyer-Bender, <i>CM Muth</i>	41
In eigener Sache	
Orthographie, <i>JD Schipke</i>	42
Aufgelesen	
Nachts Kontaktlinsen tragen, damit Kurzsichtigkeit tagsüber verschwindet? <i>G Böhme</i>	43
Wiener starb beim Tauchen mit Haien – Reisebüro haftet, <i>JD Schipke</i>	45
Veranstaltungshinweise	
7. Symposium für Tauchmedizin, Hannover	46
Sondersitzung Hyperbare Oxygenierung (HBO) im Rahmen der ABBSAT-Anästhesietage (SO 4), Leipzig	46
Tauchmedizinische Fortbildung 12 – Seminar für Tauchmedizin, Essen	46
Tauchmedizin-Symposium 2011, Speyer	46
Kurse	47
Anschriftenliste GTÜM	49
Hinweise für Autoren & Impressum	50
Zu guter Letzt	51