www.gtuem.org | Jg. 32 | Nr. 2 | April 2017

caisson

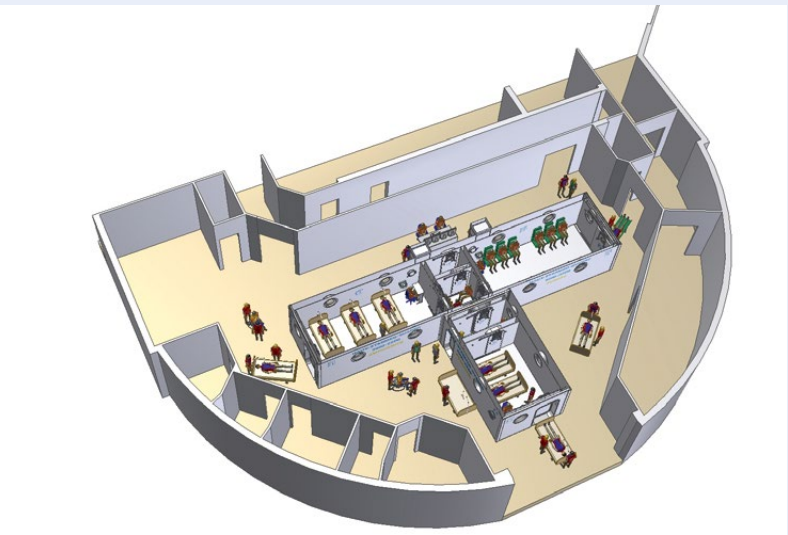
HBO-Therapie - ECHM Consensus Konferenz

Nicht nur für Tec Diver - Die 4 Gasgefahren

Kindertauchen: Empfehlungen von GPS und SUHMS

GTÜM-Tagung 2017 | 4.- 5. November in Hannover

HBO-Therapie – State of the art



Auf der 10. Konsensus-Konferenz der ECHM wurden die 1994 erstmals erstellten und 2004 überarbeiteten Indikationslisten im April 2016 komplett aktualisiert und im Hinblick auf EBM-Standards konsequent gemäß GRADE Empfehlungen erstellt. Jetzt steht der Volltext der Empfehlungen zur freien Verwendung zur Verfügung (s. Artikel auf S. 38). Die Konferenz fand wie schon die Vorgänger-Veranstaltungen in Lille, Frankreich, statt. Seinerzeit unter der Leitung von Prof. Francis Wattel, nun unter seinem Nachfolger Prof. Daniel Mathieu, dem aktuellen Präsidenten des European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM, und Leiter des dortigen HBO-Zentrums. Seit 2012 verfügt das HBO-Zentrum über eine neue Druckkammeranlage, die derzeit größte und modernste in Europa (s. CAISSON Titelfoto und ergänzende Bilder hier).

Abbildung oben links: Das Druckkammersystem im Hopital Calmette, CHRU Lille, besteht aus drei Hauptkammern für sitzende und/oder liegende Patienten, die durch ein ausgeklügeltes System von Schleusen (Vorkammern) miteinander verbunden sind.

Abbildung oben rechts: Das Foto zeigt die Dimensionen des Druckkammersystems in der Montagehalle der Herstellerfirma. Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten im Hopital Calmette wäre dieses Foto dort nicht möglich…

Abbildung unten links: Vom Fahrstand aus können die drei Therapiekammern und alle Druckschleusen gesteuert und überwacht werden. Das medizinische Monitoring (die 4 Monitore rechts im Bild) erfolgt vom Fahrstand aus und über Bildschirme in den Therapiekammern.

Abbildung unten rechts: Zwei Therapieplätze für Intensiv-überwachungspflichtige HBO-Patienten ausgestattet mit Überdruck-geeigneten Beatmungsgeräten und komplettem Intensiv-Monitoring. (alle Fotos. Fa. Haux-Life-Support, mit freundlicher Genehmigung)

Editorial

Sehr geehrte Leserinnen,
sehr geehrte Leser,

Update HBO-Therapie

Das European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) hat sich auf die Fahnen geschrieben, die Hyperbare Sauerstofftherapie in Europa nach vorn zu bringen. Die ECHM bindet hierzu die nationalen hyperbarmedizinischen Fachgesellschaften in Europa eng in Ihre Struktur ein, sowohl als Repräsentanten in den jährlichen Mitgliederversammlungen als auch in der Vorstandsarbeit. Seit Ihrer Gründung im Jahr 1994 wurden bis heute 10 Konsensuskonferenzen zu verschiedenen Fragestellungen der HBO-Therapie organisiert und die Berichte veröffentlicht.

Drei dieser Konsensuskonferenzen befassten sich bisher mit der Erstellung bzw. Aktualisierung der Indikationslisten für "strongly recommended", "recommended" und "optionale" HBO-Indikationen: 1994, 2004 und 2016. Konferenzen in den Jahren zwischen den bisher drei "großen" Konferenzen ergänzen die Indikationslisten mit der Evaluierung von Spezialthemen, wie z.B. zu den umstrittenen Therapien von Cerebral palsy (infantile Zerebralparese) oder Autismus-Patienten.

In ihrer Vorgehensweise hat sich die ECHM immer am jeweiligen Stand der Evidence based Medicine (EBM) orientiert. Sie war damit Vorreiter für andere Organisationen wie z.B. die US-amerikanische UHMS, deren HBO Committee Reports erst etwas später auf den EBM-Zug aufgesprungen sind. Das Problem jeder Konsensuskonferenz, Leitlinie oder Studie ist dabei, dass sich die Standards der EBM ständig weiter entwickeln. Man hinkt den aktuellen EBM-Empfehlungen immer hinterher, wenn sich die EBM-Standards kurz nach Veröffentlichung der eigenen Arbeit verändern...

Die aktuellen Indikationslisten wurden konsequent mit dem mittlerweile weltweit etablierten GRADE-Tool entwickelt (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation). Die Aussagen haben damit ein gewisses Gewicht.

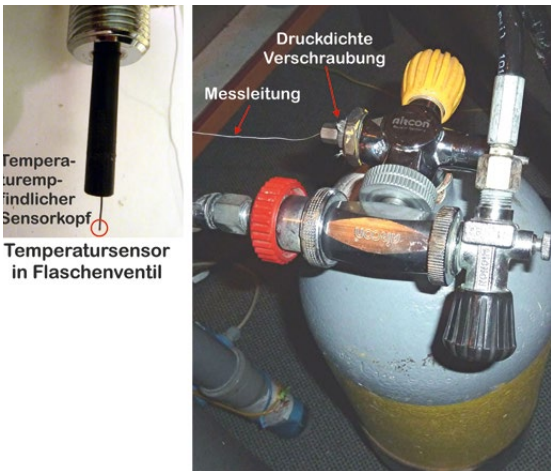
Gegenüber den ECHM-Indikationslisten von 2004 gibt es einige interessante inhaltliche Änderungen. Für einige Indikationen hat sich die Datenlage in den letzten 12 Jahren so verbessert, dass der Empfehlungsgrad erhöht wurde (z.B. für idiopathische Hüftkopfnekrosen). Für andere, bislang umstrittene Indikationen scheint nun klarer, dass HBO offensichtlich keinen Effekt hat. Die ECHM hat daher erstmals eine echte Negativliste eingefügt: für Indikationen mit "Evidence of lack of clinical effect of HBO". Den kompletten Bericht der ECHM-Konsensus-Konferenz lesen Sie auf S. 38.

Ihr

Die Berichte der Konsensus-Konferenzen sind im Internet unter http://www.echm.org/ECHM-Conferences.htm abrufbar.

38
Titelthema
ECHM Consensus
Konferenz 2016

06
Die 4 Gas-
gefahren



18
Adiabatische
Abkühlung

52
Boot 2017 -
GADAP

54
Buchbe-
sprechung

Zum Titelbild:
Blick in einen der drei Behandlungs-"Räume" des Hyperbaren Therapiezentrums im Hopital Calmette, CHRU Lille, Frankreich. Das Druckkammersystem wurde 2012 installiert und ersetzte das in die Jahre gekommene Vorgänger-Kammersystem an dieser Klinik, welches ebenfalls über drei Therapiekammern verfügte. In den drei Therapiekammern können gleichzeitig ambulante/gehfähige Patienten, bettlägerige Patienten und intensivpflichtige/beatmete Patienten unabhängig voneinander therapiert werden. Über ein ausgeklügeltes Vorkammer(schleusen)system kann das Betreuungspersonal flexibel eingesetzt werden (Foto Haux-Life-Support, mit freundlicher Genehmigung).

Inhalt

03 ***EDITORIAL***
Update HBO-Therapie
Wilhelm Welslau

05 ***Impressum & Hinweise für Autoren***

TAUCHMEDIZIN

06 ***Die 4 Gasgefahren***
Frank Hartig

16 ***Kardiale Belastung durch Apnoe***
Lars Eichhorn, Claus-Martin Muth

18 ***Adiabatische Abkühlung***
Dietmar Berndt

30 ***Vorschag für neues WB-Modul***
Christian Beyer, Heike Gatermann, Karin Hasmiller, Claus-Marin Muth, Kay Tetzlaff

33 ***Tauchen von Kindern & Jugendlichen mit ADS/ADHS***
Stellungnahme der GPS

35 ***SUHMS-Info zum Kindertauchen***

Hyperbarmedizin

38 ***ECHM Consensus Report 2016***
Daniel Mathieu, Alessandro Marroni, Jacek Kot

50 ***DIVI-Sektion Hyperbarmedizin***
Björn Jüttner, Oliver Müller

AKTUELLES

52 ***BOOT 2017 - GADAP***
Wilhelm Welslau

54 ***Buchbesprechung***
Oliver Müller

56 ***GTÜM-Tagung 2017***
Karin Hasmiller, Björn Jüttner

58 ***Kongress-Ankündigungen***

59 ***Kursangebote***

61 ***GTÜM-zertifizierte Veranstaltungen***

62 ***GTÜM-Adressen***

Impressum & Hinweise für Autoren

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

redaktion: Dr. Wilhelm Welslau, Seeböckgasse 17/2, A-1160 Wien, Tel.: +43 (0)699 1844 2390, caisson@gmx.net

herausgeber: Dr. Karin Hasmiller (Vorstand der GTÜM), BG-Unfallklinik Murnau, Prof. Küntscher-Straße 8, D-82418 Murnau
Tel.: +49 (0)8841 48 2709, k.hasmiller@gtuem.org

Geschäftsstelle: GTÜM e.V., Susanne Keller, BG-Unfallklinik Murnau, Prof. Küntscher-Straße 8, D-82418 Murnau
Tel. +49 (0)8841 48 2167, Fax +49 (0)8841 48 2166, gtuem@gtuem.org
Satz, Layout: medien@19, Paderborn, dagmar.venus@gmx.de, www.dvenus.de, **Lektorat:** taucherarzt.at, Wien, **Druck & Versand:** Druckerei Marquart GmbH, Aulendorf, Auflage 1.500.

caisson erscheint viermal jährlich, etwa zur Mitte der Monate Januar, April, Juli und Oktober. Redaktionsschluss: 15. Feb., 15. Mai, 15. Aug. und 15. Nov.

Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.
Alle Zuschriften an die Redaktionsadresse. Kürzungen vorbehalten. Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen die Meinung des Autors dar und sind nicht als offizielle Stellungnahme der Gesellschaft aufzufassen.

- Einsendeschluss ist jeweils der 15. Tag im ersten Monat des Quartals.
- Es können nur solche Arbeiten und Zuschriften veröffentlicht werden, die per E-Mail oder CD bei der Redaktion eingehen.
- Datenformat: Microsoft Word, Silbentrennung: keine, Literaturverzeichnis: Nummerieren.
- Die Autoren werden gebeten, nach Möglichkeit Artikel aus früheren caisson-Heften zu zitieren.
- E-Mail: caisson@gmx.net

Über die 4 Gasgefahren aus tauchmedizinischer Sicht

Autor

Dr. Frank Hartig
Taucherarzt (ÖGTH)
Referat Tauchmedizin der ÖGTH, Examiner für Trimixtauchlehrer, Instructor-Trainer für Sporttaucher bei Barakuda, IDS/CMAS/RSTC
FA Innere Medizin, Intensiv- u. Notfallmedizin
OA der Universitätsklinik Innsbruck
Email:
frank.hartig@tirol-kliniken.at

Dieser Artikel wurde erstveröffentlicht in ***wetnotes***.

Frank Hartig. Über die 4 Gasgefahren aus tauchmedizinischer Sicht. wetnotes #25, Januar 2017

Weitere Infos und Abo unter www.wetnotes.eu

WETNOTES
Das Fachmagazin für fortgeschrittene und technische Taucher

Viele Berichte und Unfallanalysen von meist tödlichen Tauchunfällen spekulieren mit den Begriffen „**Hyperkapnie, Hypoxie, Hyperoxie**“ oder irgendwelchen Kombinationen. Dabei werden immer wieder grundlegende Missverständnisse neu aufgegriffen und die vierte Gasgefahr, nämlich die **Gasdichte mit erhöhter Atemarbeit**, oft etwas unter den Tisch gekehrt.

Ein weiteres Phänomen ist, dass Vergleiche und Rückschlüsse aus ähnlichen Situationen für Aussagen herangezogen werden, die wissenschaftlich nicht schlüssig sind. Dem Leser sollte der klingende Spruch meines ehemaligen Chefs in den Ohren hallen: „Hartig, verwechseln sie nicht immer Urin mit Uran...“

In den folgenden Zeilen möchte ich also ein wenig an der Oberfläche kratzen und versuchen, den Leser für eine spannende Thematik der Tauchmedizin zu interessieren. Dazu müssen wir aber zu allererst ein wenig in die Fachbegriffe reingehen. **Hyper** – meint zuviel, **Hypo** – meint zu wenig, -**kapnie** bezieht sich auf das CO_2, -**oxie** auf den Sauerstoff. Die Begriffe „Hyperoxie, Hyperkapnie, Hypoxie, Hypokapnie“ beziehen sich auf den Gasgehalt im Blut. Kombinationen werden mit „hyperoxischer Hyperkapnie“, „hypoxischer Hyperkapnie“ etc. beschrieben.

Veränderungen von Gasen im Körper führen immer zu einer Kompensation, damit der **pH-Wert im Blut** nicht bzw. nicht stark schwankt. Der pH-Wert muss soweit wie möglich stabil gehalten werden, weil dramatische pH-Schwankungen mit dem Leben nicht vereinbar sind. Die vielfältigen Kompensationsmechanismen sind komplex, können aber vereinfacht über die **Atmung** (schneller, tiefer, langsamer, flacher) oder über **metabolische Systeme** (Bikarbonatpuffer, andere Puffersysteme, chemische Verbindungen etc.) geschehen. Eine Gasveränderung führt also immer zu einer Kompensation. Oft ist es die Kompensation, die dann beim Tauchen Probleme macht. Fällt der pH-Wert ab, sprechen wir von einer **Azidose** (Übersäuerung), steigt er, sprechen wir von einer **Alkalose**. So, nun ans Eingemachte...

Die erste Gefahr – Hypoxie

Viele Apnoetaucher behaupten, man könne sich durch Training an Hypoxie gewöhnen und trainieren mit sog. Sauerstofftabellen das Aushalten der Hypoxie. Das ist grundlegend falsch, weil sich die Nervenzellen (die keine Energiereserven besitzen) nicht an Hypoxie gewöhnen können. Allerdings ist es durch Training schaffbar, den Stoffwechsel so herunter zu fahren, dass einfach weniger Sauerstoff verbraucht wird. Mache ich Höhentraining oder lebe in größeren Höhen, dann kann ich durch Veränderungen meines Blutes etc. sehr wohl einen Höhengewöhnungseffekt erreichen. Durch Apnoetraining steigt der Erythropoetin-Level („Epo“) um satte 25%, weswegen der derzeitige leistungsphysiologische Hype das Hypoxietraining in jeder Situation ist. Hypoxie führt zum Blauwerden. Die Lippen, die Ohrläppchen, das Gesicht und nach und nach einfach alles wird blauviolett – man nennt das zyanotisch. Und irgendwann gehen die Lichter aus. Man wird ohnmächtig. Dieser Blackout tritt beim Apnoetraining regelmäßig auf und wird, sofern vom Partner bemerkt, meistens überlebt. Taucht man jedoch allein, wird man dadurch ertrinken. In vielen Gegenden des Mittelmeeres sterben mittlerweile mehr Apnoetaucher durch Hypoxieblackout als Gerätetaucher durch Tauchunfälle.

An den Anstieg des CO_2 kann man sich durch Training überraschend gut und relativ schnell gewöhnen. Im Gegensatz zu den sog. Sauerstofftabellen sind CO_2-Tabellen effektiv und wissenschaftlich begründbar. Viele Taucher (bis zu 80%) tauchen mit einem chronisch erhöhtem CO_2-Level, man nennt diese Individuen sog. **CO_2-Retainer**. In allen anderen Sportarten findet man bei Weiten nicht so viele CO_2-Retainer verglichen mit den Tauchern. Man vermutet, dass möglicherweise das Tauchen an sich zu einem CO_2-Retaining führt.

Gehen wir nun ein wenig ins Detail: Wir unterscheiden eine **hyperkapnische Hypoxie** von einer **normokapnischen** oder gar **hypokapnischen** Hypoxie.

Hyperkapnische Hypoxie

Das ist das klassische Muster des Luftanhaltens (für Techtaucher ein Tipp von einem Apnoetaucher: man spricht von „Nicht-Atmen“ und nicht von „Luftanhalten“). Durch die Apnoe kommt es zu einem Anstieg des CO_2 und dann später zu einem Abfall des Sauerstoffs. Der Atemreiz der dabei auftritt, wird beim gesunden Menschen durch den Anstieg des Kohlendioxids verursacht. Der normale untrainierte Mensch wird es niemals schaffen, seinen Atemreiz so stark zu unterdrücken, dass die Hypoxie ausreicht, um einen Blackout zu verursachen (einzelne extrem willensstarke Individuen können das). Beim Luftanhalten ist also die **Hyperkapnie** als Alarmstufe vor

dem Blackout vorgeschaltet. Eine hyperkapnische Hypoxie fühlt sich ganz typisch und ziemlich übel an: Der Atemreiz klopft, der Körper bebt, man zuckt am ganzen Körper und irgendwann werden die Muskelbewegungen unwillkürlich (im Apnoetauchen nennen wir das Samba), danach kommt der Blackout.

Die Gefäße bei einer hyperkapnischen Hypoxie sind total erweitert, man schwitzt und es wird einem heiß, auch bei 4°C Wassertemperatur. Das Hirn schreit nach Sauerstoff und reißt alle Fenster auf, das heißt die Gehirngefäße sind maximal erweitert so dass arterielle Gefäße bei einer Dopplermessung kaum von einer Vene unterscheiden werden können (sog. pseudovenöser Fluss, s. Abbildung 1 a und b). Durch die Hypoxie werden im Kopf anregende (excitatorische) Neurotransmitter wie Glutamat und andere freigesetzt und die Synapsen feuern ohne Ende, ähnlich wie bei einem epileptischen Krampfanfall. Beim Apnoetauchen ist die hyperkapnische Hypoxie ein alltägliches Problem. Beim technischen Tauchen kommt diese Art der Hypoxie eigentlich nicht und wenn überhaupt nur beim Luftanhalten oder bei einer Fehlfunktion des Rebreathers vor. Eine weitere denkbare Situation ist der Flachwasserbereich mit hypoxischen Gemischen in Kombination mit Anstrengung. Weit häufiger jedoch passieren technische Tauchunfälle aufgrund einer normoxischen/hyperoxischen Hyperkapnie auf.

Normokapnische oder hypokapnische Hypoxie

Bei der Hypoxie mit normalen CO_2 Werten ist alles ganz anders. Natürlich bleibt als Endstation die Ohnmacht gleich. Der Taucher bemerkt in diesem Fall die kommende Ohnmacht selber nicht. Die

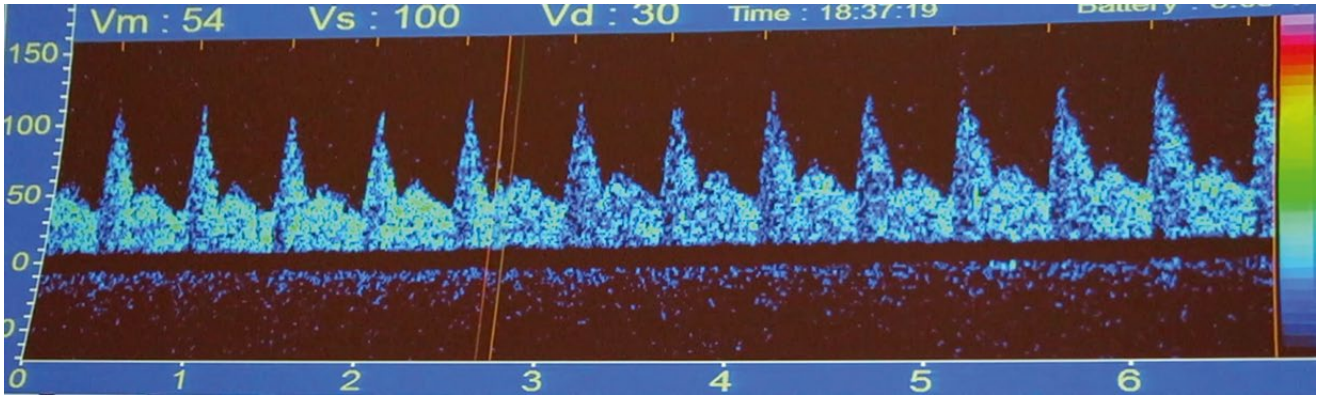


Abbildung 1a
Kontinuierliche Ultraschall-Messung in der A. cerebri media: Fluss während normaler Atmung

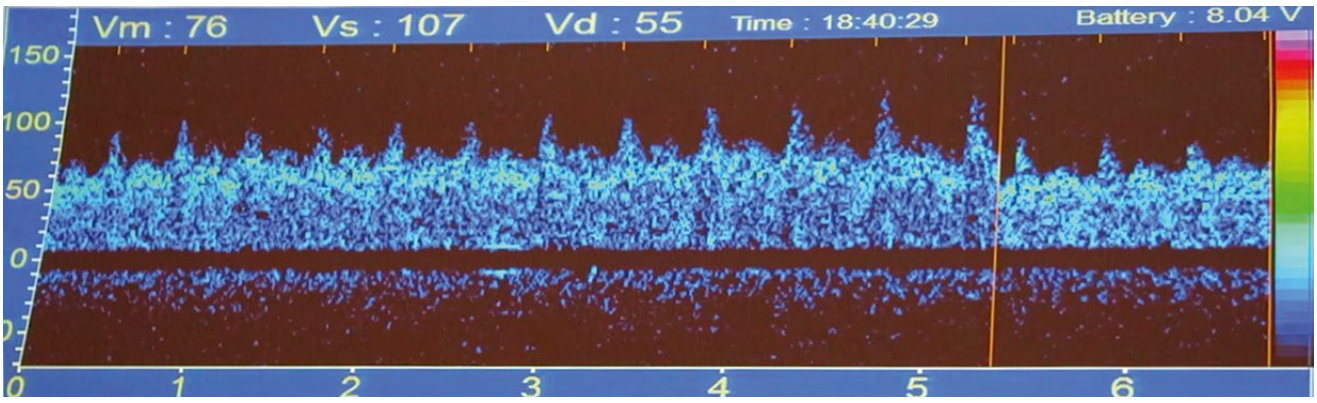


Abbildung 1b
Veränderter Blutfluss in der A. cerebri media während Apnoe: pseudo-venöser Fluss
(Fotos: Wilhelm Welslau)

Vorbotensymptome sind eher still bis kaum vorhanden. Der unfassbare Panikkampf der Hyperkapnie fällt also weg. Vielleicht wird man etwas Schwindel spüren oder eine den Körper durchfließende Wärme, aber dann dauert es meistens nur noch wenige Sekunden bis zur Ohnmacht. Dem Autor ist einmal eine absolute Katastrophe passiert, die er nur durch viel Glück überstanden hat und dessen Fehler fast zu peinlich ist, dass man ihn öffentlich beschreibt. Vor einigen Jahren füllte ich abgelenkt und gestresst *„noch mal schnell“* eine Sauerstoffstage [Druckgastank mit 100% O_2 für O_2-Dekompression] für einen Trimixkurs, ich toppte die fast leere Stage auf 200 bar. Im Wasser dann knackige Übungen mit dem Schüler und immer wieder Übungen auf 6 m und 3 m mit Stagepassing, Gasbreaks, Ausfall Dekogas, Wechselatmung etc. Gott sei Dank war es kein echter Trimixtauchgang, sondern es standen nur die Austauchübungen auf dem Programm. Nur durch einen unfassbaren glücklichen Zufall atmete ich meine Sauerstoffstage nie mehrere Minuten am Stück. Ich füllte sie **aus Versehen mit Argon** und mein Gemisch war statt reiner Sauerstoff ein Argon mit 5% Sauerstoff! Seitdem fülle ich niemals unter Stress und messe ausnahmslos alle meine Tauchgase, auch den Sauerstoff.

Das Atmen von reinem Argon oder Helium würde also in kurzer Zeit zur Ohnmacht führen, und das wäre unbeobachtet sicherlich mit Ertrinken gekoppelt.

Die häufigsten Ursachen für eine normokapnische Hypoxie sind also **falsche Gase** zum falschen Zeitpunkt oder eben beim Kreiseltauchen falsches SCR-Tauchen [semiclosed Rebreather], technische Defekte oder **fehlende Sauerstoffzufuhr** beim CCR [closed cirquit Rebreather]. Die normokapnische Hypoxie ist deshalb so gefährlich, weil man eigentlich keine Chance hat, durch großartige Symptome gewarnt zu werden. **Man sieht hier gut, dass die Natur eigentlich das Kreiseltauchen oder das Argonfüllen nicht in der Evolution berücksichtigt hat.**

Es gibt Berichte und praktische Versuche mit hypoxischen Gemischen und des weiteren viel Erfahrung in der Fliegerei mit Verhalten unter Hypoxie. Manche Taucher tauchen ganz gewöhnlich mit ihrem hypoxischen Bottomgas ab und machen sogar die Gasbreaks auf diesem Gemisch, und das über Jahre hinweg ohne jemals einen Blackout gehabt zuhaben. Eine ganz grobe Hausnummer sind die **12% Sauerstoffgehalt**, die man im Allgemeinen für längere Zeit **(ca. 30 min) in Ruhe** ohne hochwahrscheinliche Ohnmacht atmen kann. Untersuchungen der US-Navy ergaben, dass ein Gemisch von 11,8 % Sauerstoff als sicher bezeichnet wurde. Psychomotorische Tests mit diesem Gemisch konnten von den Probanden ohne signifikante Ausfälle durchgeführt und beendet werden. Um eine Alternative für das Höhentraining der Piloten ohne DCS-Risiko zu finden, führte die US Navy Testreihen mit hypoxischen Gemischen bis 6,2% Sauerstoffgehalt durch. Mit 7,85% Sauerstoffgehalt konnten 75% aller Probanden die untersuchten 10 min durchführen, bei 7% Sauerstoff mussten 50% abbrechen und bei 6,2% konnte niemand mehr die 10 min durchhalten. Der früheste Abbruch hier war nach 3 Minuten. In der Fliegerei gilt ein Sauerstoffgehalt von 8% als kritisch und führt laut Air Force Untersuchungen relativ rasch zur Ohnmacht. All diese Versuche fanden in Ruhe statt. Auch bei **140 Watt Belastung unter 12% Sauerstoffatmung** wurden keine Bewusstseinsverluste, aber auffallende psychomotorische Defizite beschrieben.

Für das technische Tauchen gilt nach wie vor die kritische Grenze von 15-16%, da gerade beim Abtauchen und Auftauchen durch die Anstrengungen (Gerödel) und die Erschöpfung, der Sauerstoffbedarf deutlich erhöht sein kann. Hypoxische Gemische, die in Ruhe durchaus atembar wären, könnten in solchen Situationen zu einer ernsthaften Hypoxie führen. Andererseits dürfte einem Standardtauchgang mit einem 15/55 Gemisch [15% O_2, 55% He] am geliebten Hausgewässer mit einem zügigen Abtauchen auf 3-6 m überhaupt nichts dagegen sprechen, wenn man nicht ewige Zeiten unter Anstrengung im Flachwasser bleibt. Sauerstoffgehalte unter 12-16% können dann exponentiell nur kürzer geatmet werden. Sauerstoffgehalte von/über 16% gelten im allgemeinen als unkritisch, mit Einschränkungen bei großen Gasdichten. Hier kann, aufgrund der schlechteren Ventilation und damit Oxygenierung des Blutes, auch ein an und für sich sicheres Gas zur Hypoxie führen.

Sämtliche Vorbotensymptome versagen: **Das erste Symptom ist die Ohnmacht**. Wer noch ein bisschen mehr in die Tiefe gehen will, sollte sich mit der Sauerstoffbindungskurve beschäftigen und den sog. Umkehrshift von Sauerstoff vom Blut in die Alveole durcharbeiten...

Eher selten: Die Hypokapnie

Bei der Hypokapnie handelt es sich um zu wenig CO2 im Blut. Die häufigste Ursache dafür ist eine **Hyperventilation**, also ein zu tiefes Atmen. Viel-

fach wird geglaubt, man könne nur durch Hecheln oder schnelles Atmen hyperventilieren, was aber definitiv nicht stimmt. Nach nur zwei tiefen Atemzügen (Vollatmung im Apnoetauchen) reagieren bereits die Hirngefäße signifikant mit einer Vasokonstriktion und die Hyperventilationseffekte kommen in Gang. Die Ursachen für eine Hyperventilation sind natürlich ebenfalls vielfältig. Angst, Stress und Panik sind häufige Auslöser, aber auch **Hypoxie**, die **kompensatorisch** zu einer Hyperventilation führt. Bei einer Hyperventilation unter Wasser kommt es meist zu **audiovisuellen neurologischen Symptomen** wie Sehfeldeinengung, Schwindel, Kribbeln am ganzen Körper und um den Mund herum, pochende Ohrgeräusche, pulssynchrones Hämmern im Kopf. All diese Symptome sind interessanterweise auch beim Tiefenrausch beschrieben und können auch Inertgaseffekte bei höheren Partialdrücken sein. Die Symptome einer **Hypokapnie** sind von **Inertgaseffekten** (Stickstoffrausch, rapture of the depth) nicht zu unterscheiden.

Theoretisch unterscheidet man auch bei der Hypokapnie eine normoxische von einer hypoxischen Hypokapnie, aber das würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Vielleicht kurz angemerkt: Durch ein Hyperventilieren kommt an der Alveole statt normalerweise ca. 17% Sauerstoff ganze 20-21 % Sauerstoff an, was dazu führt, dass die Sauerstoffsättigung sofort auf 100% hochgeht und die Oxygenierung verbessert wird. Für den Apnoetaucher heißt das also tatsächlich, dass er durch Hyperventilation 2 Fliegen mit einer Klatsche schlägt. Er bekommt mehr Sauerstoff in die Lunge und senkt zugleich seinen CO_2-Spiegel, damit schafft er es deutlich länger auszuharren.

Die zweite Gasgefahr - Hyperoxie

Die Hyperoxie ist im Tauchsport allseits bekannt. Man lernt bereits schon im Nitroxkurs die Gefahren und möglichen Symptome einer Hyperoxie kennen, die im übrigen alle versagen. In der Tauchszene haben sich die **CONVENTID Symptome** (**CON**vulsions, **V**isual disturbances, **E**ar disturbances, **N**ausea, **T**witching, **I**rritability, **D**izziness) etabliert. All diese Symptome **versagen**. Essentiell bei einer Hyperoxie ist neben dem Partialdruck die Expositionszeit. Je höher der Partialdruck, desto kürzer ist die Latenzzeit bis zum Auftreten eines Sauerstoffkrampfes. Die akute Hyperoxie führt zu einem generalisierten Krampfanfall, der im klinischen Bild identisch mit einem epileptischen Krampfanfall ist.

Es gibt keinen Trainingseffekt (indirekt werden Antioxidantien-Enzymsysteme hochgefahren, aber ohne jeglichen Einfluss auf den Sauerstoffkrampf) und eine **ausgesprochene inter- und intraindividuelle Variabilität** der Sauerstoffkrampfschwelle ist seit Jahrzehnten bekannt. Die im Tauchen allgemein anerkannte Partialdruckgrenze liegt bei ca. 1,4 bar - 1,6 bar, die CCR-Taucher tauchen Großteils mit einem Setpoint von 1,3 bar. Die frühesten beobachteten Krampanfälle bei Versuchsreihen mit einem pO_2 von 2,5 bar sind nach ca. 8 Minuten beobachtet worden. Eine beeindruckende Studie ist mit der Substanz Vigabatrin (einem Antiepileptikum) gemacht worden, wo bei Tieren bei einem pO_2 von 5 bar dosisabhängig die Latenzzeit verlängert werden konnte bzw. gar keine Krampfanfälle mehr auftraten, wohl aber viele der Tiere durch die Toxizität an sich verendet sind. Interessanterweise ist hier eine Einmalgabe effektiv gewesen.

Die Hyperoxie wird **maßgeblich durch Co-Faktoren beeinflusst**. Hervorzuheben ist hier insbesondere der erhöhte CO_2-Spiegel, die Hyperkapnie. Die Hyperkapnie, wie wir gleich sehen werden, beeinflusst also nicht nur deutlich die Dekompression, sondern auch die **Sauerstofftoxizität**. Wegen der manifesten Steigerung der Hirndurchblutung ist ähnlich wie bei Fieber, Medikamenteneinnahme etc. die Krampfschwelle deutlich vermindert. Die Krampfschwelle durch Hyperkapnie wird um das ca. 5-10fache gesenkt, abhängig von der CO_2-Konzentration. Auf die vielfachen anderen Risikofakoren und protektiven Faktoren möchte ich hier nicht eingehen. Antioxidantien als mögliche Schutzfaktoren stehen hier hoch im Kurs (z.B. Thymoquinone), spezielle Medikamente etc.

Die Hyperoxie betrifft nicht nur das Zentralnervensystem, sondern auch die Lunge und andere Organe (chronische bzw. pulmonale Toxizität). Die Konzepte der UPTD/OTU [Oxygen Tolerance Unit] aber auch die CNS-Tox haben sich in der Praxis der Tauchmedizin und der klinischen Hyperbarmedizin nicht sonderlich bewährt, werden aber immer noch fleißig in den technischen Tauchkursen präsentiert und unterrichtet. Für den normalen Techtaucher mit moderaten TG bis 100 m werden in der Regel sogar bei täglichen 100 m TG (im Gegensatz zur CNS-Tox) die vorgegebenen OTU-Schwellen noch nicht überschritten.

Die meisten Deko-Computer und Programme berechnen die CNS-Tox. Bei vielen langen Trimixtauchgängen wird die CNS-Tox (im Gegensatz zu den OTUs) weit überschritten, ohne dass es regelmäßig zu Schäden kommt. Der Begriff ZNS-Tox ist etwas unglücklich gewählt, weil diese Art der Berechnung suggeriert, dass die ZNS-Vergiftung kumulativ ist - erst beim Erreichen der 100% kann es zu Krämpfen kommen. Hingegen können auch bei pO_2-Werten unter 1,6 die 100% erreicht werden, ohne dass tatsächlich ein wirklich signifikantes Sauerstoffkrampfrisiko besteht (was man ja durch den Begriff ZNS-Tox erwarten würde). Somit ist die CNS-Tox eher als Mischung zwischen whole body tox units und ZNS-Toxiziät zu sehen und stellt die Gesamtorganbelastung mit Sauerstoff dar.

Tipp für alle regelmäßig und täglich tauchenden Trimixtaucher, die 300 OTU überschreiten: alle 5 Tage 1-2 Tage Tauchpause, d.h. einmal in der Woche 1-2 Tage regenerieren und viel Antioxidantien futtern. Bzgl. Dekompression sollte bedacht werden, dass hyperbare Hyperoxie Lungenshunts öffnen kann und es beim realen Tauchgang tatsächlich, im Gegensatz zu Druckkammerbeobachtungen, bereits nach ca. 90 min Sauerstoffatmung zu echten Atelektasen (kleine Areale zusammengefallener Lungenareale), also Lungenschäden (reversibel) kommen kann, die durch Reizhusten und Thoraxstechen auffallen. Die sog. **Gasbreaks** können solche Effekte vermindern.

Hyperoxie führt auch zu einer Vasokonstriktion der Gefäße, weswegen vorwiegend amerikanische Taucher gerne sog. Pull-Push Effekte ausnutzen in der Überzeugung, durch einen Wechsel auf das Rückengas könne man die Vasokonstriktion vermindern und den Inertgasgradienten im Gewebe etwas rütteln. Aus unserer Sicht ist das nicht ganz so einfach, aber ein wahrer Kern ist definitiv enthalten und wir tauchen auch mit einem Switch aufs Rückengas auf 9 m …

Die dritte Gasgefahr - Hyperkapnie

Das spannendste zum Schluss: Die **Hyperkapnie** wird schon seit Jahren von uns als sog. **Drahtzieher im Hintergrund bzgl. seines Einflusses auf die Dekompression** bezeichnet. Die Hyperkapnie entspricht, wenn man sie mit der Hypoxie vergleicht, dem **polternden Elefanten**. Begriffe wie **CO_2-Walze**, **CO_2-Hit** oder **CO_2-Watschn** weisen darauf hin, dass wir es hier mit **rustikalen Symptomen** zu tun haben. Durch die Hyperkapnie kommt es zu einer deutlichen Steigerung der Durchblutung im ganzen Körper. Eine bestimmte Apnoeübung, bei der gezielt in die Hyperkapnie gegangen wird, führt eindrucksvoll zu einem fulminanten Schweißausbruch, den die Teilnehmer so noch nie erlebt haben. Bzgl. Dekompression kann man sich also gut vorstellen, dass sich die Gewebekinetik durch die veränderte Vasodilatation ändert. Auch der Wärmehaushalt (**beim Techtaucher dürfte man eher vom Kältehaushalt sprechen**) ist durch die Hyperkapnie verändert. Die Sauerstofftoxizität ist wesentlich erhöht.

Interessanterweise dürften bei einigen Tauchern aufgrund des hohen Sauerstoffpartialdrucks in der Tiefe ihr Atemreiz unterdrückt werden, wodurch sie hyperkapnisch werden. Möglicherweise sind auf diese Weise die deutlich vermehrten CO_2-Retainer unter den Tauchern erklärbar. Beim Apnoetraining kennt man das sehr gut. Man weiß, dass eine **Hyperoxie** den **hyperkapnischen Atemreiz overrulen kann**. Beobachtungen an unseren Kameraleuten auf 80-100 m ergaben, dass manche von ihnen in der Tiefe Atemfrequenzen von weniger als 5/min haben, was man auf dem Film jeweils sehr gut hören kann. Bei vielen Trimixtauchgängen haben wir es also mit einer **hyperoxische Hyperkapnie** zu tun. Die Hyperoxie reduziert anfangs den Atemreiz und die Hyperkapnie tritt so auch schon in relativer Ruhe auf. Aktives Zwingen zum aktiven Atmen als Prävention hilft hier wirklich.

Man unterscheidet wiederum eine hypoxische Hyperkapnie von einer normoxischen/hyperoxischen Hyperkapnie. Ein typischer Fall für eine normoxische Hyperkapnie wäre wiederum eine falsche Flaschenfüllung. Ich erlebte einmal einen Tauchpartner, der beim Gaswechsel auf 21 m plötzlich schwere Symptome einer Hyperkapnie bekam. Er vermutete bereits, dass mit dem Gas etwas nicht stimmte. Als auch ich sein Gas anatmete spürte ich rasch ein Klopfen im Kopf. In der späteren Analyse ergab sich ein deutlich erhöhter CO_2 Spiegel in seiner Flasche. Bei der Ursachenfindung kamen wir dann drauf, dass der Taucher seinen Personalfilter und den im Winter stehenden Kompressor vorher nicht spülte und so einiges an CO_2 in seine Flasche pumpte.

Ganz wesentlich für die Symptome der Hyperkapnie ist **die Geschwindigkeit der CO_2-Anflutung/Zunahme**, und weniger der absolute Wert. Ich kenne Lungenpatienten, die mit 110 mmHg CO_2 im Blut

Zeitung lesen, während andere mit 60 mmHg CO_2 komatös intubiert werden mussten (Normwerte 35-45 mmHg). Und genau diese Änderung ist es, die uns Tauchern einen argumentativen Streich spielt.

Steigt das CO_2 langsam an, zum Beispiel wenn ich in Ruhe die Luft anhalte, kommt der Atemreiz langsam und ich kann ihn mit Übung mehr oder weniger gut unterdrücken, bis er irgendwann einmal ernst macht und mich zum Einatmen zwingt. **Steigt der CO_2-Wert aber schnell an, spürt man die sog. CO_2 Walze. Das hohe bzw. rasch ansteigende CO_2 überrollt den zum Kampf bereiten Taucher und zwingt ihn zum Einatmen, notfalls von Wasser**.

Wer das nicht glaubt, kann folgenden Test machen:

Setze dich auf's Fahrrad und fahre 95% deiner Maximalleistung, fahre bis auf deinen Maximalpuls. Unmittelbar nach dem Abbruch versuchst du nun 10 sec die Luft anzuhalten. Mehr brauche ich nicht zu schreiben. Die meisten werden es noch nicht einmal 5 Sekunden schaffen. Wir reden also ab einer Belastung von ca. 80% der Leistungsfähigkeit von Sekunden. Da der Körper in kürzester Zeit so enorme Mengen an CO_2 produziert, hat man ohne Atmen keine Chance.

Wer das noch immer nicht glaubt, verwendet den **expand-a-lung®**. Dieses Teil bricht wirklich jedes Ego und **zerstört jeden Willen**. Für den Techtaucher ist das ein unverzichtbares Erlebnis (s. Abbildung 2a und b).

Abbildung 2a und 2b
Training der Atemmuskulatur und der Hyperkapnie mit Expand-a-lung® inspiratory/expiratory breathing resistance trainer (Fotos: Frank Hartig und expand-a-lung.com)

Vergleiche diesen Test mit anderen Tests:

Das Liegen in der Badewanne, wo du auch als Ungeübter schnell 3 min ausharren kannst. Oder das Streckentauchen, also das Luftanhalten unter beginnender CO_2 Produktion, hier brichst du nach vielleicht 30-60 sec ein.

Und mit dem obigen Wissen wirst du nun erkennen, dass der bei den Kreiseltauchern so beliebte Test, nämlich **ohne CO_2-Scrubber im Pool** zu atmen (vielleicht mit etwas Anstrengung währenddessen) und schauen was passiert, **nicht der ganzen Realität entspricht**. So gut wie alle dieser Pool-Kreisler werden sich über vielleicht zwei Aspekte wundern: Erstens, wie lange es eigentlich dauert, bis man irgendetwas spürt. Zweitens, dass man eigentlich relativ lange die motorische Kontrolle über sein Bailout hatte und drittens, dass man relativ lange auch noch an der Oberfläche benötigt, um die Symptome wieder wegzubekommen (Sauerstoffatmung bringt hier gar nichts).

Und irgendwie passen diese Erfahrungen nicht so zu den Berichten einiger anerkannter Kreiseltaucher (die Verfechter der BOV's) [BOV: bailout valve], die von ihren CO_2-Hits in einer Art und Weise berichten, dass einem ganz Angst und bange wird. Weil sie beschreiben, wie dramatisch das sei und man teilweise motorisch nicht mehr in der Lage gewesen sei, auch nur das Mundstück aus dem Mund zu nehmen, geschweige denn ein Bailoutmanöver zu absolvieren.

Würde man diesen Test realistischer machen, aber dafür auch mit einem gehörigen Komplikationsrisiko (!), dann würde man zuerst submaximal bis maximal belasten und dann in den Kreisel ohne Kalk einsteigen. Dann würde man vermutlich innerhalb weniger Atemzüge und innerhalb weniger Sekunden schwerste Symptome bekommen. Unsere eigenen Tests mit diesem extremeren Setting führten in 100% zum TG-Abbruch und auch rasch zu einer Ohnmacht, die im Gegensatz zu anderen hypoxischen Ohnmachten **intensivmedizinisch nicht ungefährlich** waren, nämlich einer **CO_2-Narkose** mit Lähmung der Atemmuskulatur. Und wenn man nun einen **Atemkalkdurchbruch simulieren** möchte (tue das nicht!), dann ist es absolut entscheidend, ob die vierte Gasgefahr (siehe unten) dabei ist oder nicht.

Auf jeden Fall sind die Auswirkungen eines (beginnenden) **Atemkalkdurchbruchs tiefenabhängig**, weil die vierte Gasgefahr mitentscheidend ist. Der CO_2-Wert steigt also rascher an als man denkt. Spannend ist auch in diesem Zusammenhang, dass **Angst und Stress** über den Muskeltonus die **CO_2-Produktion signifikant steigern** kann. Ein Atemkalkdurchbruch auf Zieltiefe beim CCR-Tauchen ist also nicht so ohne wie man vielleicht aus seinen Poolexperimenten gedacht hat. An dieser Stelle möchte ich nicht auf die Diskussion BOV versus Nicht-BOV einsteigen. **Anstelle einer Atemkalk-Durchbruch-Simulation unter Wasser sollte man an der Oberfläche Experimente mit dem expand-a-lung® oder mit Apnoeübungen unter Aufsicht machen, das ist lehrreich und ungefährlich!**

Noch ein interessanter Punkt:

Von Apnoetauchern weiß man, dass bei stressigen Notfallübungen wie Helicopter-Ditching-Übungen Apnoetaucher nicht eine Sekunde länger die Luft anhalten können. Ist ja klar, weil der CO_2-Anstieg durch das Adrenalin und den Stress rasch und extrem schnell kommt und die **CO_2-Walze auch den Apnoetaucher überrollt**, es sei denn es handelt sich um jemanden, der einfach gute Nerven hat und seinen Körper auch in dieser Stresssituation runterfahren kann. Also ein **Kampfschwimmer**, der auch ein guter Apnoetaucher ist, hat hier vielleicht bessere Karten. Noch interessant ist, dass hohe CO_2-Werte die Atemmuskulatur lähmen und so ein Teufelskreis zur CO_2-Narkose entstehen kann.

Und jetzt die Überleitung zur vierten Gasgefahr:

Die vierte Gasgefahr - Gasdichte und Atemarbeit

Durch die steigende Gasdichte beim Tieftauchen und durch die vermehrte Atemarbeit unter Wasser bzw. durch das Tauchgerät (v.a. Rebreather) ist unsere Atemphysiologie ziemlich durcheinander. Unter Wasser beim Tauchen atmen wir anders. **Abhängige Variablen sind Wasserlage, Immersion, Training, Fitness und Anstrengung sowie die Gasdichte, Totraumvolumen etc.** Durch Trimix lässt sich die Gasdichte verglichen mit Luft deutlich verbessern. Interessant ist es, wenn man sich bei seinen Standardgasen einmal die **äquivalenten Luftgasdichten** ausrechnet, was ziemlich erhel-

lend ist. Je nach Trainingszustand und auch Konstitution ist ab einer gewissen Tiefe Luft einfach zu zäh zum atmen. Entscheidend ist der Umstand ob nun **vermehrte Atemarbeit** geleistet werden muss oder nicht. Stress, Anstrengung, Arbeiten unter Wasser mit vermehrter Atemarbeit sind also **allesentscheidend**. Selbst mit dem besten Atemregler und dem besten Trimix wird man den Effekt der Atemarbeit unter Anstrengung niemals auch nur annähernd kompensieren können. Verläuft der Tauchgang auf Tiefe ruhig und man fühlt sich wohl, wird man davon nicht viel merken. Kommt es aber zu einem echten Zwischenfall ist dann **„plötzlich alles anders“** und der **Lufthunger** kommt. Jetzt ist die **Fitness der Atemmuskulatur** entscheidend. Und zur sportlichen Kondition gehört nicht nur die verbesserte Herz-Kreislauffunktion, die vermehrte mitochondriale und gefässarchitektonische Muskelversorgung, sondern auch die damit einhergehende verbesserte Atemmechanik. Ein Sportler hat also immer auch eine verbesserte Atemmuskulatur (kräftiger und weniger schnell ermüdend), um überhaupt sein CO_2 und seine Sauerstoffaufnahme mittels Atmung zu regulieren. Die **meisten Taucher** verändern unter Wasser ihre Atemmechanik insofern, als dass sie quasi ausschließlich mit einer **hohen Brustatmung** atmen und oft gänzlich auf ihre Bauchatmung verzichten, dadurch haben sie wesentlich weniger Reserven und die Atmungseffektivität ist signifikant schlechter. Das kann man aktiv üben. **Bauchatmung beim Techtauchen** in horizontaler Wasserlage. Das ist **essentiell wichtig** und verbessert nicht nur deine Atemmechanik beim tiefen Tauchen sondern auch den Trim und die Dekompression (über verändertes Tidalvolumen). Auch für den Kreiseltaucher ist das gut. Wenn man sein **ADV** [Automatic Diluent Valve] so einstellt das **nach dem Ende der Bauchatmung** und zu Beginn der Brustatmung das ADV anspricht, spreche ich von einem **best loop volume**.

Noch mehr kann man machen, wenn man **gezielt** neben Sport und korrekter Atmung auch seine **Atemmuskulatur trainiert**. Ich mache das mit einem Atemtrainer, der bei vielen Leistungssportlern, COPD-Patienten und auch von US Navy Seals „wissenschaftlich“ untersucht wurde (ich habe nicht alle Arbeiten durchlesen können, kann aber eine gewisse wissenschaftliche Seriosität attestieren), aber uns hilft der expand-a-lung® extrem. Nicht nur unsere Sauerstoffaufnahme, auch unsere Vitalkapazität (ein Dogma der Pulmologie) und vor allen Dingen unsere Atemarbeit unter Wasser, unsere Schwimm- und Tauchperformance hat sich deutlich verbessert. Ich verwende das Tool mittlerweile seit einigen Jahren. Nachweislich ist tatsächlich die Atemmuskelkraft signifikant und subjektiv auch klinisch relevant erhöht. Für unsere tiefen Tauchgänge gehört das zum Standard. Auch für die Neulinge, die etwas zu Übermut neigen, sind manche Übungen zur Hyperkapnie hervorragend. Aber auch bei bester Atemkinetik und Muskulatur kommt es zu einem **Punkt**, wenn die Gasdichte und die Atemarbeit so ansteigt, dass **all diese Systeme nicht mehr zur Kompensation ausreichen**.

Leistungsphysiologisch gibt es gute Untersuchungen über das maximal atembare Volumen, das **MVV** [maximum voluntary ventilation] und dessen **Abhängigkeit mit der Tauchtiefe**. Ebenso gibt es Untersuchungen über das Ausmaß der benötigten **Atemreserve, um gewisse CO_2 loads**, die durch Anstrengungen entstehen, vorübergehend durch AMV Erhöhung **zu kompensieren**. Hier lohnt es sich wirklich, einmal etwas in die Tiefe zu gehen.

Also zusammengefasst:

Ab einer gewissen Gasdichte und Atemarbeit kann eine leichte bis moderate Anstrengungen, die mit CO_2-Erhöhung verbunden ist, nicht mehr respiratorisch kompensiert werden. **Auch leichter Stress kann so zum fatalen Verhängnis werden**, weil man es nicht mehr schafft, das CO_2 abzuatmen. Gerade der Kreiseltaucher in Tiefen jenseits der 90 m ist hier gefährdet. Ein prominenter Explorationstaucher ist auf 265 m durch Anstrengung hochwahrscheinlich auf diese Art und Weise ums Leben gekommen. Seine äquivalente Luftgasdichte entsprach etwa 70 m.

Erstes Zeichen einer insuffizienten respiratorischen Kompensation ist der Anstieg des CO_2 und der macht gleich mal ordentlich Symptome; er macht physiologisch eine **Atemzugsvertiefung**, die aber **bei hoher Gasdichte und Atemarbeit nicht funktioniert** und in einem oft fatalen Teufelskreis führt. Die physiologischen Anpassungen der Atemmechanik funktionieren unter Wasser also nicht mehr richtig. Kommt in so einer Situation noch ganz ganz wenig dazu, vielleicht beim Kreiseltaucher bei tiefen kalten Tauchgängen eine passagere Atemkalk-Wirkungsverminderung oder gar ein Kalkdurchbruch, dann ist das Worst Case Scenario im Gange. Oder beim OC-Taucher [Open Cirquit] mit respiratorischer Dekompensation kommt noch eine Haltearbeit (irgendwo festkrallen) oder ein Abblaser mit motorischer

muskulärer Mehrarbeit dazu (Ventil zudrehen), dann ist die Situation schnell außer Kontrolle. Bei sehr großen Tiefen erreicht die **vermehrte Atemarbeit schnell einen point of no return**, aus dem man nicht mehr herauskommt und dann in der Hyperkapnie eingeht.

Aus diesen Sachverhalten lassen sich für uns folgende Empfehlungen ableiten:

- CCR Taucher sollten schneller aus dem Loop gehen, als die meisten es tun. Probleme analysieren und lösen immer unter Bailout. Ich persönlich verwende mein BOV nur als bridging zum Atemregler der Bailoutstage, weil dessen Atemkomfort besser ist und damit meine Atemarbeit geringer ist.

- Kaltwasser-CCR-Tieftauchgänge sind bzgl. Hyperkapnie und/oder resp. Dekompensation dann extrem gefährlich wenn zusätzlich körperliche Arbeit oder Stress hinzukommen (s. Plurahöhlenkatastrophe, Bericht in CAISSON Nr. 1, 2017).

- Tiefe Lufttauchgänge sind auch in Bezug auf Atemarbeit keine gute Idee. Heliumreiche Trimixmischungen machen Sinn. (Wer mehr will, kann im gefährlichen Selbstversuch ausprobieren, wo in der Tiefe mit Luft seine Atemarbeit langsam ans Limit kommt und sich dann mit seinen Trimixmischungen die equivalenten Gasdichtetiefen ausrechnen...)

- Körperliche Fitness und damit auch respiratorische Fitness, adäquate Wasserlage und zusätzliches Atemmuskulaturtraining gehören für mich zum Fundamental im technischen Tauchen dazu. Und Gewichtsreduktion verbessert die Bauchatmung...

- Anstrengungen in der Tiefe, Zerren, Festbinden, Ausgraben, Befestigen, Flossenschlag gegen Strömung, Losschneiden etc. müssen mit Bedacht und vielen **Pausen** durchgeführt werden. Für Kreiseltaucher gilt daher, lieber mehr Grundzeit in Kauf nehmen und Pausen machen, als sich dort unten respiratorisch zu erschöpfen. Pause machen, bevor man den point of no return überschreitet. Aktives tiefer Atmen oder tiefes Ausatmen, wie wir es an der Oberfläche instinktiv richtig tun, bringt bei großen Gasdichten leider nichts, außer, dass man noch schneller erschöpft.

- Ausnahmslos alle atembaren Gase vorher messen...

Schlussbemerkung des Autors:

Diese Thematik ist für mich als ehemaliger Leistungsapnoetaucher wirklich essentiell und ich bin überzeugt, dass ganz viele Zwischenfälle und Unfälle, besonders bei tiefen Explorationstauchgängen jenseits der 100 m, im Wesentlichen auf eine Erschöpfung der Atemmuskulatur und somit auf eine hyperoxische Hyperkapnie zurückgehen.

Frank Hartig

Kardiale Belastung durch Apnoe – ein unterschätzter Faktor

Autor

Dr. med. Lars Eichhorn
Klinik & Poliklinik für Anästhesiologie & Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn (AöR)

Sigmund-Freud-Straße 25
D-53127 Bonn
lars.eichhorn@ukb.uni-bonn.de
(Korrespondenzadresse)

Autor

Prof. Dr.
Claus-Martin Muth
Klinik für Anästhesiologie
Sektion Notfallmedizin
Universitätsklinikum Ulm

Prittwitzstr.43
89073 Ulm
claus-martin.muth@uni-ulm.de

Das Apnoetauchen erfreut sich wachsender Beliebtheit. Während die Zahl der aktiven Gerätetaucher leicht rückläufig ist, rückt das Tauchen ohne Gerät immer mehr in den Fokus des Breitensportes. Dabei ranken sich um diese deutlich ältere Bewegungsform unglaubliche Mythen – eine fachliche Diskussion entbehrt häufig jeglicher Evidenz.

Der Atemvorgang wird in den evolutionär ältesten Hirnabschnitten geregelt und unterliegt einem kaum steuerbaren Automatismus. Zwar können wir willentlich die Luft anhalten, der Atemantrieb wird aber unaufhaltsam stärker. Und das ist nur die Spitze von Veränderungen, die wir bemerken. Neuere Studien zeigen, dass es bei Apnoetauern durch den ansteigenden CO_2 Partialdruck zu einer starken Ausschüttung von Katecholaminen kommt. Neben den bereits bekannten Effekten des autonomen Nervensystems (efferente Sympathikusfasern führen zur Kontraktion der glatten Muskulatur in der Peripherie), spielt diese humorale Antwort einen maßgeblichen Effekt bei der peripheren Vasokonstriktion. Dabei macht die Umverteilung des Blutvolumens von der Peripherie zur Körpermitte in Apnoe durchaus Sinn. Während periphere Gewebe unter hypoxämischen Bedingungen auf die anaerobe Glykolyse als alternative Energieform zurückgreifen können, steht dem Gehirn dieser Ausweg nicht zur Verfügung. Es ist daher auf eine dauerhafte Versorgung mit Sauerstoff angewiesen – hier besteht also in Apnoe kein Einsparpotenzial. Durch die erwähnte periphere Vasokonstriktion steht daher bei gleichem Herzzeitvolumen relativ gesehen mehr Blutvolumen für die Versorgung des Gehirns zur Verfügung. Neben der Erhöhung der Flussgeschwindigkeit kommt es auch absolut zu einem erhöhten Blutfluss über die gehirnversorgenden Gefäße. Dadurch sinkt die arteriovenöse Sauerstoffgehaltdifferenz (AV- DO_2), was zu einem Anstieg des Gewebepartialdrucks führt. Zusätzlich trägt die Autoregulation der Hirngefäße so einem veränderten cerebralen Flussverhalten bei. So kann trotz sinkendem absoluten arteriellen pO_2 Spiegel zunächst eine gute Gewebeoxigenierung aufrechterhalten werden. Von vielen Kritikern der Apnoeszene wurde lange Jahre vor allem die Gefahr der hypoxischen Hirnschädigungen als Hauptargument gegen das Apnoetauchen angeführt. Bisher gibt es jedoch keine Hinweise auf hypoxiebedingte zerebrale Veränderung.

Zu den theoretischen Gefahren gesellen sich auch organisatorische Probleme. Der wachsende Leistungsstandard stellt sowohl Apnoeisten als auch die Veranstalter vor große Herausforderungen. Die Gefahr hypoxiebedingter Synkopen ist allgegenwärtig und solche Ereignisse bedürfen einer zielgerichteten und schnellen Intervention. Jedoch stellen Umgebungsbedingungen (Strömung, Welle, Tauchtiefe, Sichtweiten etc.) große Anforderungen an vorzuhaltende Sicherungstaucher und medizinisches Personal. Interessant erscheint hier vor allem der Umstand, dass sich bei schweren Unfällen im organisatorischen die größten Fehler fanden.

Zwar wurden die Sicherungstechniken mittels lanyard (Sicherungsleine, die den Taucher mit dem Seil verbindet), der Verwendung eines Counter-Balance-Systems (Möglichkeit einen bewusstlosen Taucher schnell aus der Tiefe zu retten), der Verwendung von Unterwasserscootern (Möglichkeit für Sicherungstaucher, kräfteschonender bei der Rettung zu arbeiten) und anderen Hilfsmitteln deutlich verbessert. Viele dieser Hilfsmittel bzw. Erfahrung mit diesen fehlen bei einigen Breitensportveranstaltungen od

wie im Training leider häufig. Aus ärztlicher Sicht muss auch die oftmals fehlende oder mangelnde medizinische Notfallausrüstung oder das inadäquat ausgebildetes Fachpersonal bemängelt werden. Hier sollte sowohl mehr Fachwissen über die physiologischen Veränderungen beim Apnoetauchen als auch einschlägige Erfahrung in der Notfallmedizin vorgehalten werden.

Lange wenig Beachtung fanden die akuten Belastungen des Herz-Kreislauf-Systems, welche durch die Apnoe ausgelöst werden. Zwar ist bekannt, dass es durch den Immersionseffekt zu einem venösen blood-pooling und damit unmittelbar zur Volumenbelastung des Herzens kommt. Aber erst in letzter Zeit werden apnoespezifische Belastungen wie der blood-shift, das tiefenassoziierte Barotrauma, das konsekutive pulmonale Lungenödem, die Hypoxie bedingte pulmonale Vasokonstriktion und die resultierenden Rechtsherzbelastung diskutiert. Auch mehren sich Hinweise, dass die häufig am Ende der Apnoe beobachtete Bradykardie kritisch betrachtet werden muss. Funktionale Daten zeigen, dass mit zunehmender Apnoezeit zu einem dilatatorischen Pumpversagen kommt. Auch Herzrhythmusstörungen werden regelhaft in der 2ten Phase der Apnoe beobachtet. Enddiastolische Volumenvergrößerungen um bis das Doppelte des Ausgangsvolumen werden hier bei Gesunden beobachtet. Auch bei herzgesunden Tauchern rekompensiert die Herzfunktion am Ende der Apnoe. Neuste Untersuchungen zeigen eine negative Korrelation zwischen der Menge ausgeschütteter Katecholamine und der Herzfrequenz.

Überzeugte Apnoeisten werden diese Belastungen für das Herzkreislaufsystem, für die Lunge und die Ohren gern in Kauf nehmen. Die meisten Hobby-Freitaucher genießen einfach die Unkompliziertheit, ohne großen Aufwand und nur mit Flossen und Maske bewaffnet die strandnahen Riffe zu erkunden. Für den klassischen Vereinstaucher stellt das Flossenschwimmen und das Freitauchen eine gute Trainingsmöglichkeit dar und jeder behandelnde Arzt sollte zwar über Risiken und Nebenwirkungen aufklären; jedoch sollte man sich vor einer einseitigen positiv wie negativer Grundhaltung hüten. Vom Drang zur Maximalleistung sind solche Taucher meist weit entfernt. Dennoch ist ein gesundes Herz-Kreislauf und Gefäßsystem Voraussetzung für diesen Sport.

Belastbare statistische Erhebungen zum Alter, Tauchverhalten und zum gesundheitlichen Status von Apnoetauchern sind praktisch nicht vorhanden. Indirekt lässt sich jedoch anhand der Unfallstatistiken zumindest zeigen, dass auch Taucher im mittleren Alter aktiv am Apnoetauchen teilnehmen. Auch wird immer noch von einigen Ärzten das Apnoetauchen als Alternative bei nicht erteilter Tauchtauglichkeit beworben. Das zunehmende mittlere Alter lässt sich auch in nicht repräsentativen Umfragen der Sportverbänden oder durch Beobachtungsstudien von aktiven Apnoisten (so z.B. auf dem kürzlich stattgefunden Apnoetauchsymposium in Bonn mit über 160 Teilnehmern) bestätigen. Fakt ist, dass Apnoetauchen aufgrund der Hypoxie vermittelten Kompensationsmechanismen (peripheren Vasokonstriktion, Blutdruckanstieg, der zumindest dem Gerätetauchen gleichwertigen körperlichen Belastung) und deren direkter Auswirkungen auf das Herzkreislaufsystem nicht als unkritisch betrachtet werden sollte. Die Kriterien einer Tauchtauglichkeit müssen auf jeden Fall erreicht werden. Dabei sollte ein besonderer Fokus auf der Beurteilung von kardialer Belastbarkeit liegen, denn jede Apnoe führt zwangsläufig zu einem Anlaufen des Kompensationsmechanismus. Wie stark dieser Mechanismus jedoch ausgereizt wird, hängt davon ab, wie weit der Aponeist an seine Leistungsgrenze geht.

Es sei nochmals betont, dass das Art und Ausmaß der körperlichen Belastung nicht nur über die absolut messbaren Zahlen (z.B. Tiefe- oder Apnoetauchzeit) bestimmt werden. So mag eine Apnoezeit von 3 Minuten für den einen eine schier unlösbare Aufgabe darstellen – bei anderen liegt diese weit unter einer Maximalleistung. Auch die Tagesform oder tauchgangsspezifische Faktoren (z.B. unvollständige Inspiration vor dem Abtauchen) verschieben die Leistungsgrenzen maßgeblich. Ein Taucher mit einer Totalkapazität von 6 Liter und einem Residualvolumen von 1,5 Litern (beides unter Laborbedingungen) hat z.B. eine errechnete theoretische Tauchtiefe von 30 Metern. Bei submaximaler Inspiration (z.B. durch einen engsitzenden Tauchanzug, Wellengang, Stress vor dem Abtauchen etc.) wird nur mit einer Totalkapazität von vielleicht 5 Litern abgetaucht. Alleine deshalb reduziert sich die errechnete Tauchtiefe auf 23m. Wird jetzt mit dem Wissen um die theoretische Tieftauchgrenze tiefer getaucht, entsteht ein Unterdruck in der Lunge. Ungeachtet der anamnestisch erhobenen Informationen zum aktuellen Tauchverhalten sollte eine ärztliche Begutachtung auch potenzielles Tauchverhalten anamnestisch abschätzen. Es bleibt als Fazit: Ein faszinierender Sport – sicher (sicher) aber nur mit gesundem Körper.

Lars Eichhorn & Claus-Martin Muth

Vereisung von Atemreglern

Adiabatische Abkühlung bei Atemgasen

Die neuesten Messungen

AUTOR

Dr. Dietmar Berndt
(Physiker / *EURING*)

Öffentlich bestellter u. vereidigter Sachverständiger für „Tauchausrüstungen – Unfallursachenermittlung u. Technikbewertung“ ,Labordienstleister für TÜV, BG, FTH (GB) zur thermischen Leistungsfähigkeitsmessung v. Tauch- und Überlebensanzügen gemäß EN 14225-xx u. MSC 81.(70)

Email: dietmar_berndt@t-online.de

Tauchgänge in unseren Breiten finden fast das ganze Jahr bei Wassertemperaturen von 10 °C und darunter, also bei Kaltwasserbedingungen statt. Und immer wieder kommt es zum Einfrieren von Atemreglern und dabei leider nicht selten zu tödlichen Tauchunfällen. Diese gefährliche Vereisung von Atemregelern hat, wer hätte es gedacht, mit den Temperaturen im und um den Atemregler zu tun. Und darüber war in der Vergangenheit wenig Genaues bekannt. Daher haben Roland Schmidts (Tauchen & Technik, Stadtoldendorf), Werner Scheyer und Dr. Dietmar Berndt dieses Thema näher beleuchtet und bereits im ersten Anlauf ebenso interessante und unerwartete lastabhängige Temperatureffekte in Atemreglern gemessen und in DIVEMASTER 79 und 80 ausführlich darüber berichtet. Um aber die Mechanismen der Atemreglervereisung besser zu verstehen, genügt nicht nur die Kenntnis der Verhältnisse auf der Mitteldruckseite und in der 2. Stufe von Atemreglern, sondern es muss noch weiter vorn, auf der Hochdruckseite der 1. Stufe, ja sogar im Inneren der Tauchflasche gemessen werden. Dr. Dietmar Berndt berichtet von den neuesten Erkenntnissen.

Dieser Artikel wurde erstveröffentlicht in ***DIVEMASTER***.

Dietmar Berndt. Vereisung von Atemgeglern. Adiabatische Abkühlung bei Atemgasen. Die neuesten Messungen. DIVEMASTER. #90 (Okt. 2016), S. 49-54.

Weitere Infos und Abo unter divemaster.de

Rückblick

Da seit den Berichten über die ersten Messungen von Atemreglertemperaturen und deren Hintergründe und Konsequenzen nun schon nahezu drei Jahre vergangen sind, fasse ich die seinerzeitigen Ergebnisse zum Einstieg nochmals kurz zusammen.

Unsere Messungen zeigten erstaunlich niedere Temperaturen an den drei Messpunkten „Mitteldruckraum 1. Stufe“, „Kipphebel 2. Stufe“ und „Gehäuse 2. Stufe“ auf. So in der 1. Stufe durchaus Temperaturen von deutlich unter - 20 °C (Abbildung 1a oben).

Während die Gehäusetemperatur - das Gehäuse liegt ja unmittelbar im umgebenden Wasser - sich im positiven Bereich bei ca. + 4 °C einstellte (Abbildung 1a Mitte), fiel die Kipphebeltemperatur (dort kommt ja die kalte Luft von der 1. Stufe an) in der Einatemphase bis auf - 5 °C (Abbildung 1a unten). Was dann aber wirklich erstaunte, war, dass sich bei ansonsten unveränderten Versuchsbedingungen, also Flaschenart und -größe, AMV (= „Normveratmung“ nach DIN EN 250: 62,5 l/min auf 50 m Tauchtiefe), Wassertemperatur von +10 °C mit anderen Atemreglern völlig andere Temperaturen und Temperaturverhalten einstellten, wie beispielhaft in Abbildung 1b dargestellt. Nach Messung von nahezu 30 Atemreglern zeigten sich für alle drei Messwerte beträchtliche Schwankungsbreiten (Tabelle 1).

Die Temperaturen sind von einer Vielzahl von Parametern, wie z. B. eingesetzte Materialien und deren Komposition, Strömungsführung, Schlauchlängen, etc. abhängig. In erster Linie wird die Temperatur allerdings von der Luftentnahme, also der Atemtätigkeit und eventueller Inflatorbetätigung für Jacket und Trockentauchanzug bestimmt.

Die Abbildung zeigt neben den sowieso schon niedrigen Temperaturen durch die Atmung sehr eindrucksvoll den weiteren Temperatureinbruch bei Inflatorbetätigung.

Dies alles kann man zwar interessant finden, aber zugleich als akademisch abtun: „Was bringen mir diese Erkenntnisse in der Tauchpraxis, was soll’s also?“ Nun, da sind eben noch die tödlich verlaufenen Kaltwassertauchunfälle. Und hier zeichnet sich im Gesamtüberblick plötzlich ein Muster ab, das durchaus bemerkenswert, aber bis heute noch nicht wirklich verstanden ist: Es stellte sich bei der entsprechenden Auswertung alter und neuer Kaltwassertauchunfälle, die alle mit einer Atem-

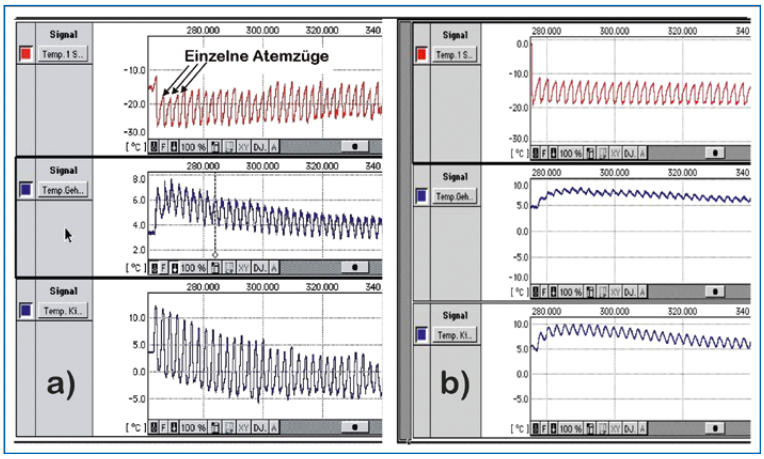


Abbildung 1

Temperaturen stark modellabhängig

T_{min} 1. Stufe -27 °C	➔	T_{max} 1. Stufe -13 °C,
T_{min} Kipphebel -6 °C	➔	T_{max} Kipphebel +10 °C,
T_{min} Gehäuse +1 °C	➔	T_{max} Gehäuse +6 °C

Tabelle 1

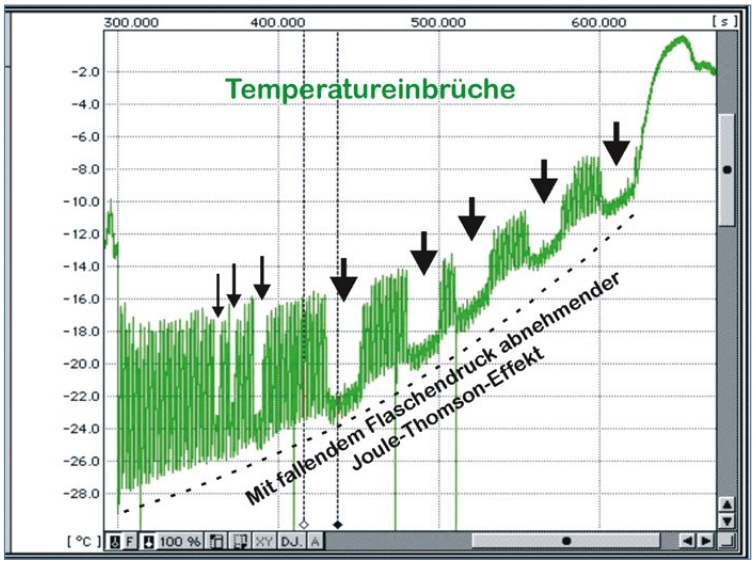


Abbildung 2

reglervereisung begannen, nämlich heraus, dass das Unfallgeschehen immer innerhalb eines Flaschendruckbereiches von ≈160 - ≈180 bar seinen Anfang nahm. Bekräftigt wurde dieses Muster zum einen durch entsprechende Befunde meines Gutachterkollegen in Österreich, Andreas Pacher, und zum anderen dadurch, dass die Unfälle in dieses „Druckfenster“ fielen, egal, ob der Unfalltauchgang mit einem großen oder kleinen, einem 200 bar- oder einem 300 bar-Gerät durchgeführt wurde. Das heißt, nicht die verstrichene Tauchzeit, sondern eben das Durchschreiten dieses Druckfensters ist das Unfallkriterium.

Beispiele zeigt nochmals eine kurze Zusammenstellung in Abbildung 3, die mittlerweile um weitere ins Schema passende Kaltwassertauchunfälle angewachsen ist (Abbildung 4).

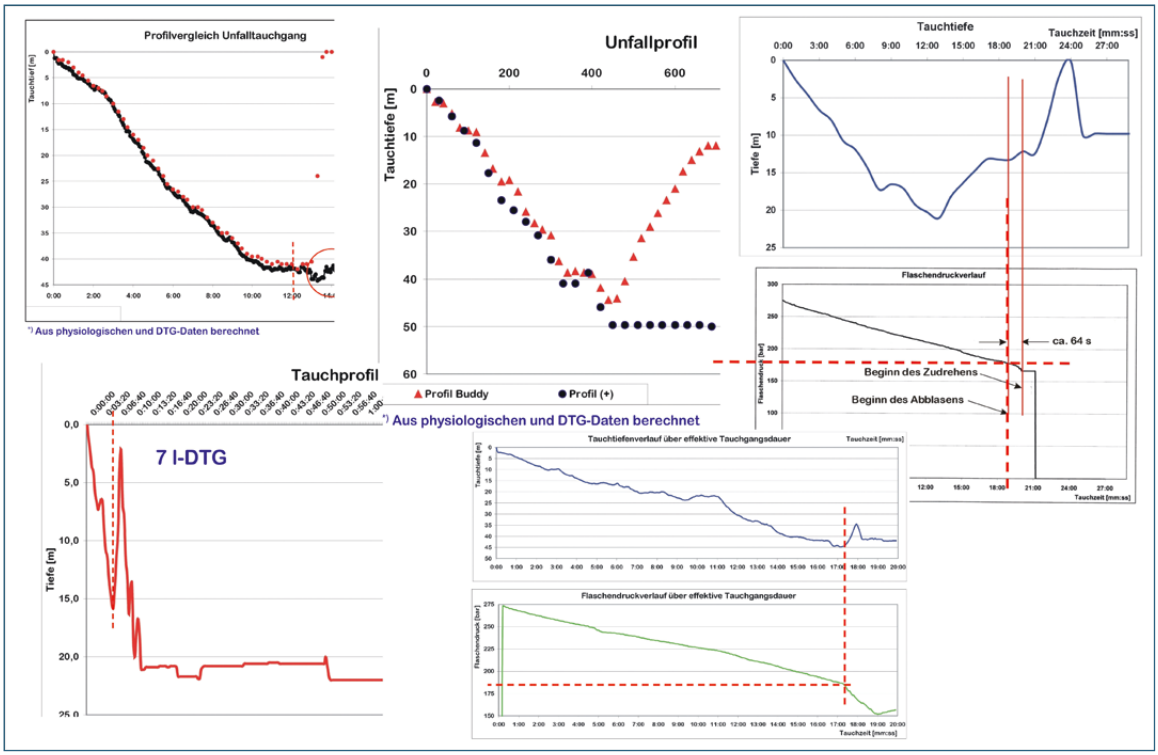


Abbildung 3

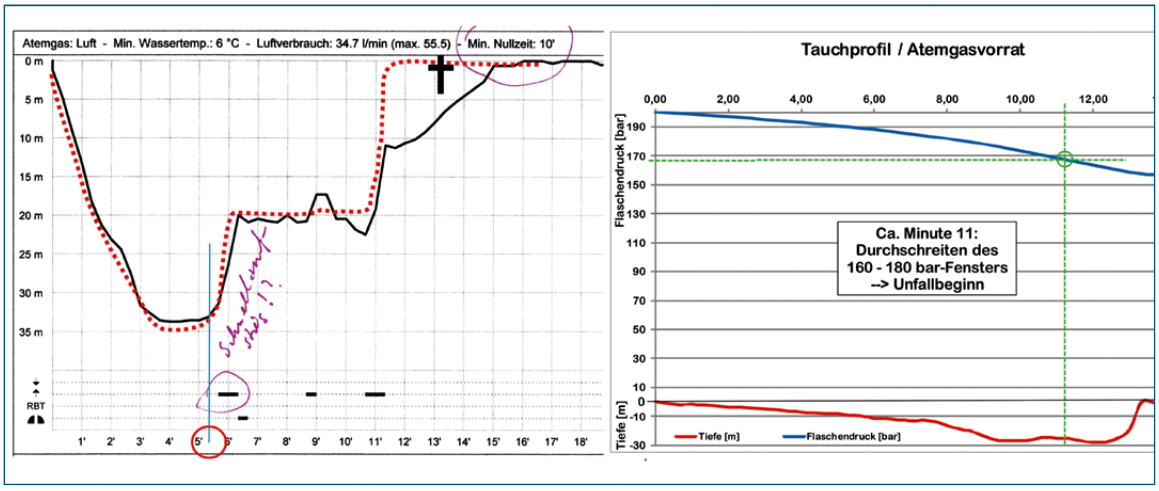


Abbildung 4

Diese tödlich verlaufenen Kaltwassertauchunfälle und das sich abzeichnende Muster waren Grund genug, dem Mechanismus der Atemreglervereisung und der sich dahinter verbergen den Ursachen ernsthaft auf den Grund zu gehen. Dies natürlich, um vielleicht letztlich einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit bei Kaltwassertauchgängen zu leisten. Denn die durchaus sinnvollen Konfigurationsvorschläge zur Entzerrung der Kältelast oder auch die technischen Lösungsansätze der Atemreglerhersteller, wie z. B. Oberflächenbeschichtungen von Atemreglerkomponenten oder Kapselung der 1. Stufe sind letztlich ein Operieren am Symptom.

Stand heute

Eine Erklärung unserer Beobachtungen versuchten wir auf Basis folgender Postulate: 1.) Die Unfallhäufung in einem bestimmten Druckfenster ist Folge des Joule-Thomson-Effektes. 2.) Bei bestimmten System-/Material-/AMV-Kriterien durchläuft die Atemreglertemperatur wegen des Joule-Thomson-Effektes ein ausgeprägtes Minimum. 3.) Dieses Minimum liegt eben innerhalb des Druckfensters von ≈160 - ≈180 bar. 4.) Die Abkühlung der DTG-Flasche nach Gay-Lussac, bzw. die adiabatische Abkühlung der Luft durch die Entspannung bei Abatmung spielen wegen des langsamen Verlaufs der Entspannung und wegen der guten Wärmeleitung der Stahlflasche und dem umgebenden Wasser keine wesentliche Rolle, d. h. der Joule-Thomson-Effekt ist vorliegend der führende Effekt.

Um hierüber Klarheit zu bekommen, war der erste Ansatz, in Kenntnis der physikalischen Gesetze und der gegebenen Material-/Abmessungs- und Atemparameter eine grobe Berechnung anzustellen, die unsere Annahme zumindest qualitativ bestätigen sollte. Immerhin lässt sich der Joule Thomson-Effekt bei gegebenem Gas und bekannten Druck-/Temperaturverhältnissen recht leicht berechnen - aber eben physikalisch idealisiert, ohne sonstige Einflüsse, wie z. B. Wärmeleitung, Wärmekapazitäten, etc. Es stellte sich folglich bald heraus, dass für die Berechnung des Joule-Thomson-Effektes am realen Atemregler eine derart große Zahl von veränderlichen Parametern Einfluss auf die Rechnung hat (Abbildung 5), dass wir mit unseren Mitteln daran scheitern mussten.

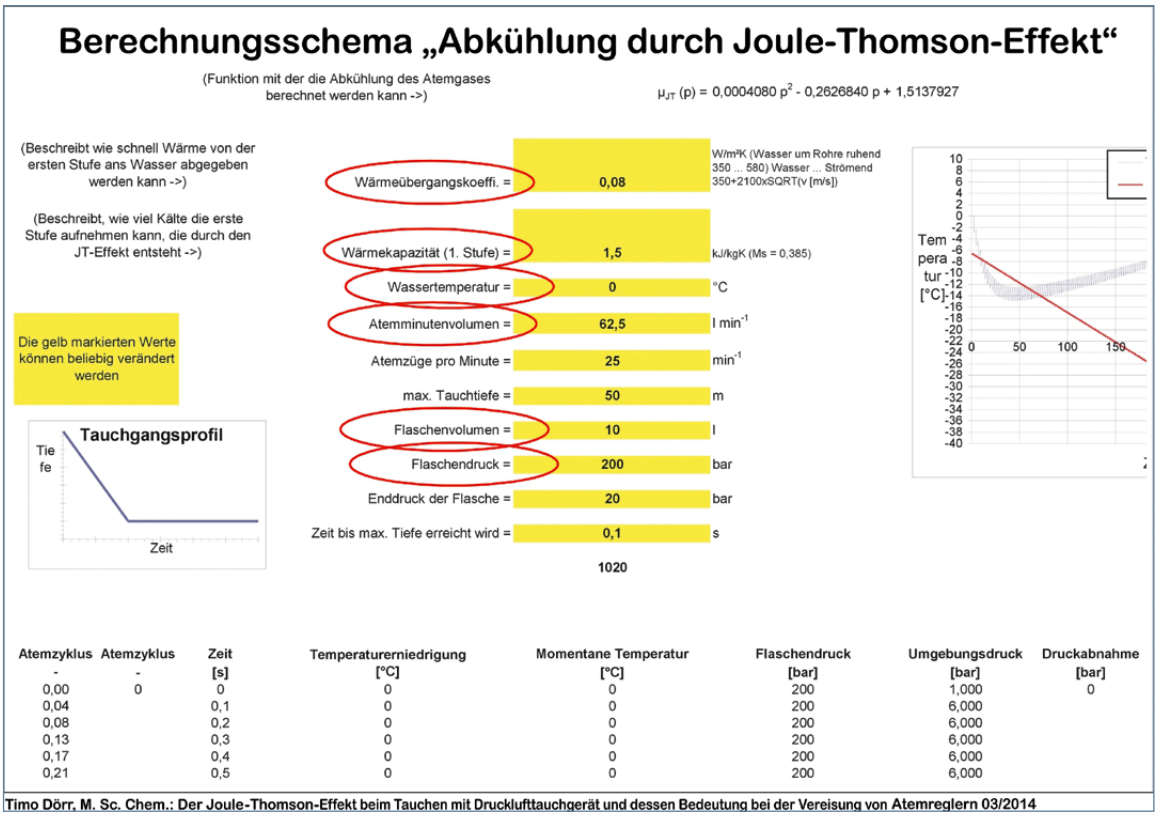


Abbildung 5

Gleiches galt für den Versuch, die Gasabkühlung in DTG-Flaschen beim Abatmen rechnerisch zu bestimmen. Hier gilt eben wegen der diversen Einflüsse z. B. Gay-Lussac nicht so ohne weiteres. Nach dessen bekannter Formel

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

würde beim Abströmen von 200 bar bei z. B. 20 °C auf 20 bar ja gelten:

$$T_2 = p_2 \times T_1 / p_1$$
$$= 20 \text{ bar} \times 293 \text{ K} / 200 \text{ bar}$$
$$= 29{,}3 \text{ K} = -243{,}7 \text{ °C}.$$

Das ist natürlich dummes Zeug und Gay-Lussac völlig falsch verstanden, weil dieser nur unter bestimmten fixen Randbedingungen stimmt. Auch hier also: Die Anzahl veränderlichen Parameter, wie z. B. Flaschenvolumen und -abmessungen, material- und abmessungsbedingte Wärmekapazität und Wärmeleitung, Wassertemperaturen, AMV, sich ändernde Drücke und Gasmassen, etc. machen die Sache viel komplizierter… Keine Chance.

Messeinrichtung und -verfahren

Was damit allein übrig blieb, war, durch geeignete Messungen Zugang zu dem komplexen Geschehen erlangen. Hierzu mussten wir gewissermaßen gegen den (Luft-)Strom weiter nach oben und in der Hochdruckseite der 1. Stufe sowie weiter auch im Inneren der DTG-Flasche während der Veratmung live die auftretenden Temperaturen messen können. Zunächst wurde bei Tauchen & Technik, begleitet von Rückschlägen und Sensorsterben, ein Atemregler mit einem Temperatursensor auf der Hochdruckseite der 1. Stufe (MK 25) versehen.
Abbildung 6 zeigt rechts den bereits etablierten Einsatz des Temperatursensors auf der Mitteldruckseite (B = Sensor im Foto und dessen Einbauort schematisch, B‘ = Gehäuse der 1. Stufe mit Mitteldruckbohrung zum Einsetzen des Sensors). Links ist im Foto mit „A“ markiert, der durch die Kompensationsbohrung des Kolbens geführte Sensor für die Temperaturmessung auf der Hochdruckseite zu sehen. A‘ zeigt den Dichtsitz im Foto und dessen Einbauort schematisch.

Erste orientierende Messungen mit dieser Anordnung erwiesen die Eignung für unser beabsichtigtes Messprogramm in jeder Hinsicht. Abbildung 7 zeigt beispielhaft ein solches Messerergebnis.
Die schwarze Kurve stellt den abfallenden Flaschendruck, die blaue die jeweils zugehörige Lufttemperatur in der Hochdruckseite der 1. Stufe dar. Interessant ist, dass sich die Temperatur nach anfänglich kräftigem Abfall ab ca. 100 bar offenbar langsam einem Minimalwert von ca. - 17 °C annähert. Eine versuchsweise Inflatorbetätigung hat ein abruptes Absinken der Temperatur zur Folge, wie es auch aus den Befunden auf der Mitteldruckseite entspricht (siehe nochmals Abbildung 2). Unerwartet war allerdings, wie massiv die Temperatur absinkt: Auf der Mitteldruckseite beträgt der Einbruch „lediglich“ ca. -7 K, auf der Hochdruckseite dagegen ca. -15 K auf

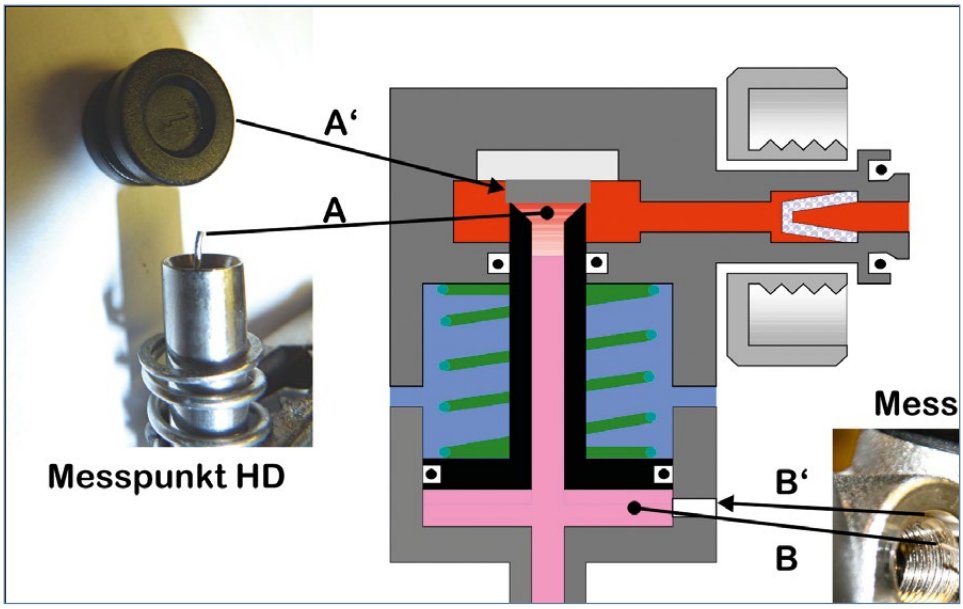


Abbildung 6

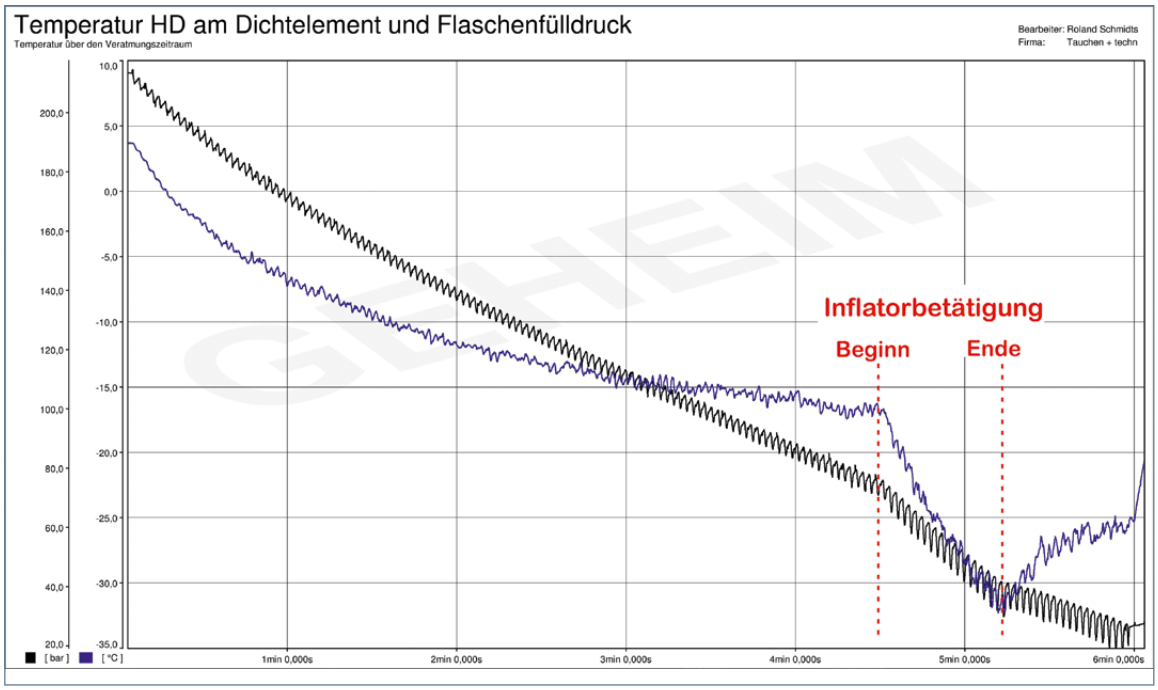


Abbildung 7

etwa - 32 °C. Wenn man davon ausgeht, dass eine Atemreglervereisung irgendwo an der Schnittstelle zwischen Hoch- und Mitteldruckseite ihren Anfang nimmt, durchaus bedenklich, wie ich finde. Unmittelbar nach Beendigung der Inflatorbetätigung steigt die Temperatur wieder deutlich an.

Nachdem nun also die Temperaturmessung an zwei Punkten in der 2. Stufe sowie auf der Mittel- und Hochdruckseite des Atemreglers sichergestellt ist, werfen wir einen Blick auf die Temperaturen, die während der Veratmung im Inneren der DTG-Flasche herrschen. Auch hierfür musste eine geeignete Montagemöglichkeit für den Temperatursensor gefunden werden. Abb. 8 zeigt links den Temperatursensor,

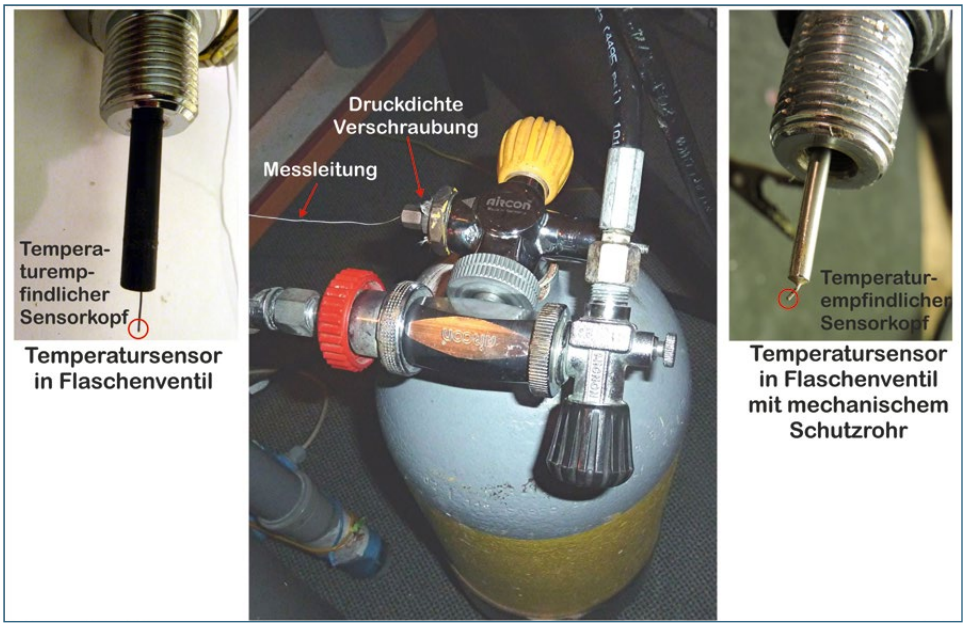


Abbildung 8

wie er durch das Wasserschutzrohr in das Flaschenvolumen ragt. Zum Schutz des Sensorelements wurde in einer späteren Versuchsversion der Sensor zum Abfangen von schädlichen Vibrationen von einem Schutzrohr überzogen (Abb. 8 rechts).

In Bildmitte ist gut die Messleitung des Temperatursensors und die druckdichte Verschraubung des Sensorelements zu erkennen. Nachdem das gelbe Handrad geöffnet ist, kann man die Flasche - immer jeweils unter Temperatursensorkontrolle wahlweise füllen oder kontrolliert abströmen lassen (schwarzes Handrad) oder in der Prüfdruckkammer unter kontrollierten Temperatur- und Atmungsbedingungen über einen - ebenfalls temperaturkontrollierten Atemregler abatmen (nach links abgehende Schlauchleitung mit rotem Anschluss).

Die gesamte Prüfanlage ist in Abbildung 9 zu erkennen: Die DTG-Flasche befindet sich in einem gesteuert temperierbaren Wasserbottich. An der Füllleiste hinten im Bild befindet sich neben einer klassischen Fülleinrichtung ein Durchflussmesser, mit dem kontrollierte Abströmversuche durchgeführt werden können. Für verschiedene Anforderungen können Durchflussmesser unterschiedlicher Flussrate eingebaut werden. Wie bei den üblichen Atemreglertests nach DIN EN 250 befindet sich der Atemregler in einem ebenfalls temperaturgesteuerten Wasserbecken, das erforderlichenfalls in die Druckkammer eingefahren und auf „Tauchtiefe“ gebracht werden kann. Die gesamte Systemsteuerung, Messdatenverarbeitung und -speicherung übernimmt ein handelsüblicher PC mit der geeigneten Hard- und Softwareumgebung.

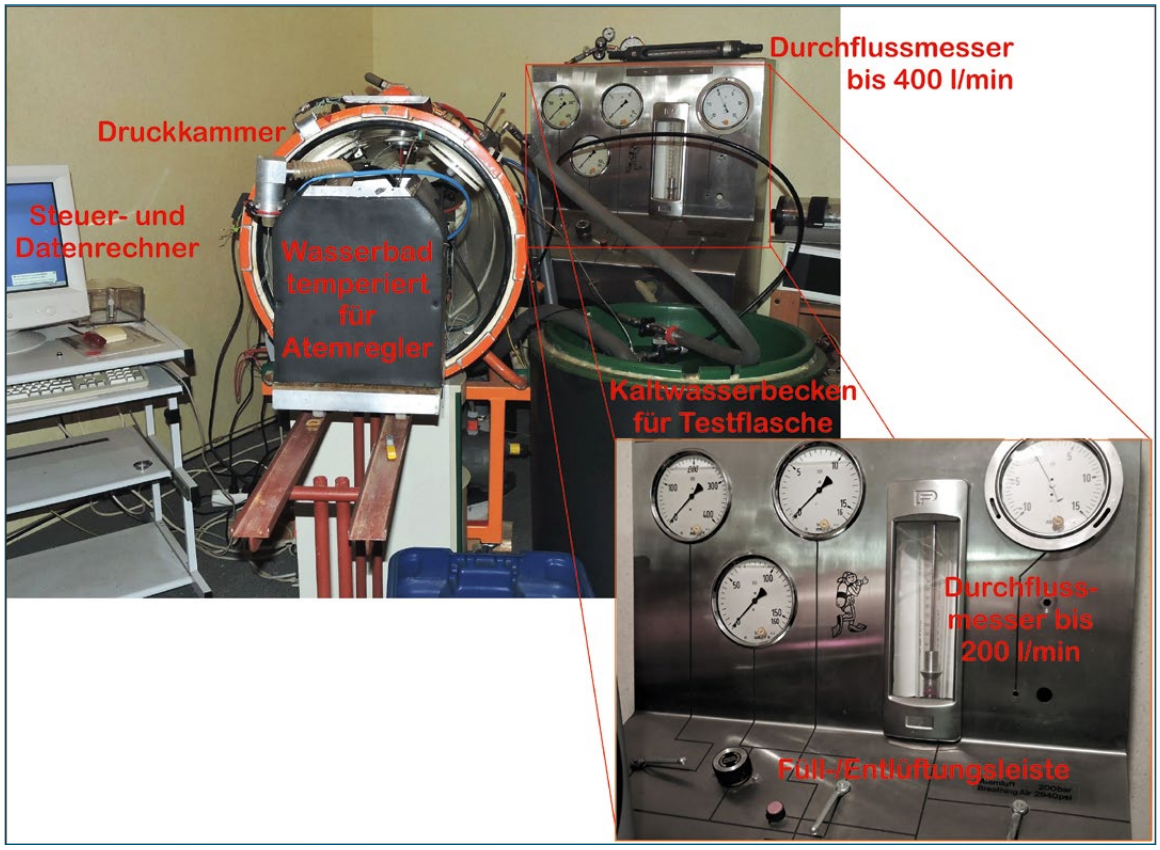


Abbildung 9

Erste Ergebnisse

Abströmversuche

Um möglichst schnell und mit geringem Aufwand einen ersten Überblick über die zu erwartenden Messresultate zu gewinnen (um später gezieltere Einstellungen und Testszenarien zu fixieren), wurde die Normveratmung über den Atemregler in der Kammer bei 6 bar durch gesteuertes Abströmen lassen simuliert. Als Abströmvolumen wurden zunächst 300 l/min festgelegt. Dieses Abströmvolumen lag zum einen im mittleren Bereich eines unserer Durchflussmesser, was gute Ablesbarkeit und Steuerbarkeit bedeutete und zum anderen zumindest grob bei dem AMV der Normveratmung auf 50 m: 62,5 l/min x 6 bar = 375 barl/min. Mit dieser Abströmleistung wurde zunächst eine 12 l Stahlflasche, untergetaucht in Wasser von +4 °C, getestet.

Abb. 10 zeigt das Resultat: Der Abströmversuch wurde bei ≈200 bar gestartet, nachdem sich die Flasche im Wasser auf +10 °C abgekühlt hatte. Zügig sinkt die Temperatur ab, um etwa bei 140 bar bis ca. 40 bar mit weit geringerer Steigung etwa linear abzufallen und schließlich bis zum Enddruck 5 bar nochmals steil abzufallen. Die Endtemperatur beträgt schließlich -33 °C. Nach Beendigung des Abströmens mit Schließen des Flaschenventils steigt die Temperatur sofort wieder an. Bemerkenswert an dieser Kurve sind folgende Punkte:

- Sofort nach Strömungsbeginn fällt die Temperatur sehr schnell ab - um -13 K binnen nur einer Minute
- Die S-Kurvenform mit schnellem Abfall zu Beginn, einer langen Phase geringen Temperaturabfalls und nochmals einem steilen Temperaturabfall zu ganz niederen Flaschendrücken hin
- Die doch recht niedrige Endtemperatur von - 33 °C, also ein ΔT von Versuchsbeginn bis Ende von -43 K und dies bei einer Strömungslast die nur ca. 80 % des AMV entsprach, bei dem die Normprüfung zur Baumustergenehmigung von Atemreglern durchgeführt wird.

Im Detail verstehen wir die Kurve, insbesondere den Temperaturabfall am Ende noch nicht. Qualitativ handelt es sich bei der Kurvenform von Anfang bis ca. 40 bar zunächst um die schnelle Abkühlung des Gasvolumens, welche etwas verzögert durch Wärmeeinleitung vom Wasser durch die Flaschenwandung kompensiert wird. Diese Kompensation führt bis auf weiteres offenbar nahezu zu einem

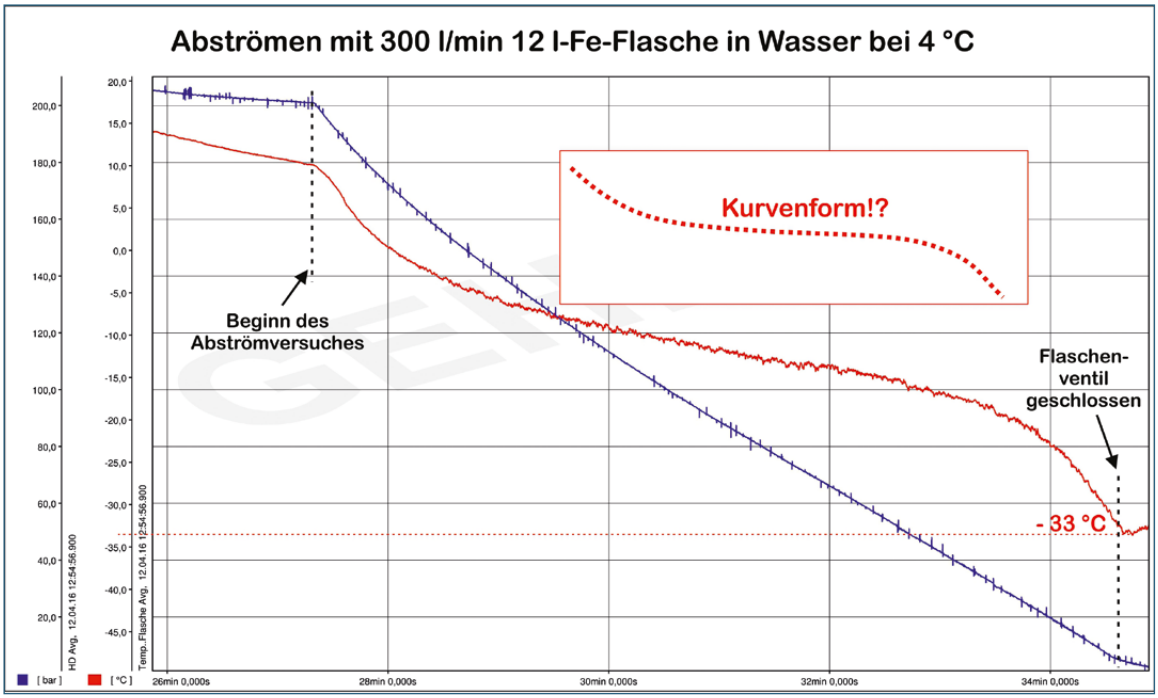


Abbildung 10

Temperaturgleichgewicht. Am Ende kann dieses Gleichgewicht aus bisher unbekannten Gründen nicht mehr aufrechterhalten werden.

Nun interessierte uns natürlich das Temperaturverhalten in DTG-Flaschen verschiedener Größen und Materialien. Als nächstes führten wir den Versuch mit einer Aluminiumflasche durch. Konkret mit einer Aluminiumflasche Luxfer S080 = 80 ft³ = 11.11 l Rauminhalt (ja, ja, - in Ägypten werden uns diese Flaschen immer als 12 l-Flaschen verkauft ...). Die verwendete Aluminiumflasche hat mit 14,2 kg zwar eine um ca. 12 % geringere Masse als die Vergleichs-Stahlflasche 16,2 kg), dafür mit c_{Al} = 0,896 kJ/kg K eine um rund das Doppelte so hohe Wärmekapazität wie die Stahlflasche (c_{Fe} = 0,452 kJ/kg K) und eine rund dreimal so gute Wärmeleitfähigkeit
(λ_{Al} ≈220 W/m K, λ_{Fe} ≈ 74 W/m K).
Zudem ist die Stahlflasche noch mit einer Lackschicht unbekannter Leitungseigenschaften überzogen, die bei der Aluminiumflasche fehlt. Wenn die Ergebnisse mit der Stahlflasche valide waren, sollten wir bei dem Versuch unter sonst gleichen Randbedingungen mit einer Aluminiumflasche qualitativ folgende Ergebnisse erhalten: Bei qualitativ gleicher Kurvenform eine weniger stark ausgeprägte S-Form, d. h. ein weniger steiler Abfall zu Beginn und am Ende, einen Bereich geringen ausgeprägten Temperaturabfalls auf thermisch höherem Niveau als bei der Vergleichsflasche und eine insgesamt etwas höhere Endtemperatur. Dies wegen der besseren „Pufferwirkung“ (höhere Wärmekapazität) und der deutlich besseren Wärmeleitung.

Abbildung 11 bestätigt in der direkten Überlagerung der Kurven eindrucksvoll die Voraussagen: obwohl die Starttemperatur ca. 1 K geringer ist als bei der Fe-Flasche und zugleich die Abatmungsgeschwindigkeit um ca. 8 % höher ist (gleiches AMV bei geringerem Flaschenvolumen), liegen alle Werte, insbesondere die Endtemperatur mit -28 °C deutlich höher als jene bei der Stahlflasche.

Nun durfte man auf die Temperaturentwicklung in einer Composit-Flasche gespannt sein. Da wir nur eine 6,7 l-Voll-Compositflasche zur Verfügung hatten (eingeklinktes Bild in Abbildung 12), wurde die Abströmgeschwindigkeit zur besseren Vergleichbarkeit mit den 12- bzw. 11,11 l-Flaschen von 300 l/min auf 150 l/min herabgesetzt. Außer, dass es in der Compositflasche wohl noch kälter würde, konnten konkrete Erwartungen nicht begründet werden, da außer der Masse von 4,7 kg über z. B. Wärmekapazität(en), Wärmeleitfähigkeit(en) der Compositbestandteile

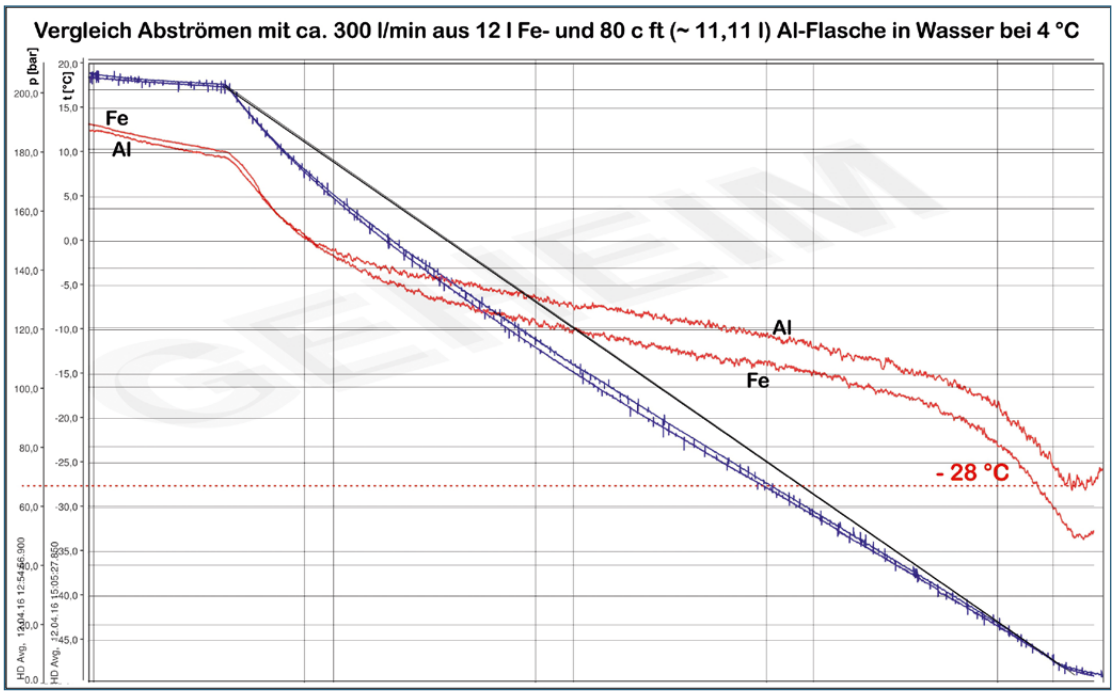


Abbildung 11

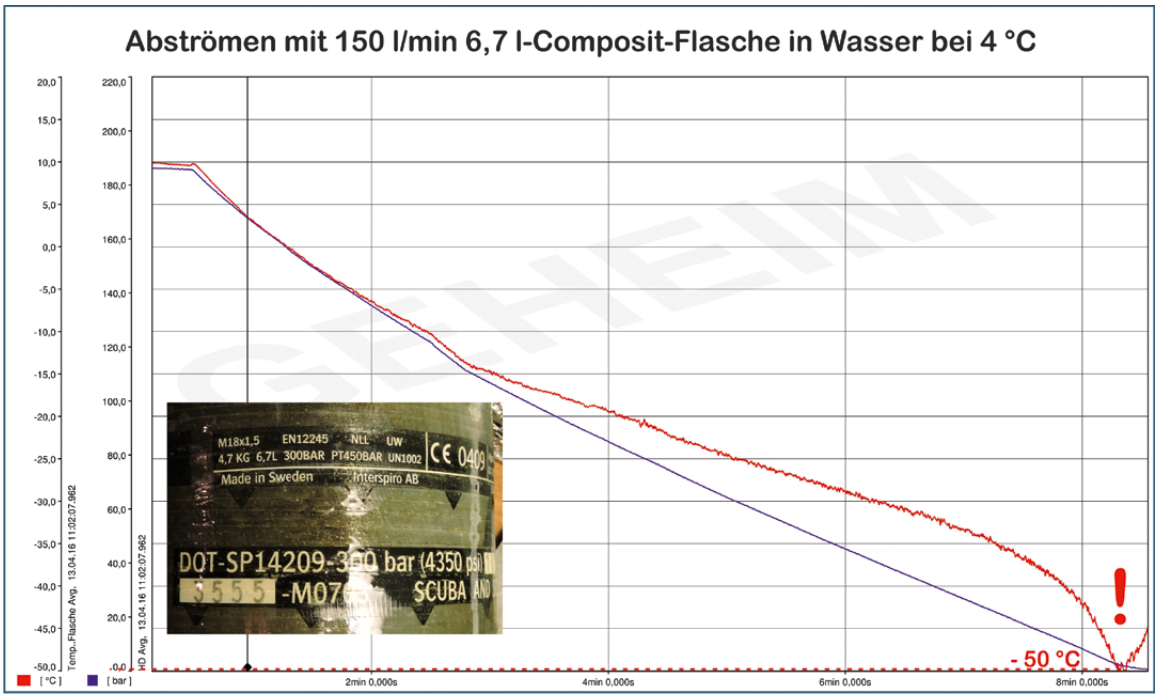


Abbildung 12

bzw. des Gesamtverbundes nichts Belastbares bekannt war. Wir waren dann aber doch über die gewaltige Abkühlung der Luft in der Composit-Flasche auf bis -50 °C erstaunt (Abb. 12).

Insbesondere, zumal durch die Durchflussreduzierung auf die Hälfte im Vergleich zu den Voll-Metallflaschen eine um ≈14 % geringere Abatmungsgeschwindigkeit in der Compositflasche herrschte.

Abkühlverhalten bei Veratmung

Nach den orientierenden Abströmversuchen war es natürlich von besonderem Interesse, welche Temperaturen sich bei tatsächlicher Veratmung einstellen würden. Da Aluminiumflaschen in unseren Breiten praktisch nicht verbreitet sind, sondern eher in den bekannten Warmwasser-Urlaubsdestinationen, bei denen Atemreglervereisungen kein Thema sind, wurden für diese die folgenden Versuche zunächst nicht weiter betrachtet. Als eine der gängigsten DTG-Flaschen dürften die 12 l-Stahlflaschen gelten, weshalb wir das Augenmerk zunächst darauf lenken. Als Abatmungsgeschwindigkeit haben wir für die Tests drei AMV ausgewählt:

1. 20 l/min als ein mittleres AMV, wie es bei entspanntem Tauchen anzunehmen ist,
2. 30 l/min als ein AMV, wie es bei erhöhter körperlicher oder psychischer Belastung beobachtet werden kann und
3. 62,5 l/min, das AMV, mit dem nach DIN EN 250 die Baumusterprüfung durchgeführt wird.

Die Werte zu 1. und 2. basieren auf der Auswertung einer großen Zahl von Tauchprofilen anlässlich von Tauchunfalluntersuchungen.

Abbildung 13 zeigt in einer einzigen Grafik das Temperaturverhalten bei variabler Veratmung mit den drei oben genannten AMV, die Wassertemperatur ist dabei +10 °C. Es ist zu beobachten, dass sich bei der moderaten Atmung von 20 l/min die Temperatur zunächst steil abfällt, sich aber nach zwei bis drei Minuten bei etwa +1 - 0 °C einstellt. Die Erhöhung des AMV auf 30 l/min lässt die Temperatur um weitere 2 K abfallen, allerdings ist damit das Temperaturgleichgewicht noch nicht erreicht. Zum Schluss wird noch kurz auf 62,5 l/min umgestellt und es ist ein massiver Temperatursturz zu erkennen. Bei Versuchsbeendigung wegen leerer Flasche sind, lange

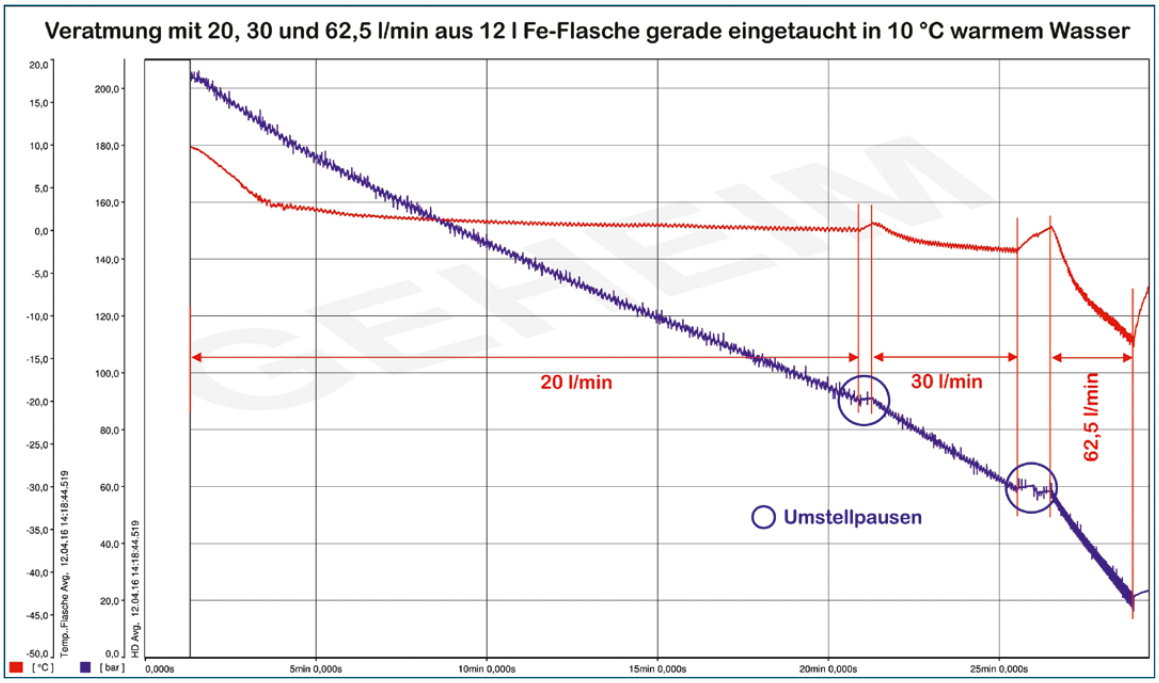


Abbildung 13

vor Temperaturgleichgewicht nach nur ca. 2 Minuten bereits -14 °C erreicht.
Schließlich noch einmal ein Blick auf unsere Compositflasche bei Norm-Veratmung. Um das, wie sich herausstellte, extreme Temperaturverhalten der Compositflasche augenfälliger zu machen, wurde der direkte Vergleich mit einer 8 l-Stahlflasche unter sonst gleichen Versuchsbedingungen angestellt.

Abbildung 14 zeigt für die Stahlflasche bei Versuchsende (20 bar) die Minimaltemperatur von ca. - 27 °C (ein direkter Vergleich mit dem Versuch in Abb. 10 ist wegen der höheren Wassertemperatur und dem Unterschied zwischen sinusförmiger und kontinuierlicher Druckfallcharakteristik nicht ohne weiteres möglich!). Die Luft in der Compositflasche sinkt nahezu linear mit ≈4,5 K/10 bar ab. Bei <≈40 bar werden als letzter verlässlicher Temperaturwert noch -65 °C gemessen. Danach gibt es keine verlässlichen Werte mehr, da der Messbereich für die Temperaturmessung überschritten ist. Es kann aber mit Sicherheit angenommen werden, dass der „Boden“ damit noch nicht erreicht war. Auch wenn die Compositflasche mit nur 6,7 l gegenüber der 8 l-Stahlflasche strömungstechnisch stärker belastet war, ist der Unterschied beträchtlich und sind die absolut erreichten Temperaturen geradezu dramatisch - in dieser Größenordnung jedenfalls unerwartet.

Konsequenzen und Ausblick

Die bei den Versuchen aufgetretenen Lufttemperaturen in den DTG-Flaschen und 1. Stufen haben sich als deutlich niedriger als erwartet gezeigt. Temperaturen von -30, -40, -50 °C und noch deutlich darunter haben natürlich Konsequenzen für die Temperaturbelastung von Atemreglern. Das Verhältnis von diesen Abkühleffekten zum Joule-Thomson-Effekt muss offenbar neu überdacht werden, was aber nichts an dem beobachteten Unfallmuster ändert - das ist unabhängig von irgendwelchen Messungen Fakt.

Jedenfalls lohnt es sich, auf Basis dieser Erkenntnisse neu über den Vereisungsmechanismus von Atemreglern nachzudenken. Vielleicht ist es nicht das berühmte Eiskörnchen, das sich zwischen Kolben und Dichtsitz bildet. Vielleicht versagen bei derart niedrigen Temperaturen die Dichtmaterialien der Atemreglerkonstruktion?

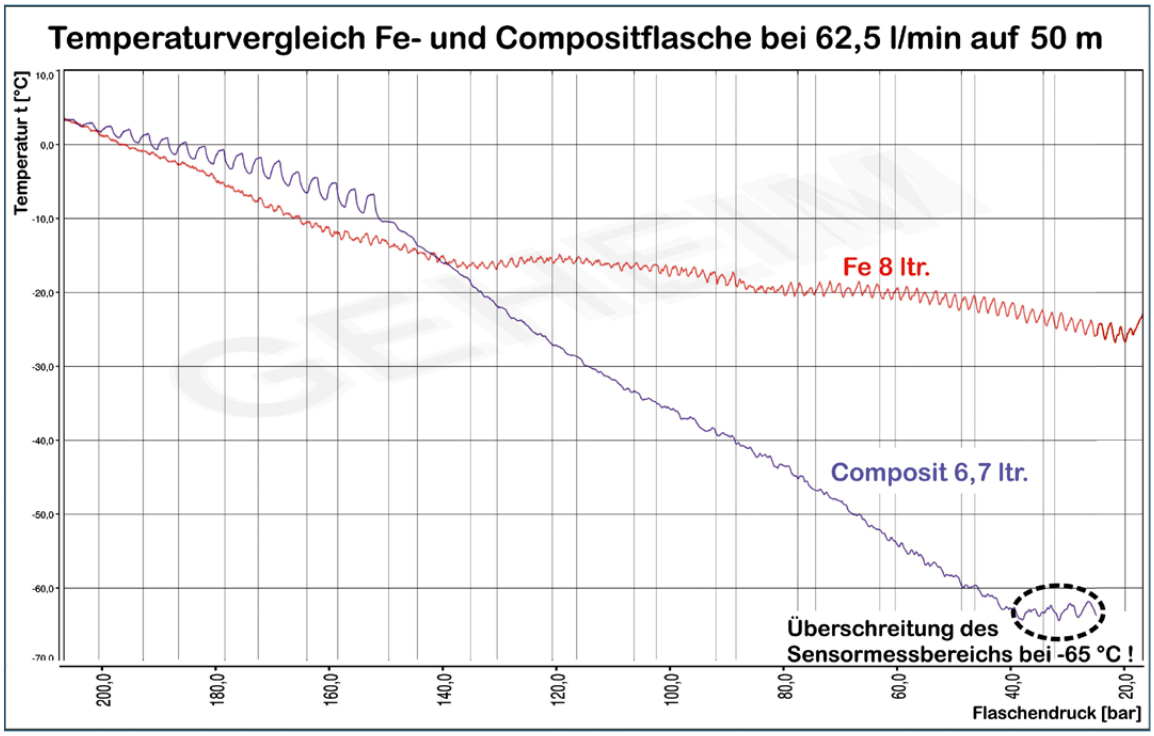


Abbildung 14

Was macht Feuchte in den Flaschen bei diesen Temperaturen? Ohne hier ins Detail gehen zu müssen, lässt sich festhalten: Die DIN EN 12021, die Norm also, die die Beschaffenheit von Atemgasen in DTG beschreibt, fordert u. a. dass, „wenn Einsatz- und Lagerbedingungen nicht bekannt…“, der Drucktaupunkt -11 °C nicht überschreiten darf. Aus Luft, die also gerade die Normbedingung erfüllt, aber auch aus viel „besserer“, trockenerer Luft wird bei - 30 °C dampfförmige Feuchte als Wasser ausfallen, von -65 °C gar nicht zu reden. Und dieses Wasser kommt aus der Flasche nicht mehr heraus, wird vielmehr nach Neufüllung bei jeder Abkühlung unter -11 °C um neues vermehrt.

Was dies für den Tauchbetrieb bedeutet, auch die Tatsache, dass die massive Abkühlung den verfügbaren Luftvorrat schmälert, ist von hier aus nicht absehbar. Auch die Frage, ob z. B. Baumusterprüfungen mit Compositflaschen-Sets, die eben sehr kalte Luft liefern, sinnvoll durchzuführen sind, ist neu zu beleuchten. Die DIN EN 250 sagt hierzu nichts.

Wir werden nun noch gezieltere, auch weiter vergleichende Messungen durchführen und dabei insbesondere die Temperaturen von Flasche, HD- und MD-Seite der 1. Stufe eines Atemreglers simultan erfassen. Ziel ist das bessere Verständnis der Mechanismen und perspektivisch vielleicht auch die Überwindung oder zumindest Reduzierung der Vereisungsproblematik. Erste Experimente zur Kompensation der Temperatureffekte sind in Planung.

Dietmar Berndt

Sporttauchärztliche Untersuchung im Kindes-Jugendalter

Vorschlag für ein neues Modul im Rahmen der Weiterbildungsordnung der GTÜM e.V.

Für die Autoren

Dr. Christian Beyer
FA für Kinder- und Jugendmedizin
Taucherarzt GTÜM
Vorstandsmitglied GTÜM

niedergelassen als Kinderkardiologe in Hamburg

Christian Beyer | Heike Gatermann | Karin Hasmiller | Claus-Martin Muth | Kay Tetzlaff

Der Tauchsport ist bei Kindern und Jugendlichen weiterhin sehr beliebt und es gibt allein im VDST e.V. ca. 15.000 Kinder und Jugendliche die regelmäßig tauchen gehen. Hinzu kommt eine in etwa gleiche Anzahl an Kindern/Jugendlichen die nur im Urlaub tauchen. Nach den Empfehlungen der GTÜM ist eine regelmäßige ärztliche Untersuchung vorgesehen. 2009 wurde erstmalig ein Untersuchungsbogen vorgestellt, der in modifizierter Form jetzt auf der GTÜM-Homepage und der GPS / AG Kindertauchen-Homepage heruntergeladen werden kann. Dieser Untersuchungsbogen gibt eine Richtschnur, an der man sich bei der sporttauchärztlichen Untersuchung von Kindern und Jugendlichen orientieren kann.

Für die richtige Beurteilung der Tauchtauglichkeit sind aber umfangreiche Informationen erforderlich, z.B. zu Wachstum und Entwicklung, Untersuchung von Kindern/Jugendlichen, Besonderheiten im EKG und bei der Lungenfunktion, körperliche Leistungsfähigkeit in einzelnen Altersstufen, Besonderheiten der Tauchausbildung bei Kindern und Jugendlichen, Kontraindikationen für den Tauchsport, Einfluss von Medikamenten und Unfallmechanismen. Im Rahmen der Weiterbildungsordnung der GTÜM wurde die Sporttauchärztliche Untersuchung von Kindern und Jugendlichen bisher nicht explizit erwähnt. Es ist deshalb bei der neuen Weiterbildungsordnung das Modul Tauchen von Kindern und Jugendlichen vorgesehen, um bei der Ausbildung von Ärzten auch in

diesem Bereich eine Wissensgrundlage zu schaffen, die eine grundsätzliche Beurteilung ermöglicht.

Es soll deshalb ein Vorschlag zu Standards bei der Ausbildung von Ärzten für die tauchsportärztliche Untersuchung von Kindern Jugendlichen unterbreitet werden:

1. Die Ausbildung sollte von erfahrenen Taucherärzten mit praktischer Erfahrung in der Untersuchung von Kindern und Jugendlichen durchgeführt werden.

2. Die Weiterbildung sollte im Rahmen der Fortbildungskurse der GTÜM zu den Diplomen I und IIa stattfinden. Einzelne Intensivkurse, die nur die tauchsportärztliche Untersuchung von Kindern in Jugendlichen betreffen sind möglich, und sollten entsprechend von der GTÜM zertifiziert werden. Die Dauer der Kurse sollte mindestens 2 Stunden betragen.

3. Die Inhalte der Fortbildung für das Diplom I und für das Diplom IIa unterscheiden sich. Während sich der Inhalt für das Diplom I ausschließlich mit der Untersuchung zur Tauchtauglichkeit von Kindern/Jugendlichen beschäftigt, wird dieses Grundlagenwissen im Diplom IIa erweitert und um den Bereich Unfälle im Kindes-Jugendalter, Management von Tauch-Unfällen, Tauch-Ausbildung und Tauch-Ausrüstung ergänzt.

4. Inhalte der Weiterbildung für das Diplom I

    - Anatomie und Physiologie des Kindes-Jugendalters.

    - Besonderheiten der körperlichen Entwicklung und ihre Bedeutung für das Tauchen (z.B. Herz-Lunge-Wachstum).

    - Normwerte für Gewicht-Größe-BMI und die Beurteilung (Akzeleration - Retardierung).

    - Besonderheiten der psychischen Entwicklung und ihr Einfluss auf das Tauchen.

    - Der Aufbau des Untersuchungsbogens für Kinder-Jugendliche. Wie führe ich die Untersuchung durch und welche Unterschiede sind im Vergleich zur Untersuchung im Erwachsenenalter zu berücksichtigen.

    - Beurteilung des Allgemeinzustandes bei Kindern-Jugendlichen. Einordnung in die Perzentilen-Kurven.

    - EKG im Kindesalter: Besonderheiten bei der Beurteilung des EKG im Kindes-Jugendalter. Übungen an Beispielen.

    - Lungenfunktion im Kindes-Jugendalter, Normwerte und Besonderheiten bei der Durchführung. Übungen an Beispielen.

    - Anamnese: Gemeinsame Besprechung unter besonderer Berücksichtigung der Familienanamnese (plötzliche Todesfälle in der Familie). Fragen zu Asthma und Medikamenten.

    - „Psycho-Fragen“ (aus dem Bogen zur Beurteilung einer erhöhten Risikobereitschaft im Kindes-Jugendalter) z.B. zur Freiwilligkeit, Risikobereitschaft, Konzentration.

    - Wie gehe ich bei Herzgeräuschen vor?

    - Wie führe ich eine orthopädische Untersuchung bei Kindern-Jugendlichen durch?

    - Wie führe ich eine neurologische Untersuchung bei Kindern-Jugendlichen durch?

    - Welche absoluten Kontraindikationen gibt es im Kindes-Jugendalter?

    - Welche relativen Kontraindikationen gibt es für Kinder-Jugendliche?

    - Welche Medikamente beeinflussen die Tauchtauglichkeit?

    - Welches Kind-Jugendlicher ist tauchtauglich und welches Kind-Jugendlicher sollte nicht tauchen?

    - Abschlussgespräch mit Eltern/Kind/Jugendlichen und Hinweise zum Tauchen (Elternbogen der GPS).

    - Welche Schwierigkeiten sehen die Teilneh-

mer des Kurses bei der Beurteilung und/oder der Untersuchung?

- Wann kann ein Kind-Jugendlicher mit dem Tauchen anfangen? Diskussion über Tauchdauer, Häufigkeit/Tag und Tauchtiefe bei Kindern und Jugendlichen. Wann sollte eine Kontrolluntersuchung durchgeführt werden?

5. Inhalte der Weiterbildung für das Diplom IIa

- Tauch-Unfälle im Kindes-Jugendalter (Ursachen, Mechanismen und Möglichkeiten der Vermeidung).
- Management von Tauchunfällen im Kindes-Jugendalter.
- Tauch-Ausbildung im Kindes-Jugendalter. Unterschiede der verschiedenen Organisationen und Vereine. Welche Ausbildungsstufen in welchem Alter? Welche Anforderungen sind in welchem Alter möglich?
- Probleme bei der Beurteilung der Tauchtauglichkeit von Kindern/Jugendlichen. Kinder-Jugendliche mit besonderen Problemen (z.B. Diabetes mellitus). Management von schwierigen Entscheidungen an Beispielen.

Das Ziel der Module ist die Vermittlung von Basiswissen zur tauchsportärztlichen Untersuchung von Kindern und Jugendlichen. Dabei sollten Ausbildungsstandards für die einzelnen Ausbildungspunkte eingehalten werden, um eine verantwortungsvolle Beurteilung zur Tauchtauglichkeit von Kindern-Jugendlichen zu ermöglichen. Bereits bei der Untersuchung und im Gespräch können Risikofaktoren für spätere Tauchgänge aufgedeckt werden. Nur so ist es möglich, das Risiko für das Tauchen von Kindern und Jugendlichen weiterhin niedrig zu halten.

Christian Beyer,
für die Autoren

Literatur

1. Beyer C , Kretzschmar B, Tetzlaff, K (Hrsg.): Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter. Gentner Verlag 2016
2. Beyer C : Tauchtauglichkeitsuntersuchungen bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenen Herzfehlern. Kinder-Jugendarzt , 37.Jg. Nr. 12, 2006
3. Beyer C, Winkler B, Muth CM, Tetzlaff K: Tauchtauglichkeit von Kindern-Jugendlichen - Vorschlag für einen neuen GTÜM-Untersuchungsbogen. Caisson, 24.Jg.,Nr.2,2009
4. Gutheil H, Lindinger A: EKG im Kindes-Jugendalter. Thieme, Stuttgart, 2009
5. GTÜM / ÖGTH: Checkliste Tauchtauglichkeit. Kapitel Kinder-Jugendliche. Gentner Verlag, Stuttgart, 2014
6. Hebestreit et al.(Hrsg.): Kinder-Jugendsport Medizin. Thieme, Stuttgart, 2002
7. Klingmann C, Tetzlaff K (Hrsg.): Moderne Tauchmedizin, 2. Aufl., Kapitel Tauchen von Kindern und Jugendlichen, Gentner Verlag, Stuttgart, 2012
8. Muth C, Tetzlaff K: Tauchen mit Kindern aus tauchmedizinische Sicht. Caisson 2008,22(4):34-36
9. Muth C, Winkler B, Beyer C: Tauchen mit Kindern aus tauchmedizinische Sicht. www.divemedic/eu/images
10. Tetzlaff K, Muth CM, Klingmann C: Tauchtauglichkeit von Kindern und Jugendlichen. HNO 2008; 56:493-498
11. Winkler B, Tetzlaff K, Muth CM: Unfälle und Zwischenfälle bei Kinder-Tauchveranstaltungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2011; 62 (2): 42-46

Tauchen von Kindern und Jugendlichen mit ADS & ADHS

Stellungnahme der AG Kinder- und Jugendtauchen der Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin, Eisenach, März 2017

Vorbemerkungen

Aufmerksamkeitsdefizithyperaktivitätssyndrom (ADHS) und Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS) sind kinder- und jugendpsychiatrische Erkrankungen, die weltweit etwa 6 % der Kinder betreffen. Dies Krankheitsbilder zeichnen sich vor allem durch verminderte Aufmerksamkeitsspanne und Impulsivität mit oder ohne Hyperaktivität aus. Manchmal liegen noch weitere Störungen vor (z.B. Störungen des Sozialverhaltens, Aggressivität, usw.).

Die Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM) sieht in der aktuellen Auflage der Checkliste Tauchtauglichkeit (2. Auflage 2014) die Diagnose ADS / ADHS und insbesondere die Einnahme entsprechender Medikamente als ein generelles Ausschlusskriterium für die Ausübung des Tauchsports an.

Erfahrungen und Rückmeldungen aus Tauchsportverbänden zeigen, dass Kinder und Jugendliche mit der Diagnose ADS/ADHS Tauchen lernen, erfolgreich ihre Tauchausbildung abschließen und im Freigewässer tauchen gehen können [1]. Bei einigen dieser Kinder und Jugendlichen erfolgt das Tauchen unter dem Einfluss stimulierender Medikamente (Ritalin® und ähnliche Präparate).

Um in diesem Dilemma zwischen GTÜM-Empfehlung und gelebter Realität in der Tauchausbildung den Taucherärzten und den Tauchausbildern weitere Informationen zu geben, hat die Arbeitsgruppe Kinder- und Jugendtauchen der Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin diese Stellungnahme als Expertenmeinung erarbeitet und mehrheitlich beschlossen.

Stellungnahme

Grundsätzlich gelten beim Tauchen von Kindern und Jugendlichen mit ADS / ADHS die gleichen Grundsätze wie sie in der Eisenacher Erklärung zum Tauchen mit Kindern und Jugendlichen festgelegt sind. Auf diese grundlegenden Punkte wird daher im Folgenden nicht näher erneut eingegangen.

Eine Beurteilung der Tauchtauglichkeit kann nur anhand der individuellen Ausprägung des Krankheitsbildes unter Berücksichtigung der individuellen

GPS Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin

Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin

1. Vorsitzende
Dr. S. Kriemler
www.kindersportmedizin.org

Symptome und Therapie erfolgen. Sie bleibt immer eine Einzelfallentscheidung unter Abwägung aller individuellen Umstände.

ADS/ADHS ist kein klar abgrenzbares Krankheitsbild, sondern es besteht aus zahlreichen Symptomen unterschiedlicher Ausprägungsgrade und damit Relevanzen im Alltag und einer möglichen Tauchausbildung.

- Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung sollte von Ärzten durchgeführt werden, die Erfahrung in der Beurteilung der Tauchtauglichkeit von Kindern und Jugendlichen haben. Zur besseren Einschätzung der individuellen ADS/ADHS-Ausprägung ist es in jedem Fall sinnvoll weitere Personen hinzu zu ziehen (den betreuenden Kinderarzt, Neuropädiater bzw. Kinder- und Jugendpsychiater, Tauchausbilder, ...).

- Andere Kontraindikationen der Tauchtauglichkeit dürfen nicht vorliegen, die körperliche Tauchtauglichkeit muss selbstverständlich gegeben sein.

- Wie bei allen anderen Tauchschülern auch, muss die geistige Fähigkeit zum Lernen der altersgemäßen Tauchtheorie vorhanden sein. Ebenso muss das Verhalten eine Durchführung der Tauchausbildung und ihrer Tauchübungen gewährleisten.

- Tauchausbilder die Kinder und Jugendliche mit ADS / ADHS ausbilden möchten, müssen Erfahrungen in der Ausbildung von Kindern und Jugendlichen haben.

- Es ist sinnvoll, die Tauchtauglichkeit anfangs auf schwimmbadähnliche Bedingungen einzuschränken und eine weiterreichende Tauchtauglichkeit bzw. Öffnung erst nach Rücksprache mit dem Tauchausbilder auszustellen. Es sollte zunächst unter kontrollierten Bedingungen (Schwimmbad / pool-like) die Auswirkungen des ADS / ADHS auf die Tauchausbildung, das Verhalten in der Tauchgruppe und während der Tauchübungen überprüft und evaluiert werden. Das Einhalten von Regeln und Anweisungen spielt hier eine zentrale Rolle.

Stellungnahme zu Tauchen unter dem Einfluss von Stimulanzien (Methylphenidat und andere)

Ein Argument gegen das Tauchen unter dem Einfluss von Stimulanzien liegt in der Sorge um Wechselwirkungen zwischen dem Medikament und dem beim Tauchen erhöhten Stickstoffpartialdruck im Gewebe (bis hin zur „Stickstoffnarkose“). Dieser Aspekt spielt beim frühen Kinder- und Jugendtauchen aufgrund der altersabhängigen Tiefenbegrenzungen und den damit erreichbaren niedrigen Stickstoffpartialdrücken keine Rolle. Ab einem Alter von 14 Jahren sollte jedoch auf dieses Problem aufmerksam gemacht werden und ggf. auf Tiefenlimits geachtet werden. Es besteht das Risiko, dass Grunderkrankung und beginnender Tiefenrausch zu einer additiven Wirkung führen.

Aktuell liegen in der Literatur weder Studien noch Fallberichte vor, die einen systematischen Zusammenhang von ADS / ADHS und Tauchen untersuchen, noch die einen negativen Zusammenhang zwischen Medikation und Stickstoffpartialdruck bei Kindern und Jugendlichen nahe legen.

Viele Betroffene können erst durch die Einnahme von Stimulanzien ihre Impulsivität steuern und ihre Konzentration bei monotonen Aufgaben aufrecht erhalten. Die kurzfristige Aufmerksamkeit und Konzentration bei rasch wechselnden Informationen (z.B. während eines Tauchganges) ist oft nicht eingeschränkt. Durch die medikamentöse Impulskontrolle werden sie oft erst „sozialisierbar“, so dass sie ohne Konflikte an Vereinsaktivitäten teilnehmen können.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass viele Patienten ihr Medikament nicht kontinuierlich einnehmen. Oftmals wird es nur zur Schulzeit und weder am Wochenende noch in den Ferien eingenommen. Je nach Präparat hält die Wirkung eines morgens eingenommenen Medikamentes meist nur bis zum Nachmittag an. Mit dem Ende der Wirkdauer kann es zu einem kurzfristigen Reboundphänomen mit Hyperaktivität und Impulsivität kommen. Daher sollte zwischen den Kindern / Jugendlichen, den Eltern, dem behandelnden Arzt und dem Tauchausbilder eine enge Absprache über Einnahmezeitpunkt, Wirkung und Reboundphänomen stattfinden Dies muss bei der Beurteilung und bei der Ausübung des Tauchsports berücksichtigt werden. Es sollte daher abgewogen

werden, ob zu Zeiten von Tauchgängen eine Stimulanzienwirkung notwendig oder möglicherweise vermeidbar ist.

Die Medikamentengruppe der Stimulanzien hat das Potential von Herzrhythmusstörungen als unerwünschte Wirkungen der Medikation. Dieses wurde auch wiederholt in klinischen Studien gezeigt [2]. Aufgrund dieser potentiellen Nebenwirkungen der Medikamente sollte nach Beginn einer Stimulanzientherapie und bei Dosissteigerung mindestens 2 Monate mit dem Tauchen pausiert werden, bis die Wirkung des Präparates besser eingeschätzt werden kann. In Einzelfällen kann es jedoch auch zu später auftretenden Ereignissen kommen, so dass eine definitive Sicherheitsspanne nicht angegeben werden kann.

Im Zusammenhang mit Tauchen ist ferner zu bedenken, dass Tauchen und vor allem hierbei Kälte und leichte Unterkühlungen ebenfalls das Risiko von Herzrhythmusstörungen bei gesunden Kindern und Jugendlichen erhöhen. Unter der Behandlung mit Stimulanzien kann es hier zu einer additiven bzw. verstärkenden Wirkung kommen. Kälte wirkt sich per se auch negativ auf die Konzentrationsfähigkeiten aus.

Kinder mit angeborenen Herzfehlern oder mit bekannten Herzrhythmusstörungen sollten nicht unter dem Einfluss von Stimulanzien tauchen.

Fazit und Schlussfolgerung

Für das Tauchen von Personen mit ADS/ADHS mit oder ohne Stimulanzientherapie liegen nach wissenschaftlichen Maßstäben bis heute keine aussagekräftigen Untersuchungen oder Studien vor, weder positiver noch negativer Art.

Sowohl die restriktive Auffassung der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM), in der 2. Auflage der Checkliste Tauchtauglichkeit (2014) veröffentlicht, als auch die hier getroffenen Aussagen basieren daher jeweils auf Expertenmeinungen auf Grundlage patho-physiologischer und theoretischer Überlegungen. Tauchunfälle von Personen mit ADS/ADHS sind uns bis heute nicht bekannt.

Jeder Untersucher und Ausbilder von Tauchern ist daher gehalten sich mit der Thematik auseinander zu setzen und nach Abwägung aller Informationen und auf Grundlage seines eigenen Fachwissens eine Entscheidung auf Basis der individuellen Patientensituation zu treffen.

Quellen

1. Basierend auf einer offenen Umfrage beim GTÜM-Symposium „Tauchen von Kindern und Jugendlichen“ am 07.03.2015 in Wiesenbaden, einem offenen internetbasierten Survey und persönlichen Rückmeldungen.

2. Cardiovascular safety of methylphenidate among children and young people with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): nationwide self controlled case series study; Ju-Young Shin & al.; BMJ 2016;353:i2550

Zu Seite 36 und 37

SUHMS - Info zum Kindertauchen

Die Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin (SUHMS), Schwestergesellschaft von GTÜM und ÖGTH hat einen neuen Flyer veröffentlicht (Abdruck auf den folgenden Seiten). Der Flyer steht digital als "SUHMS Kids Diving Recommendations 2017-2022" unter folgendem Link auf der Website der SUHMS (www.suhms.org) zum Download bereit: http://www.suhms.org/downloads/Flyers/KT_D_17_03 web.pdf

SUHMS

SWISS UNDERWATER
AND HYPERBARIC
MEDICAL SOCIETY

KINDER-TAUCHEN

EMPFEHLUNGEN 2017 - 2022
DER SCHWEIZERISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR UNTERWASSER- UND
HYPERBARMEDIZIN "SUHMS"

Schweizerische Gesellschaft
für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
Société suisse de médecine subaquatique
et hyperbare
Società svizzera di medicina subacquea
e iperbarica

KINDERTAUCHEN

Kindertauchen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Aufgrund der vielen Angebote üben immer mehr Kinder diesen Sport aus, ohne dass ihre Besonderheiten berücksichtigt und spezifische Sicherheitsmassnahmen getroffen werden. Aufgrund dieser Entwicklung erschien es der Schweizerischen Gesellschaft für Unterwasser-und Hyperbarmedizin **SUHMS** notwendig, neutrale verbandsunabhängige Empfehlungen ohne kommerzielle Interessen herauszugeben.

Da es kaum wissenschaftliche Studien bezüglich des Kindertauchens gibt, basieren unsere Empfehlungen auf den physio- und psychologischen Besonderheiten im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung der Sicherheit.
Für Kinder gelten im Mindesten die gleichen Regeln wie für Erwachsene. Zusätzlich braucht es aber Anpassungen entsprechend ihres Entwicklungsstandes.

Kinder sind nicht einfach „kleine Erwachsene".

GRUNDSÄTZLICHES

Die Sicherheit des Kindes hat immer erste Priorität.

- Tauchen ist eine Freizeitaktivität.
- Auf keinen Fall darf diese Aktivität das Kind gefährden, indem es irgendwelchen unbekannten oder schlecht dokumentierten Gefahren ausgesetzt wird.

Kindertauchen sollte erzieherische Aspekte miteinbeziehen.

- Die Entdeckung der eigenen Persönlichkeit, die Rücksichtnahme auf den Tauchpartner und das Erleben der Unterwasserwelt stehen im Mittelpunkt.
- Es handelt sich nicht um eine Wettkampfsportart, sondern vielmehr um eine im Team ausgeübte Freizeitaktivität.
- In dieser Freizeitaktivität gibt es keine Rekorde zu schlagen weder bezüglich der Tauchtiefe noch der Tauchdauer.
- Das Kind soll zum verantwortungsbewussten Tauchen angeleitet werden.

Die Entwicklung der einzelnen Kinder ist sehr verschieden.

- Die vorgeschlagenen Zeit- und Tiefenlimiten sind Richtwerte und müssen immer an die psychische und physische Entwicklung des Kindes angepasst werden.

EMPFEHLUNGEN FÜR KINDERGERECHTES TAUCHEN

Bevor ein Kind einen sicheren und seinem Alter angepassten Tauchgang durchführen kann, sollten folgende Bedingungen erfüllt sein:

1 Das Kind muss selbständig schwimmen können.

2 Tauchplatz

- Der Tauchplatz muss leicht erreichbar sein und über einen einfachen, dem Alter des Kindes angepassten Ein- und Ausstieg verfügen.

3 Temperatur

- Das Kind darf auf keinen Fall frieren!
- Aufgrund der fehlenden Kälteadaptation wird abgeraten, bei Wassertemperaturen unter 12°C mit Kindern zu tauchen. Über 12°C ist ein Tauchen mit Kindern mit einer angepassten Ausrüstung möglich.
- Bei warmen Lufttemperaturen ist eine Hitzeerschöpfung oder eine Dehydrierung zu vermeiden.
  Es ist wichtig, Kinder nicht mit voller Ausrüstung ungeschützt der Hitze auszusetzen.
- Immer an Sonnenschutz und Getränke denken!

4 Material

- Spezielle, der Grösse und des Alters des Kindes angepasste Ausrüstung muss vorhanden sein.

5 Begleitung

- Während der Tauchkurse müssen die Kinder von einem Tauchlehrer ausgebildet werden, der Erfahrung mit Kindertauchen hat und dementsprechend ausgebildet und zertifiziert ist.
- Auch ein brevetiertes Kind muss mindestens von einem erfahrenen erwachsenen Taucher begleitet werden.
- Je nach Tauchbedingungen, und um eine möglichst hohe Sicherheit zu gewährleisten, empfehlen wir eine Begleitung von 3 brevetierten und erfahrenen, erwachsenen Tauchern, im Sinne von 2 Buddy-Teams.
- Kinder sind keine Sicherheitstaucher für Erwachsene!

6 Alter, Tauchtiefe und Tauchzeit

Alter (Jahre)	Tauchtiefe	Tauchdauer
< 8	nein	nein
8 - 9	5 m	15 min
10 - 11	8 m	20 min
12 - 14	12 m	25 min

- Die ersten Tauchgänge finden im Schwimmbad oder in begrenztem Freiwasser statt, welches vergleichbare Bedingungen bezüglich Tiefe, Temperatur und Sichtweite aufweist.
- Am Ende jedes Tauchgangs ist ein Sicherheitsstop auf 3-5m für 3-5 Minuten einzuhalten.

7 Wiederholungstauchgänge

- Unter Berücksichtigung der genannten Empfehlungen, ist es möglich, einen Wiederholungstauchgang durchzuführen.
- Es wird empfohlen, zwischen dem 1. und dem 2. Tauchgang eine Oberflächenpause von 6 Stunden einzuhalten.

8 Jährliche Tauchuntersuchung

- Eine jährliche Tauchuntersuchung bei einem in diesem Spezialgebiet erfahrenen Tauchmediziner „Medical examiner of divers" oder einem in Tauchmedizin erfahrenen Pädiater wird dringend empfohlen.
- Wichtig erscheint uns, die gute Zusammenarbeit und der Informationsaustausch zwischen dem Pädiater und dem die Tauchtauglichkeit attestierenden Arztes des Kindes.

9 Eine psychologische Beurteilung ist bei jeder Tauchuntersuchung von äusserster Wichtigkeit.

- Die Motivation zum Tauchen muss dem Willen des Kindes entsprechen.
- Je nach Alter werden oben genannte Maximaltiefen und eine Maximaltauchdauer empfohlen. Diese sollten je nach Reife, Entwicklung, Erfahrung und Persönlichkeit dem jeweiligen Kind angepasst und nicht überschritten werden.

10 Kontraindikationen

- Die bei Erwachsenen geltenden Kontraindikationen sind auch für das Kindertauchen gültig.
- Die relativen Kontraindikationen werden in der Regel für Kinder zu absoluten Kontraindikationen.

Weitere Informationsquellen

http://www.swiss-paediatrics.org/sites/default/files/paediatrica/vol17/n4/pdf/10-14.pdf
http://www.diving-kids.ch/PDF/Examen.pdf

Unter Mitarbeit von:

Dr. med. Barbara Schild
Fachärztin für Anästhesiologie, FMH
Tauchmedizin, SUHMS
barbara.schild@bbox.ch

Dr. med. Marc-Alain Panchard
Facharzt für Kinder-und Jugendmedizin, FMH
Tauchmedizin, SUHMS
mapanchard@bluewin.ch

SUHMS

SUHMS Sekretariat
Lerchenweg 9
CH- 2543 Lengnau
Telefon +41 32 653 85 46
suhms@datacomm.ch
www.suhms.org

Consensus Conference

Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment

Daniel Mathieu | Alessandro Marroni | Jacek Kot

Abstract

The tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine took place in April 2016, attended by a large delegation of experts from Europe and elsewhere. The focus of the meeting was the revision of the European Committee on Hyperbaric Medicine (ECHM) list of accepted indications for hyperbaric oxygen treatment (HBOT), based on a thorough review of the best available research and evidence-based medicine (EBM). For this scope, the modified GRADE system for evidence analysis, together with the DELPHI system for consensus evaluation, were adopted. The indications for HBOT, including those promulgated by the ECHM previously, were analysed by selected experts, based on an extensive review of the literature and of the available EBM studies. The indications were divided as follows: Type 1, where HBOT is strongly indicated as a primary treatment method, as it is supported by sufficiently strong evidence; Type 2, where HBOT is suggested as it is supported by acceptable levels of evidence; Type 3, where HBOT can be considered as a possible/optional measure, but it is not yet supported by sufficiently strong evidence. For each type, three levels of evidence were considered: A, when the number of randomised controlled trials (RCTs) is considered sufficient; B, when there are some RCTs in favour of the indication and there is ample expert consensus; C, when the conditions do not allow for proper RCTs but there is ample and international expert consensus. For the first time, the conference also issued 'negative' recommendations for those conditions where there is Type 1 evidence that HBOT is not indicated. The conference also gave consensus-agreed recommendations for the standard of practice of HBOT.

Dieser Artikel wurde erstveröffentlicht in
Diving and Hyperbaric Medicine

Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. Diving and Hyperbaric Medicine. 2017 March;47(1):24-32.

Abdruck mit freundlicher Genehmigung der EUBS.

Als Mitglied der EUBS erhalten Sie "Diving and Hyperbaric Medicine" 4 Mal jährlich frei Haus.

Näheres unter
www.eubs.org/Applicat.htm

Key words:

Medical conditions and problems; Evidence; Systematic review; Symposium; European Committee for Hyperbaric Medicine

Introduction

The European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) has in its objectives the continuous improvement in the quality of care and the safety of hyperbaric medicine [1]. One of the tools used to reach this target is the organization of consensus conferences to issue guidelines which could be recognized and accepted as widely as possible. Two such consensus conferences have been organized previously in 1994 and 2004. In 1994, the guidelines were elaborated by a jury from expert reports and discussion with the conference audience [2]. In 2004, the guidelines report was improved in grading the recommendations both by the level of evidence supporting the recommendation and their importance for clinical practice [3]. Twelve years on, it was time to review and update these guidelines based on the advances in medical knowledge and the experience gained in clinical practice during that period. For the 2016 guidelines, ECHM wished to go a step further in reporting not only recommendations with their clinical importance and evidence level, but also how confident the conference audience was in those recommendations. A preliminary report with the short list of indications for hyperbaric oxygen treatment (HBOT) was published recently [4]. Here, we present the full report, including methodology and detailed recommendations given at the conference. Additional files with literature queries and analysis of published evidence using the GRADE system can be found on the ECHM website (www.ECHM.org).

Methodology

Evidence based medicine (EBM) methodology has gained a widespread acceptance and is presently an integral part of modern medical practice. The approach and tools used in EBM involve using scientific evidence to provide answers to specific questions. However in the real world, there are different levels of evidence depending on the source of information and the design of the study (e.g., from case reports to randomised controlled trials RCTs). This results in the concept of a pyramid of evidence with a decreasing chance of bias as the methodological rigour improves moving up the pyramid. For interested readers, we provide a useful reference on EBM [5].

The process of issuing new recommendations for clinical practice is typically based on three components: 1) the level of evidence (i.e., the quality of available data;) 2) the interpretation of the evidence (i.e., what the data suggest and how concordant these data are regarding a particular problem) and 3) the type or strength of the recommended practice (i.e., the extent to which a physician is able to recommend a particular intervention on the basis of the first two considerations). This method may be used either by an individual physician or by a group of experts who could be expected to arrive at the same conclusion.

For clinical research, the various levels of evidence are the following:

Level A: At least two concordant, large, double-blind RCTs with no or little methodological bias;
Level B: Double-blind RCTs but with methodological flaws, studies with only small samples or one study only;
Level C: Consensus opinion of experts;
Level D: Only uncontrolled studies with no consensus opinion of experts;
Level E: No evidence of beneficial action, or methodological or interpretation bias precluding any conclusion;
Level F: Procedure not indicated by existing evience.

Even though the hyperbaric medicine community has made considerable effort to achieve high quality clinical studies, we must recognize that many questions remain with insufficient evidence to give a definite answer. Therefore, it is hardly surprising that, from the current list of clinical indications for HBOT, only a small number of clinical entities in which HBOT is conventionally used is supported by the highest level of evidence. Physicians should remember that clinical decisions are usually based on some level of evidence that is less than absolute proof and that no evidence of a benefit is not the same as evidence of no benefit. In the view of the ECHM, there are some clinical situations in which it is extremely difficult or even virtually impossible to undertake high quality, controlled trials, for example:

- Using HBOT in a particular condition, unsupported by a high level of evidence, is so logical that

it has become universally accepted to such an extent that it would be grossly inappropriate to consider omitting it to establish proof of efficacy or even that it would be considered a violation of accepted standards of care to deny a patient the benefit of the therapy for the purpose of a study (e.g., HBOT for decompression illness (DCI) or arterial gas embolism (AGE));
- where the disease or condition of interest is so complex or where there are so many variables that it would be impossible to design a study sufficiently powerful to assess any single procedure (e.g., HBOT and gas gangrene);
- where no current higher level of evidence exists, but experts are able to report, not only from their own experiences but also by producing comprehensive literature reviews from which consensus can provisionally be reached, pending the outcome of future studies (e.g., HBOT and neuroblastoma).

In such situations, an alternative approach should be sought. In the opinion of the ECHM, the search for a consensus by experts is a way to convert the best evidence available into clinical guidelines.

ECHM consensus conferences aim to create an objective and complete review of the current literature and knowledge on a particular topic or field. This method has the advantage of involving a diverse group of participants from a broad range of relevant backgrounds to provide consideration of all aspects of the chosen topic and maximum objectivity. The opportunity to meet with other experts in the same field and share comments and information is also a valuable aspect of these meetings. At a consensus conference, experts present their reviews of the literature relating to a specific topic before a jury and an audience. Thereafter, the jury gathers in a secluded place to discuss the presentations, and presents its finding in a consensus statement that includes recommendations for clinical practice based on the evidence that was presented. These recommendations are published in one or more medical journals.

The application of EBM methodology to the consensus process helps the jury members to reach a consensus and strengthens the recommendations. Thus, each jury member assesses the literature and the evidence presented by the experts and grades these according to their quality. In the ECHM conferences, each jury member used the same grading scale (from 1 to 4) for the level of evidence as follows [2,3]:

For both basic studies (tissue, cellular or subcellular level) and for animal studies with a control group:
- Level 1: Strong evidence of beneficial action;
- Level 2: Evidence of beneficial action;
- Level 3: Weak evidence of beneficial action;
- Level 4: No evidence of beneficial action or methodological or interpretation bias preclude any conclusion.

For human studies:
- Level 1: Strong evidence of beneficial action based on at least two concordant, large, double-blind, RCTs with no or only weak methodological bias;
- Level 2: Evidence of beneficial action based on double-blind RCTs but with some methodological bias, or concerning only small samples, or only a single study;
- Level 3: Weak evidence of beneficial action based only on uncontrolled studies (historical control group, cohort study);
- Level 4: No evidence of beneficial action (case reports only) or methodological or interpretation bias preclude any conclusion.

Jury conclusions have been made according to the level of supporting evidence (Table 1):
- Type 1 recommendation, which means “strongly recommended”, recommendations or standards are supported by Level 1 evidence;
- Type 2 recommendation, which means just “recommended”, recommendations or guidelines are supported by Level 2 evidence;
- Type 3 recommendation, which means “optional”, statements are supported only by Level 3 evidence.

During the 2004 ECHM consensus conference, after having listened to the experts and with the assistance of literature reviewers, the jury graded the existing evidence using the scale we have described above (levels from A to F) [3]. Conditions where the use of HBOT was supported by level A, B or C evidence were considered as accepted indications. However, in order to make the jury discussion and decision on conditions not considered accepted indications for HBOT more transparent, the levels D, E, and F were also reported with the jury’s evaluation of the existing evidence.

For the 2016 European Consensus Conference, the ECHM decided to adopt the modified GRADE system for evidence analysis [7,8], together with the DELPHI system for consensus evaluation [9,10]. As for

Table 1
Consensus-based and GRADE scaling for recommendations

Strength of recommendation (consensus-based)

Level 1 = Strong recommendation = "We recommend..."
The course of action is considered appropriate by the large majority of experts with no major dissension. The panel is confident that the desirable effects of adherence to the recommendation outweigh the undesirable effects.

Level 2 = Weak recommendation = "We suggest..."
The course of action is considered appropriate by the majority of experts but some degree of dissension exists amongst the panel. The desirable effects of adherence to the recommendation probably outweigh the undesirable effects.

Level 3 = Neutral recommendation = "It would be reasonable..."
The course of action could be considered appropriate in the right context.

No recommendation
No agreement was reached by the group of experts.

Level of evidence (based on GRADE system)

Grade A = High level of evidence
The true effect lies close to our estimate of the effect.

Grade B = Moderate level of evidence
The true effect is likely to be close to our estimate of the effect, but there is a possibility that it is substantially different.

Grade C = Low level of evidence
The true effect may be substantially different from our estimate of the effect.

Grade D = Very low level of evidence
Our estimate of the effect is just a guess, and it is very likely that the true effect is substantially different from our estimate of the effect.

the previous conferences, ECHM asked a panel of experts in each field to prepare reports based on a literature survey, a synthesis of the evidence for each and a proposal for recommendations (Table 1) [6-8].

In order to take into account the changes proposed to improve the quality of guidelines elaboration, we introduce two additional steps:

- All the reports were circulated within the expert group and each expert was asked to weight the clinical importance and the level of evidence each proposed recommendation (Delphi method).
- During the conference, reports and expert opinions were presented and discussed. The audience then voted on each recommendation and the agreement between audience participants was measured and reported. Final consensual recommendations with weighted evidence and audience confidence were then issued.
- We expect that, using such a methodology, every individual reading the conference conclusions will be immediately able to assess the strength of each statement and how it could be applied in their own practice.

Results

Recommendations on the clinical indications for HBOT have been presented separately for accepted indications (Table 2), non-accepted indications (Table 3) and those conditions in which HBOT is not recommended (Table 4).

ACCEPTED INDICATIONS

Carbon monoxide (CO) poisoning

- We recommend HBOT in the treatment of CO poisoning (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend 100% oxygen be applied immediately to any CO poisoned person as a first aid treatment (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT for every CO poisoned person who presents with altered consciousness alteration, clinical neurological, cardiac, respiratory or psychological signs whatsoever the carboxyhaemoglobin level at the time of hospital admission (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT in CO-poisoned pregnant women whatever their clinical presentation and carboxyhaemoglobin level at hospital admission (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- It would be reasonable to treat patients with minor CO poisoning either by 12 hours normobaric oxygen or HBOT (Type 3 recommendation, Level B evidence).
- We do not recommend treating with HBOT asymptomatic patients seen more than 24 hours after the end of CO exposure (Type 1 recommendation, Level C evidence).

Open fractures with crush injury

- We recommend HBOT in the treatment of open fractures and/or with crush injury (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend early application of HBOT following severe open fractures because it can reduce complications such as tissue necrosis and infection. Gustilo 3B and 3C injuries are considered indications for HBOT and less severe injuries should be considered for treatment when host- or injury-related risk factors are present (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We suggest that HBOT may offer benefit in crush injuries with open wounds but without fracture, where tissue viability is at risk or where there is significant risk of infection (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to provide HBOT for closed crush injuries where tissue viability is clinically judged to be at risk (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to provide HBOT for closed crush injuries where there is a potential for compartment syndrome, but where compartment syndrome requiring fasciotomy is not established and where it is possible to monitor progress and response to treatment either clinically or via compartment pressure or oxygenation monitoring (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- We recommend that HBOT centres treating crush injury should have equipment for transcutaneous oximetry measurement (TCOM) under pressure as this has predictive value in some situations (Type 1 recommendation, Level B evidence).

Radionecrosis or radition-induced lesions

- We recommend HBOT in the treatment of mandibular osteoradionecrosis (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT for the prevention of mandibular osteoradionecrosis after dental extraction (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT in the treatment of haemorrhagic radiation cystitis (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT in the treatment of radiation proctitis (Type 1 recommendation, Level A evidence).
- We suggest HBOT in the treatment of osteoradionecrosis of other bone than the mandible (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest HBOT for preventing loss of osseointegrated implants in irradiated bone (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest HBOT in the treatment of soft-tissue radionecrosis (other than cystitis and proctitis), in particular in the head and neck area (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to use HBOT for treating or preventing radio-induced lesions of the larynx (Type 3 recommendation, Level C evidence).

- It would be reasonable to use HBOT in the treatment of radio-induced lesions of the central nervous system (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Decompression illness (DCI)

- We recommend HBOT in the treatment of DCI (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend 100% normobaric oxygen first aid (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend intravenous fluid resuscitation with non-glucose containing crystalloid solutions (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT/recompression therapy tables (US Navy Treatment Table 6 or helium/oxygen (Heliox) Comex Cx30 or equivalent) for the initial treatment of DCI (Type 1 recommendation, Level C evidence). US Navy Treatment Table 5 can be used as the first recompression schedule for selected mild cases.
- We recommend appropriate HBOT treatment tables for residual manifestations of DCI (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend the use of low-molecular weight heparin for the prophylaxis of deep venous thrombosis for immobile or paralyzed cases of DCI (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We suggest the use of lignocaine (lidocaine) and Heliox recompression tables for serious neurological DCI (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest oral tenoxicam (or similar NSAID) for appropriately selected DCI cases (Type 2 recommendation, Level B evidence).

Gas embolism

- We recommend HBOT in the treatment of gas embolism (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend the use of HBOT in cases of arterial and venous gas embolism with neurological and/or cardiac manifestations. Even if a short interval (< 6 h) between embolism and hyperbaric treatment is associated with a better outcome, response to hyperbaric treatment with substantial clinical improvement has been observed in many case reports with a longer interval and even in small series of patients after 24 hours or more (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend the immediate administration of 100% oxygen in case of noticed embolism. However, even if the signs/symptoms resolve, because secondary deterioration can occur later, HBOT is still recommended (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We do not recommend high pressure treatment tables (>405 kPa) because of lack of good evidence. Consideration of the use of heliox or nitrox at higher pressure must be undertaken by each unit based on experience and logistic arguments (Type 2 recommendation, Level B evidence).
- We suggest the use of adjunctive therapy for isolated AGE, such as lidocaine (Type 2 recommendation, Level B evidence) aspirin and/or NSAID (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to use anticoagulants as adjunctive therapy for isolated AGE (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Anaerobic and mixed bacterial infections

- We recommend HBOT in the treatment of anaerobic and mixed bacterial infections (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT for the treatment of necrotizing soft tissue infections in all locations, particularly perineal gangrene. (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT be integrated in a treatment protocol combined with immediate and adequate surgery and antibiotics targeting the most probable anaerobic and aerobic involved bacteria (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT be integrated in the treatment protocol of intra-cranial abscess when one of the following criteria is met: multiple abscesses; abscess in a deep or dominant location; compromised host; contra-indication to surgery, lack of response or further deterioration in spite of standard treatment (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We suggest HBOT be integrated as a second-line measure in the treatment of other anaerobic or mixed anaerobic-aerobic tissue infections such as pleuropulmonary or peritoneal infection (Type 2 recommendation, Level C evidence).

Sudden deafness (idiopathic sudden sensorineural hearing loss, ISSNHL)

- We recommend HBOT in the treatment of ISSNHL (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT combined with medical therapy in patients with acute ISSNHL who present within two weeks of disease onset (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We do not recommend the use of HBOT alone or combined with medical therapy in patients with ISSNHL who present after six months of disease onset (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to use HBOT as an adjunct to corticosteroids in patients presenting after the first two weeks but not later than one month, particularly, in patients with severe and profound hearing loss (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Delayed wound healing

- We suggest using HBOT in the treatment of diabetic foot lesions (Type 2 recommendation, Level B evidence).
- We suggest using HBOT in the treatment of ischaemic ulcers (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to use HBOT in the treatment of selected non-healing wounds secondary to systemic processes (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT in ischaemic lesions (ulcers or gangrene) without surgically treatable arterial lesions or after vascular surgery:
  a. In the diabetic patient, the use of HBOT is recommended in the presence of a chronic critical ischaemia as defined by the European Consensus Conference on Critical Ischemia (see note below), if TCOM readings under hyperbaric conditions (253 kPa, 100% oxygen) are higher than 100 mmHg (Type 1 recommendation, level A evidence).
  b. In the arteriosclerotic patient, HBOT is recommended in case of a chronic critical ischaemia (see note below), if TCOM readings under hyperbaric conditions (253 kPa, 100% oxygen) are higher than 50 mmHg (Type 2 recommendation, Level B evidence).
  c. Note: Chronic critical ischaemia can be recognised when there is: periodic pain, persistent at rest, needing regular analgesic treatment for more than two weeks, or ulceration or gangrene of foot or toes with ankle systolic pressure <50 mmHg in the non-diabetic or toes systolic pressure < 30 mmHg in the diabetic [11].
  d. However, despite the strong agreement on the validity of the criteria listed above to properly select patients for HBOT, the jury acknowledges the fact not all hyperbaric centres are able to perform TCOM under hyperbaric conditions (253 kPa, 100% oxygen). Therefore, owing to this limitation, we suggest HBOT in diabetic foot ulcers (grade 3 and above of Wagner classification, stage B, grade 3 and above of University of Texas classification) that have failed to respond to adequate basic wound care after four weeks (Type 2 recommendation, Level B evidence).
- For the same reason as above, it would be reasonable to use HBOT in delayed-healing (chronic), nondiabetic wounds and in recurrent, multiple non-healing wounds due to vasculitis (especially those who have not responded to immunosuppressive therapy) (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- We recommend, as standard of care, that HBOT should always be used as part of a holistic, multidisciplinary, treatment plan with ongoing wound care on a regular basis and not as a stand-alone therapy (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We recommend that, prior to HBOT, standard wound care has been provided during at least four weeks (including appropriate debridement, vascular screening for significant peripheral arterial disease and/or local wound hypoxia, adequate offloading and infection management) (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend that, prior to HBOT, vascular screening, including imaging procedures, is undertaken in order to evaluate if any revascularization procedure is indicated (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We recommend the use of TCOM as the best technique to monitor the local tissue pressure of oxygen and to select patients for HBOT (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We suggest that the therapeutic dose of HBOT (pressure, time and length of treatment course) should be adapted to patient, type of chronic wound and evolution (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to consider HBOT as part

of a multi-interventional approach in the treatment of chronic calciphylaxis (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Compromised skin graft and flap

- We suggest using HBOT in the treatment of compromised skin graft and flap (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT in all cases of compromised skin grafts and flaps as soon as possible after the diagnosis of compromised grafts/tissues (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We suggest tissue viability be evaluated by clinical judgement and more objective methods including measurement of TCOM or assessment of capillaries by laser Doppler (Type 1 recommendation, Level B evidence).
- We suggest HBOT at a pressure between 203 and 253 kPa for at least 60 minutes per session (preferably 90–120 min), repeated two or three times in first day, then twice per day or once daily until tissues declared alive or necrotic (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We recommend HBOT be used both pre- and postoperatively in cases where there is an increased risk for compromised skin grafts and flaps, e.g., irradiated or infected wound bed, immunocompromised patient (Type 1 recommendation, Level C evidence).

Limb replantation

It would be reasonable to consider HBOT for limb replantation (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Post-vascular procedure reperfusion syndrome

It would be reasonable to consider HBOT for post-vascular procedure reperfusion syndrome (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Refractory chronic osteomyelitis

- We suggest HBOT be used in the treatment in chronic refractory osteomyelitis (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest compromised hosts be identified as, in particular, they may benefit from HBOT (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest HBOT protocol be individualized based on the condition and compliance of the patient (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We recommend the effects of HBOT be evaluated repeatedly during and after treatment using the same diagnostic methods as used pre HBOT. HBOT treatment should last at least 11−12 weeks, approx. 60 sessions,
- before any significant clinical effect should be expected. (Type 1 recommendation, Level C evidence).

Femoral head necrosis (FHN)

- We suggest HBOT be used in the treatment of the initial stage of FHN (Type 2 recommendation, Level B evidence).
- We suggest daily treatment of ≥ 60 min, 100% oxygen, 5−6 days a week, and 4−5 weeks per cycle, at 243–253 kPa, at the initial stage of FHN (Type 2 recommendation, Level B evidence).
- We suggest scheduling MRI and orthopaedic clinical evaluation at 3−4 weeks from the end of the HBOT cycle (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We do not recommend HBOT be used as an isolated treatment but be integrated in a multidisciplinary protocol including minimizing weight-bearing, weight reduction, physiotherapy where applicable and smoking cessation through the HBOT course (Type 1 recommendation, Level C evidence).

Burns

- We suggest HBOT be used in the treatment of second degree burns >20% body surface area (BSA) (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We recommend that only highly specialised HBOT centres, in the immediate vicinity of a burns centre, treat burns as an adjunct to classical burns care, taking care of optimal monitoring and fluid management. (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- We suggest that the most benefit is obtained in severe scald burns patients (>20% BSA), with a large proportion of partial-thickness burns (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest that burns to the face (ear, nose), neck, hands and fingers and perineum may benefit even if the total surface burned is <20% (Type 2 recommendation, Level C evidence).
- We suggest that HBOT be initiated within six (at the most eight) hours after the burn injury, and that two sessions per day (at 253 kPa, 100% oxygen) be given for a minimum of three days (Type 2 recommendation, Level C evidence).

Central retinal artery occlusion (CRAO)

- We suggest considering HBOT for patients suffering from CRAO, to be applied as soon as possible (Type 2 recommendation, Level C evidence).

Pneumatosis cystoides intestinalis

- We suggest HBOT in the treatment of pneumatosis cystoides intestinalis (Type 2 recommendation, Level C evidence).

Sickle cell disease

- It would be reasonable to consider HBOT as a secondline treatment in sickle cell disease crisis in addition to opioids (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to consider HBOT as an adjunct to standard wound care in patient with non-healing skin ulcer due to sickle cell disease (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Interstitial cystitis

- It would be reasonable to consider HBOT for interstitial cystitis (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Brain injury in highly selected patients

- It would be reasonable to consider HBOT in acute moderate-severe traumatic brain injury (TBI) patients and in a highly selected group of patients with chronic TBI who have clear evidence of metabolically dysfunctional brain region(s) (Type 3 recommendation, Level B evidence).
- We recommend HBOT use in TBI to be used only in the context of an investigational study protocol approved by an ethics committee and performed according to clinical research good practice (Type 1 recommendation).
- We do not recommend HBOT use in the acute phase of stroke (Type 1 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to consider HBOT in the frame of an investigational clinical study in a highly selected group of patients with chronic stroke who have clear evidence of metabolically dysfunctional brain regions that are mismatching with the necrotic brain regions (Type 3 recommendation, Level C evidence).
- It would be reasonable to use HBOT as an adjunctive measure in the treatment of post anoxic encephalopathy after near hanging (Type 3 recommendation, Level C evidence).

Neuroblastoma

- We suggest HBOT in the treatment of neuroblastoma stage IV (Type 2 recommendation, Level C evidence).

NON-ACCEPTED INDICATIONS (TABLE 3)

Owing to very low levels of evidence (Grade D), no specific recommendations on HBOT are given for the following clinical conditions:

- Post sternotomy mediastinitis
- Malignant otitis externa
- Acute myocardial infarction
- Retinitis pigmentosa
- Facial (Bell's) palsy

CONDITIONS FOR WHICH HBOT IS NOT INDICATED (TYPE 1 INDICATION, TABLE 4)

Evidence of lack of clinical effect of HBOT allows Type 1 recommendations to be given for not using HBOT in:

- Autism spectrum disorders (Type 1 recommendation, Level B evidence)
- Placental insufficiency (Type 1 recommendation, Level C evidence)
- Multiple sclerosis (Type 1 recommendation, Level B evidence)
- Cerebral palsy (Type 1 recommendation, Level B evidence)
- Tinnitus (Type 1 recommendation, Level B evidence)
- Acute phase of stroke (Type 1 recommendation, Level C evidence).

PRACTICE OF HYPERBARIC OXYGEN TREATMENT

- We recommend that all European hyperbaric facilities comply as a minimum with the European Code of Good Practice and this ECHM list of clinical indications for HBOT as the basis for accreditation processes and national reimbursement policies.
- We recommend conditions in which HBOT is

Table 2
Recommendations on the indications accepted for HBOT

Condition	Level of evidence			Agreement level
	A	B	C	
Type 1				
CO poisoning	X			Strong agreement
Open fractures with crush injury	X			Strong agreement
Prevention of osteoradionecrosis after Strong agreement	X			Strong agreement
Osteoradionecrosis (mandible)	X			Strong agreement
Soft tissue radionecrosis (cystitis, proctitis)	X			Strong agreement
Decompression illness		X		Strong agreement
Gas embolism		X		Strong agreement
Anaerobic or mixed bacterial infections		X		Strong agreement
Sudden deafness	X			Strong agreement
Type 2				
Diabetic foot lesions	X			Strong agreement
Femoral head necrosis	X			Strong agreement
Compromised skin grafts and musculo- cutaneous flaps		X		Strong agreement
Central retinal artery occlusion (CRAO)		X		Strong agreement
Crush Injury without fracture		X		Agreement
Osteoradionecrosis (bones other than mandible)		X		Agreement
Radio-induced lesions of soft tissues (other than cystitis and proctitis)		X		Agreement
Surgery and implant in irradiated tissue (preventive treatment)		X		Agreement
Ischaemic ulcers		X		Agreement
Refractory chronic osteomyelitis		X		Agreement
Burns, 2nd degree more than 20% BSA		X		Agreement
Pneumatosis cystoides intestinalis		X		Agreement
Neuroblastoma, stage IV		X		Agreement
Type 3				
Brain injury (acute and chronic TBI, chronic stroke, post anoxic encephalopathy) in highly selected patients		X		Agreement
Radio-induced lesions of larynx		X		Agreement
Radio-induced lesions of the CNS		X		Agreement
Post-vascular procedure reperfusion syndrome		X		Agreement
Limb replantation		X		Agreement
Selected non-healing wounds secondary to systemic processes		X		Agreement
Sickle cell disease		X		Agreement
Interstitial cystitis		X		Agreement

considered not to be indicated are discussed in a benefit/risk balance for each specific patient before using HBOT.

- We recommend medical education and training of hyperbaric centre medical staff comply with the standards developed and mutually agreed by ECHM and the European Diving Technology Committee (EDTC).
- We recommend education and training of hyperbaric centre non-medical staff comply with the standards developed by the European Baromedical Association for nurses, operators and technicians (EBAss) and agreed by ECHM.
- We recommend physicians involved in hyperbaric centres are trained and participate in clinical as well as basic research.
- We recommend the hyperbaric community at large increases its participation in the research effort in order to improve the level of evidence supporting the ECHM recommendations.

Table 3
Recommendations on the non-accepted indications for HBOT; all have only Level D evidence

	Level of evidence	Agreement
Condition	**D**	
Post sternotomy mediastinitis	X	Agreement
Malignant otitis externa	X	Agreement
Acute myocardial infarction	X	Agreement
Retinitis pigmentosa	X	Agreement
Facial (Bell's) palsy	X	Agreement

Table 4
Recommendations on those indications for which HBOT should not be used; no Level A evidence

	Level of evidence			Agreement
Condition	**A**	**B**	**C**	
Autism spectrum disorders		X		Agreement
Placental insufficiency			X	Agreement
Multiple sclerosis		X		Agreement
Cerebral palsy		X		Agreement
Tinnitus		X		Agreement
Acute phase of stroke			X	Agreement

References

1. Marroni A, Mathieu D, Wattel F. History, mission and achievements of the European Committee for Hyperbaric Medicine. In: A. Marroni, D. Mathieu, F. Wattel, editors. *The ECHM collection, volume 1.* Flagstaff, AZ: Best Publishing Company; 2005. p. xv-xxxvi.
2. Marroni A, Mathieu D, Wattel F. First European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine, Lille 1994. In: A. Marroni, D. Mathieu, F. Wattel, editors. *The ECHM collection, volume 1*. Flagstaff, AZ: Best Publishing Company; 2005. p. 1.1-1.142.
3. Marroni A, Mathieu D, Wattel F. The Seventh ECHM Consensus Conference: Lille, France, 2004. In *The ECHM Collection*, volume 3. Marroni A, Mathieu D, Wattel F, editors. Flagstaff, AZ: Best Publishing Company; 2008. p. 1.1.3-1.5.290.
4. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: preliminary report. *Diving Hyperb Med*. 2016;46:122-3.
5. Straus SE, Richardson WS, Glasziou P, Haynes RB, editors. *Evidence-based medicine*: *how to practice and teach EBM, 4th edition*. Amsterdam: Elsevier; 2010.
6. Calello DP, Liu KD, Wiegand TJ, Roberts DM, Lavergne V, Gosselin S, et al. Extracorporeal treatment for metformin poisoning: systematic review and recommendations from the Extracorporeal Treatments in Poisoning Workgroup. *Crit Care Med*. 2015;43:1716-30.
7. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, Schünemann HJ; GRADE Working Group. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. BMJ. 2008;336(7650):924- 6. doi: 10.1136/bmj.39489.470347.AD.
8. *GRADE's software for summary of findings tables, health technology assessment and guidelines.* [cited 2015 October 09]. Available at: http://gradepro.org/.
9. Dalkey NC Rand. *The Delphi method: an experimental study of group opinion*. Santa Monica, CA: Rand Corporation; 1969.
10. Diamond IR, Grant RC, Feldman BM, Pencharz PB, Ling SC, Moore AM, Wales PW. Defining consensus: a systematic review recommends methodologic criteria for reporting of Delphi studies. *J Clin Epidemiol*. 2014;67:401-9. doi: 10.1016/j.jclinepi.2013.12.002.
11. Second European Consensus Document on chronic critical leg ischemia. *Circulation*. 1991;84(4 Suppl):IV 1-26.

Acknowledgements

We would like to acknowledge all the many participants in this stepwise process; also, the European Underwater and Baromedical Society, European Diving Technology Committee (EDTC) and the European Baromedical Association for their active support during the organisation of the conference and preparation and distribution of the recommendations.

Declaration of interests: nil

Submitted: 19 October 2016; revised 02 January 2017
Accepted: 23 January 2016

Daniel Mathieu[1,2], Alessandro Marroni[1,3], Jacek Kot[1,4]
[1] European Committee for Hyperbaric Medicine
[2] Critical Care Department, Medical University and Hospital of Lille, France
[3] DAN Europe Research Division, Roseto degli Abruzzi, Italy
[4] National Center for Hyperbaric Medicine, Institute of Maritime and Tropical Medicine, Medical University of Gdansk, Poland

Address for correspondence:

Jacek Kot
Head of the National Center for Hyperbaric Medicine
Institute of Maritime and Tropical Medicine
Medical University of Gdansk
Poland
jkot@gumed.edu.pl

List of collaborators (in alphabetic order):

Lluis Amselem (Spain), Peter Atkey (UK), Dirk Bakker (The Netherlands), Costantino Balestra (Belgium), Jean Yves Berney (Switzerland), Jean Eric Blatteau (France), Gerardo Bosco (Italy), Francois Burman (South Africa), Enrico Camporesi (USA), Danilo Cialoni (Italy), Maide Cimsit (Turkey), Ramiro Cali-Corleo (Malta), Frans Cronje (South Africa), Jordi Desola (Spain), Marco Gelsomino (Switzerland), Peter Germonpré (Belgium), Karin Hasmiller (Germany), Eric Jansen (Denmark), Jacek Kot (Poland), Claude Lae (Switzerland), Folke Lind (Sweden), Magnus Londahl (Sweden), Pasquale Longobardi (Italy), Alessandro Marroni (Italy), Daniel Mathieu (France), Ian Millar (Australia), Peter Mueller (Germany), Mesut Mutluoglu (Turkey), ClausMartin Muth (Germany), Erika Parmentier-Decrucq (France), Michel Pellegrini (Switzerland), Massimo Pieri (Italy), Rodrigue Pignel (Switzerland), Peter Radermacher (Germany), Beatrice Ratzenhofer-Komenda (Austria), Vincent Souday (France), Günalp Uzun (Turkey), Rob van Hulst (The Netherlands), Giuliano Vezzani (Italy), Francis Wattel (France), Robert Weenink (The Netherlands), Wilhelm Welslau (Germany), Vincenzo Zanon (Italy), Juerg Wendling (Switzerland).

Unter dem QR-Code oder unter folgenden Weblink können Sie sich den Originalartikel aus DHM downloaden. Link: http://www.oegth.at/wcms/ftp//o/oegth.at/uploads/dhm-2017-mathieu-d-tenth-european-consensus-conference-on-hyperbaric-medicine.pdf

Die Sektion Hyperbarmedizin der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI e.V.)

AUTOR

PD Dr. Björn Jüttner MA
Sprecher der Sektion
Hyperbarmedizin der DIVI
Leitender Oberarzt
Klinik für Anästhesiologie
und Intensivmedizin

Carl-Neuberg-Str. 1,
30625 Hannover
juettner.bjoern@mh-hannover.de
(Korrespondenzadresse)

AUTOR

Oliver Müller
Vivantes Klinikum im
Friedrichshain
Zentrum für Sauerstoff-
therapie und Tauchmedizin

Matthiasstr. 7
10249 Berlin

Die Sektion Hyperbarmedizin der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI e.V.) wurde im Oktober 2011 durch die Initiative von Prof. Dr. Dietmar Schneider (Leipzig) gegründet. Sie setzt sich zum Ziel, die hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) für alle intensiv- und notfallmedizinisch aktiv tätigen ärztlichen und nicht-ärztlichen Berufsgruppen sowohl erkennbar und verständlich zu machen als auch deren Forschungs- und Versorgungspotential zu steigern.

Die Themenschwerpunkte betreffen alle intensiv- und notfallmedizinischen Aspekte von hypoxisch-ischämischen Akuterkrankungen, bei deren Behandlung grundsätzlich oder adjuvant hyperbarer Sauerstoff eingesetzt werden sollte (z.B. CO-Intoxikation, Anaerobierinfektion).

Die Sektion ist Ansprechpartner für klinische Fragestellungen und Stellungnahmen für die Anwendung der hyperbaren Sauerstofftherapie. Wissenschaftliche Projekte in der Grundlagenforschung, klinischen Forschung und der Versorgungsforschung sollen geplant, unterstützt und realisiert werden. Die Sektion fühlt sich der interdisziplinären Kommunikation auf allen Versorgungsebenen und der Vertiefung der Zusammenarbeit zwischen den wissenschaftlichen Gesellschaften und Verbänden erstrangig verpflichtet.

Abgeschlossene Projekte

- S2k-Leitlinie Tauchunfall - unter Mitarbeit der Sektion Hyperbarmedizin [1]
- Stellungnahme zur Sicherheit von Einpersonen-Therapiedruckkammern

Aktuelle Projekte

- Überarbeitung der BG Information „Sicheres Arbeiten mit therapeutischen Druckkammern“ - unter Mitarbeit der Sektion Hyperbarmedizin
- Leitlinie „Prävention arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren bei Arbeiten in Überdruck“ - unter Mitarbeit der Sektion Hyperbarmedizin
- S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung - Federführung durch die Sektion Hyperbarmedizin
- Planung und Entwicklung eines bundesweiten HBOT-Notfallregisters

Die Sterbefälle bei Kohlenmonoxidvergiftung haben sich nach Angaben des statistischen Bundesamtes von 2007 bis 2014 bundesweit verdoppelt.

Weiterhin ist eine Inzidenz der Kohlenmonoxidvergiftung von ungefähr 1/1000 der im Rettungsdienst transportierten Patienten beschrieben [2]. Bei 6.589.497 Leistungsfällen im Rettungsdienst [3] (GKV in 2014) wird demnach vermutlich die Hälfte der Erkrankungen nicht erkannt.

Neben dem primären Überleben wird ein besonderes Risiko für ein verzögert einsetzendes kognitives Defizit beschrieben.

Für den Versorgungsablauf der Kohlenmonoxidvergiftung finden sich derzeit keine national einheitlichen Empfehlungen und Standards [4]. Es besteht ein hoher Evidenzlevel, bei einer sehr niedrigen Qualität der Evidenz (GRADE). Die bisher beobachteten widersprüchlichen Behandlungseffekte sind mit sehr großer Unsicherheit behaftet [5].

Da absehbar keine Ergebnisse einer hochwertigen prospektiv randomisiert-kontrollierten Studie zu erwarten sind, soll zunächst eine konsensusbasierte Entwicklung einer S2-Leitlinie angestrebt werden [6]. Mit einer repräsentativen Zusammenstellung der betroffenen Fachgesellschaften kann hier eine nationale Handlungsempfehlung erreicht werden.

Björn Jüttner & Oliver Müller

Literatur

1. Jüttner B, Wölfel C, Liedtke H, Meyne K, Werr H, Bräuer T, Kemmerer M, Schmeißer G, Piepho T, Müller O, Schöppenthau H. Diagnostik und Behandlung von Tauchunfällen. Neue „Leitlinie Tauchunfall 2014–2017“. Anaesthesist. 2015;64:463-8.
2. Roth D, Bayer A, Schrattenbacher G, Malzer R, Herkner H, Schreiber W, Havel C. Exposure to carbon monoxide for patients and providers in an urban emergency medical service. Prehosp Emerg Care. 2013;17:354-60.
3. KG 2-Statistik (gesetzliche Krankenversicherung), Bundesministerium für Gesundheit. URL: http://www.gbe-bund.de; [Stand: 03.05.2016].
4. Drinhaus H, Nüsgen S, Hinkelbein J. Leitlinie zur Behandlung von Kohlenmonoxidvergiftungen wünschenswert. Anaesthesist. 2016;65:301-2.
5. Jüttner B, Tetzlaff K. Hyperbare Therapie und Tauchmedizin – Hyperbare Therapie Teil 1: evidenzbasierte Akutversorgung Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. 2015;50:618-25.
6. Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung. Angemeldetes Leitlinienvorhaben, AWMF-Registernummer 040 - 012. URL: http://www.awmf.org/leitlinien/detail/anmeldung/1/ll/040-012.html [Stand: 29.11.2016].

BOOT 2017
Düsseldorf, 21.-29. Januar

Die GTÜM war auf der diesjährigen BOOT-Messe wieder Mitaussteller auf dem Stand von DAN Europe. An allen Messetagen waren Vorstandsmitglieder der GTÜM als Ansprechpartner präsent.

Das Foto links oben zeigt die Standbesetzung vom 28.1. (v.l.n.r.: Udo Bargon, Dr. Dominique Pawlowski, Maik Schleger, Dr. Karin Hasmiller, Laura Marroni, Manuela Enna, Dr. Wilhelm Welslau, Dr. Ulrich van Laak, Guy Thomas, Ralf Richter, Cristian Pellegrini).

GADAP Global Association of Diving Assistance Providers

Am 26. Januar trafen sich die drei bekanntesten Europäischen Tauchunfall-Assistancen auf dem DAN/GTÜM-Stand, um über eine engere Zusammenarbeit zu beraten: DAN Europe, aquamed und Dive Master Insurance Consultants Ltd (UK).

Das Foto links zeigt die Diskussionsrunde (v.l.n.r.): Dr. Ulrich van Laak, Dr. Anke Fabian, Laura Marroni, Dr. Alessandro Marroni, Sven Aumann, Bob Archell, John Willens.

Foto rechts unten: Dr. Alessandro Marroni (DAN Europe), Bob Archell (Dive Master Insurance Consultants Ltd) und Sven Aumann (aquamed) unterzeichnen am 26.1. 2017 in Düsseldorf die Grundsatzvereinbarung für eine künftig engere Kooperation unter dem Namen "Global Association of Diving Assistance Providers" (GADAP).

(Fotos: Wilhelm Welslau)

Gentner – Partner der Tauchprofis

Anzeige

Chr. Beyer,
B. Kretzschmar,
K. Tetzlaff (Hrsg.)

Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter

- Grundlagen
- Untersuchung
- Ausbildung
- Ausrüstung
- Notfälle

1. Auflage 2017
ISBN 978-3-87247-769-9
gebunden, 192 Seiten
Preis € 49,– / sFr 54,–

Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM)
Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin (ÖGTH) (Hrsg.)

Checkliste Tauch-tauglichkeit

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

2., vollständig überarbeitete Auflage 2014
ISBN 978-3-87247-747-7
Gebunden, 384 Seiten
€ 40,– ; sFr 50,–

Hubertus Bartmann
Claus-Martin Muth (Hrsg.)

Notfallmanager Tauchunfall

- Praxishandbuch für Taucher Tauchmediziner Rettungsdienste

4. vollst. überarbeitete Auflage 2012
ISBN 978-3-87247-746-0
Gebunden, Taschenbuchformat
vierfarbig, 456 Seiten,
Preis € 40,– ; sFr 50,–

Ch. Klingmann
K. Tetzlaff (Hrsg.)

Moderne Tauchmedizin

- Handbuch für Tauchlehrer, Taucher und Ärzte

2. vollst. überarb. Auflage2012
ISBN 978-3-87247-777-4
848 Seiten
Preis € 65,–

Chr. Beyer, B. Kretzschmar,
K. Tetzlaff (Hrsg.)

Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter

1. Auflage 2017
ISBN 978-3-87247-774-3
192 Seiten
Preis € 49,–

Grundlagen – Vorbeugung – Diagnose – Therapie
Management – Ausrüstung – Rettung

Gentner Verlag

Gentner Verlag • Buchservice Medizin
Postfach 101742 • 70015 Stuttgart
Tel. 0711/63672-925 • Fax 0711/6672-1974
buch@gentner.de • www.asu-arbeitsmedizin.com/buecher • www.tauchmed.com

Mehr Informationen und versandkostenfrei online bestellen:

Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter

AUTOR

Oliver Müller
Vivantes Klinikum im Friedrichshain
Zentrum für Sauerstoff-therapie und Tauchmedizin

Matthiasstr. 7
10249 Berlin

Buchbesprechung

Kinder und Jugendliche sind längst keine Ausnahme im Tauchsport mehr. Sie stellen jedoch Ärzte, Eltern, Betreuer und Ausbilder vor eine besondere Herausforderung. Das im Dezember 2016 in der ersten Auflage im Gentner-Verlag erschienene Buch „Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter“, herausgegeben von Christian Beyer, Benno Kretzschmar und Kay Tetzlaff unter Mitwirkung von ausgewiesenen Experten der Tauchmedizin aus Deutschland und Österreich, richtet sich an genau diesen Leserkreis.

In insgesamt 18 Kapiteln werden allgemeine Themen rund um das Tauchen, Ausbildungs- und Ausrüstungsaspekte sowie tauchmedizinische Besonderheiten übersichtlich und in einer leicht verständlichen Weise dargestellt. Konzeptionell ist das Buch in zwei Themengebiete gegliedert.

Im allgemeineren Teil werden neben einem kurzen Ausflug in die Geschichte des Tauchens tauchmedizinische Grundlagen gestreift und umfassend die Besonderheiten der Entwicklung von Kindern und Jugendlichen besprochen.

Die Autoren geben hier auch einen Überblick über die Tauchausbildung von Kindern sowie die Besonderheiten einer geeigneten, altersgerechten Taucherausrüstung. Abgerundet wird dieser Teil des Buches durch ein den Eltern gewidmetes Kapitel, in dem auch nicht selbst tauchende Eltern praktische Hinweise für die Begleitung ihrer (künftig) tauchenden Kinder erhalten.

Der spezielle Teil des Buches, die tauchmedizinische Untersuchung des Kindes, widmet sich in der aus der „Erwachsenentauchmedizin“ in vergleichbarer Literatur bewährten, nach Organsystemen gegliederten Weise, den eigentlichen Besonderheiten der tauchmedizinischen Bewertung von Kindern und Jugendlichen. Nicht nur der Tauchmediziner findet in den folgenden Kapiteln wertvolle Hinweise für Bewertung von Erkrankungen und deren Bedeutung für die Empfehlung einer Tauchtauglichkeit.

Eingeleitet wird dieser Abschnitt durch eine zusammenfassende Darstellung von Besonderheiten der tauchsportärztlichen Untersuchung, die auch dem sonst im Umgang mit dieser Altersgruppe weniger Erfahrenen eine strukturierte Hilfestellung mit den Besonderheiten zur Untersuchung an die Hand gibt. Sehr hilfreich ist hier die Vorstellung eines speziell für Kinder und Jugendliche entwickelten Anamnese- und Untersuchungsbogens.

In insgesamt acht Kapiteln werden die Untersuchungsschwerpunkte der wichtigsten Organsysteme

altersbezogen von ausgewiesenen tauchmedizinischen Experten gut verständlich erläutert. Besondere medizinische Probleme wie zum Beispiel Diabetes im Jugendalter oder Tauchen mit Medikamenten werden in separaten Kapiteln erörtert. Ein eigenes Kapitel widmet sich notfallmedizinischen Situationen und der Ersten Hilfe bei Unfällen im Zusammenhang mit dem Tauchsport.

Im Anhang des Buches wird für jedes Kapitel aktuelle, fachspezifische Literatur zusammengestellt und bietet so dem interessierten Leser zusätzlichen Lesestoff. Eine Auswahl von Perzentilenkurven, nützlichen Adressen im WWW sowie die „Eisenacher Erklärung“ zum Tauchen für Kinder und Jugendliche, vervollständigen die Sammlung an weiterführender Sekundärliteratur.

Mein persönliches Fazit: „Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter“ ist ein informatives und hilfreiches Buch für jeden Leser, der speziell in dieser Altersgruppe nach Informationen rund um das Tauchen sucht. Den Autoren gelingt es dabei, kompetent Mediziner und ebenso gut verständlich auch Laien anzusprechen. Die in dieser Art bislang nicht verfügbare Auswahl aktueller Informationen rund um das Tauchen mit Kindern und Jugendlichen ist eine klare Empfehlung für jede tauchmedizinische Bibliothek.

Oliver Müller

„Moderne Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter“, 196 Seiten, 1. Auflage, erschienen im Gentner Verlag, Stuttgart (2017), ISBN 978-3872477699, ist im Handel zum Preis von 49,00 € erhältlich.

14. Wissenschaftliche Tagung der GTÜM 2017

Die 14. Wissenschaftliche Tagung der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin findet vom 04.-05.11.2017 in der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) statt.

Hier wurde im November 1978 das erste Symposium für Tauchmedizin veranstaltet, welches Gründungsanlass und -ort für die GTÜM wurde. In der Folge wurden in Hannover bis 1990 weitere Symposien durchgeführt. Die Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin der MHH hat diese Tradition seit 2010 mit einem jährlichen „Symposium für Tauchmedizin" fortgesetzt und bietet die idealen Voraussetzungen für einen wissenschaftlichen Kongress.

Die 14. Wissenschaftliche Tagung der GTÜM wird tauch- und hyperbarmedizinische Fortbildung, Wissenschaft und Diskussionen präsentieren. Die Themen werden in verschiedenen Vortragsformen angeboten. Zusätzlich integrieren Workshops sowohl notfall- und tauchmedizinische Inhalte als auch tauchpraktische Aspekte.

Zudem können aktuelle Themen und wissenschaftliche Arbeiten als Abstract dargestellt und diskutiert werden.

Ein weiterer Höhepunkt der Wissenschaftlichen Tagung 2017 ist der Samstagabend im Erlebniszoo Hannover. In dem Schiffsrumpf der „Yukon Queen" findet ein einmaliges Get-Together unter Wasser statt.

Bitte planen Sie den 04.-05.11.2017 in Ihrem Terminkalender ein und besuchen Sie Hannover!

Weitere Ankündigungen finden Sie unter www.gtuem2017.de

Dr. Karin Hasmiller - Präsidentin der GTÜM
Dr. Björn Jüttner - Tagungsleitung

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. med. Björn Jüttner, M.A.
Medizinische Hochschule Hannover
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Carl-Neuberg-Str. 1
30625 Hannover
juettner.bjoern@mh-hannover.de

Call for Abstracts

Alle Teilnehmer der 14. Wissenschaftlichen Tagung der GTÜM 2017, Taucher, Ärzte und Wissenschaftler sind herzlich eingeladen Abstracts (z.B. Fallvorstellungen, Studienergebnisse, Erfahrungsberichte) einzureichen. Die Präsentation der Abstracts findet als Posterausstellung während der gesamten Tagung statt. Eine Postersession ist für den Samstag 04.11.2017 von 12:30-13:30 Uhr geplant.

Die angenommenen Abstracts werden im Publikationsorgan CAISSON der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. zitierfähig veröffentlicht.

Alle Erstautoren erhalten freien Eintritt zu der Tagung.

Richtlinien für die Abstract-Einreichung

- Hinweise für die Abstract-Einreichung: www.gtuem2017.de
- Annahmeschluss ist am 31.07.2017.
- Kategorien: Hyperbarmedizin, Tauchmedizin, Tauchpraxis
- Sprache: Deutsch
- Max. Anzahl der Wörter: 300
- Postergröße: DIN A0
- Aus Gründen der Übersichtlichkeit bitten wir um Gliederung in folgende Bereiche:
  - Titel
  - Fragestellung
  - Methodik
  - Ergebnis
  - Schlussfolgerung

14. Wissenschaftliche Tagung der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin

Symposium für Tauchmedizin in Hannover

Gold-Sponsoren:

DAN
DIVERS ALERT NETWORK EUROPE

GETINGE GROUP

Silber-Sponsoren:

aquamed

www.hauxlifesupport.de

04.-05. November 2017

MHH Medizinische Hochschule Hannover

Information und Anmeldung:
www.gtuem2017.de

Print-Sponsoring:

Gentner Verlag

ERLEBNIS ZOO HANNOVER

Veranstalter:
Förderverein AINSplus Hannover e.V.
Carl-Neuberg-Str. 1
30625 Hannover

AINS+ e.V.

Veranstaltungen der Fachgesellschaften

XIX International Congress on Hyperbaric Medicine

Termin: 11. - 14. Mai 2017
Tagungsort: Belgrad, Serbien
Nähere Auskünfte: www.ichm2017.com
Email: office@ichm2017.com

Anerkannt als Kongress für GTÜM- und ÖGTH-Diplome IIb und III

SPUMS 46th ASM 2017

Termin: 21. - 27. Mai 2017
Tagungsort: Rama Candidasa Resort, Bali, Indonesien
Zielgruppe: Apnoisten, Tauchmediziner und Interessierte
Nähere Auskünfte: South Pacific Underwater Medicine Society
www.spums.org.au/annual-scientific-meeting/2017-46th-annual-scientific-meeting
asm2017@spums.org.au

Anerkannt mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa & als Kongress für Diplome IIb und III

UHMS Annual Scientific Meeting 2017

Termin: 29. Juni - 01. Juli 2017
Tagungsort: Naples, Florida

Nähere Auskünfte: www.uhms.org/annual-scientific-meeting/registration.html

Anerkannt mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa & als Kongress für Diplome IIb und III

43nd Annual Scientific Meeting of the European Underwater and Baromedical Society (EUBS) Ravenna, Italien

Termin: 13. - 16. September 2017
Nähere Auskünfte: www.eubs2017.org
info@eubs2017.org

Anerkannt mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa & als Kongress für Diplome IIb und III

Kursangebote

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@gmx.net. 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: gtuem@gtuem.org.
Das 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 finden Sie in der Weiterbildungsordnung der GTÜM. Die Red.

Universität Düsseldorf

Kontakt: Institut für 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: 16 UE-Refresher für GTÜM-Diplome I und IIa
Termin: 19.05. - 20.05.2017
Ort: Düsseldorf

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 17.11. - 19.11.2017
Ort: Düsseldorf

HBO-Zentrum Euregio Aachen

Kontakt: HBO-Zentrum Euregio Aachen
Kackertstr. 11
52072 Aachen
Tel.: +49 (0)241 84044
Fax: +49 (0)241 8793494
Mobil: +49 (0)157 50180584
j.glaetzer@hbo-aachen.de
www.hbo-aachen.de

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Tauchmedizin
Termin: 13.07. - 16.07.2017 (Teil 1) und 27.07. - 30.07.2017 (Teil 2)
Ort: Aachen

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 17.11. - 19.11.2017
Ort: Aachen

Universität Ulm

Kontakt: Akademie für Wissenschaft
Wirtschaft und Technik an der
Universität Ulm e. V.
Frau Viola Lehmann
Tel. +49 (0)731/50 25266
Fax: +49 (0)731/50 25265
www.uni-ulm.de/akademie

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 19.05. - 21.05.2017
Ort: Ulm

BG Klinikum Murnau

Kontakt: BG Klinikum Murnau gGmbH
Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Druckkammerzentrum-HBO
Postfach 1431
D-82418 Murnau am Staffelsee
Oberarzt Dr. med. Holger Schöppenthau (Kursleitung)
Tel.: 0 88 41/48 27 09 (Sekretariat)
Fax: 0 88 41/48 22 66
holger.schoeppenthau@bgu-murnau.de
www.bgu-murnau.de/behandlungsspektrum/anaesthesie-intensivmedizin-schmerzmedizin/druckkammer/ausbildungskurse-fuer-aerzte/

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Taucherarzt
Dieser Kurs wird in Kooperation mit den Tirol-Kliniken Innsbruck angeboten
Nähere Infos und Anmeldung unter Tirol-Kliniken Innsbruck

Thema: GTÜM-Kurs IIb - Druckkammerarzt
Termin: 13.-22.10.2017
Ort: Murnau

Kursangebote

St. Josef Klinik Regensburg

Kontakt: Caritas-Krankenhaus St. Josef
Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin
Landshuter Str. 65
93053 Regensburg
Tel: 0941-782-3610
Fax: 0941-782-3615
anaesthesiologie@caritasstjosef.de
http://hyperbarmedizin-regensburg.com

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 26.05. - 28.05.2017
Ort: Regensburg

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Taucherarzt
Termin: 01.10. - 06.10.2017
Ort: Regensburg

taucherarzt.at – Wien

Kontakt: Dr. Wilhelm Welslau
Seeböckgasse 17/2
A–1160 Wien
Tel.: +43 (699) 18 44–23 90
taucherarzt.at@gmx.at
www.taucherarzt.at

Thema: ÖGTH- & GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 28.04. - 01.05.2017
Ort: Wien

Thema: ÖGTH & GTÜM-Kurs IIa - Taucherarzt
Termin: 21.-24.09..09.2017 (Teil 1)
& 07.-10.12.2017 (Teil 2)
Ort: Weyregg/Attersee (Teil 1) & Wien (Teil 2)

Thema: Tauchmedizin-Workshop
(incl. 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa)
Termin: 06.04. - 14.04.2018
Ort: Malediven, M/S Nautilus Two

Thema: Tauchmedizin-Workshop
(incl. 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa)
Termin: 14.04. - 22.04.2018
Ort: Malediven, M/S Nautilus Two

Tirol-Kliniken Innsbruck

Kontakt: Universitätsklinik für Innere Medizin I Innsbruck
Gemeinsame Einrichtung für internistische Notfall- und Intensivmedizin
Anichstraße 35
6020 Innsbruck
Oberarzt Dr. Frank Hartig (Kursleitung)
Tel: 0512-504-81401 od. 0676-3417963
Fax: 0512-504-7057
frank.hartig@tirol-kliniken.at
www.tauchmedizin-tirol.com/kurse

Thema: ÖGTH & GTÜM-Kurs IIa - Taucherarzt
Termin: 23.-26.03.2017 (Teil 1)
& 22.-25.06.2017 (Teil 2)
Ort: Innsbruck (Teil 1) & Murnau (Teil 2)

Santa Ponsa, Mallorca

Kontakt: Dr. Wolfgang Hühn, Gunter Schendel
Tel: +49 (172) 3838656
seminar@tauchfreunde-lahndill.de

Thema: 16 UE-Refresher für GTÜM-Diplome I und IIa
Termin: 22.10. - 29.10.2017
Ort: Santa Ponsa, Mallorca

Zertifizierte Veranstaltungen

13. Intensivseminar Tauchunfall

Termin: 12. - 13. Mai 2017
Tagungsort: Regensburg
Veranstalter: Hubertus Bartmann
Nähere Auskünfte: tauch@t-online.de, www.tauch-unfall.de
anerkannt mit 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa

Interdisziplinärer Lehrgang für Arbeits- u. Tauchmediziner, Taucher (BOS)

Termin: 28.08. - 01.09.2017
Tagungsort: Percha (Starnberger See)
Veranstalter: Hubertus Bartmann
Nähere Auskünfte: tauch@t-online.de, www.tauch-unfall.de
anerkannt mit 16 UE (Modul A) + 16 UE (Modul B) + 8 UE (Modul C)

20-jähriges Jubiläum des Druckkammerzentrum Wiesbaden

Termin: 02.02.2018 Tag der offenen Tür mit Vorträgen
03.02.2018 Vorträge mit Schwerpunkt HBO-Therapie
04.02.2018 Vortrag mit Schwerpunkt Tauchmedizin
Tagungsort: Wiesbaden
Nähere Auskünfte: Druckkammerzentrum Wiesbaden, www.tauchmedizin-seminar.de
Anerkennung für GTÜM-Diplome wird beantragt

hBo Hyperbare Oxigenation

17.Tauchmedizinisches Seminar Mallorca

vom 22.10. bis 29.10. 2017

Ort: **Hotel Bahia del Sol;Tauchbasis ZOEA; Santa Ponsa**

Lehrgangsleitung: **Dr. Wolfgang Hühn (Diving & Hyperbaric Medicine Consultant (GTÜM e.V.))**

Nähere Auskünfte: **Gunter Schendel, seminar@tauchfreunde-lahndill.de Tel: +49 172 3838656**

Zertifizierung: **16 GTÜM-Refresherpunkte, 71 CME- Punkte (LÄKH 2017)**

Leistungspaket: **Lehrgangs- und Zertifizierungsgebühr, Tauchen, Flug, Übernachtung/Frühstück, Mittagsverpflegung, Seminargetränke Flughafentransfer, Inseltransfers (Gesamtkosten: ca. 2.500.-€)**

Kontaktadressen GTÜM

Stand 21.04.2017

Engerer Vorstand

Präsidentin

Dr. med. Karin Hasmiller
Anästhesistin
BG – Unfallklinik Murnau
Prof. Küntscherstraße 8
D-82418 Murnau
Tel.: +49 (0)88 41-48 2709
k.hasmiller@gtuem.org

Vize-Präsident

FLA Prof. Dr. Andreas Koch
Sektion Maritime Medizin am Inst.
für Experim. Medizin des UKSH
Christian-Albrechts-Univ. zu Kiel
c/o Schifffahrtmed. Inst. d. Marine
Kopperpahler Allee 120
D-24119 Kronshagen
Tel.: +49 (0)431-5409/1503
a.koch@gtuem.org

Sekretär

Prof. Dr. med. Kay Tetzlaff
Internist/Pneumologie
Medizinische Klinik,
Abteilung Sportmedizin
Universitätsklinikum Tübingen
Hoppe-Seyler-Straße 6
D-72076 Tübingen
Tel.: +49 (0)151-15 02 17 84
k.tetzlaff@gtuem.org

Schatzmeister

Dr. med. Lars Eichhorn
Klinik f. FA Anästhesie und
Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Straße 25
D-53127 Bonn
Tel.: +49 (0)171-233 6037
l.eichhorn@gtuem.org

Erweiterter Vorstand

Redakteur CAISSON

Dr. med. Wilhelm Welslau
Arbeitsmediziner
Seeböckgasse 17
A-1160 Wien
Tel.: +43 (699)18 44-23 90
Fax: +43 (1)944-23 90
caisson@gmx.net

Beisitzer

Dr. med. Christian Beyer
Facharzt f. Kinder-Jugendmedizin
Wandsbecker Marktstraße 69-71
D-22041 Hamburg
Tel.: +49 (0)40-682400
Fax: +49 (0)40-685520
c.beyer@gtuem.org

Dr. med. Andreas Fichtner, MME
Klinik f. Anästhesiologie u. Intensivtherapie
Klinikum Chemnitz gGmbH
Flemmingstraße 2
D-09116 Chemnitz
Tel.: +49 (0)3 71-333333 72
a.fichtner@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)6 11-84 72 7170
d.michaelis@gtuem.org

Oliver Müller
Anästhesist
Vivantes Klinikum im Friedrichshain
Landsberger Allee 49
D-10249 Berlin
Tel.: +49 (0)30-130231570
o.mueller@gtuem.org

Prof. Dr. med. Claus-Martin Muth
Leiter der Sektion Notfallmedizin
Universitätsklinikum Ulm
Prittwitzstraße 43
D-89075 Ulm
Tel.: +49 (0)731-5006 0140
Fax: +49 (0)731-50 06 0142
c.muth@gtuem.org

Vorsitzender des VDD e.V.

Dr. med. Christian Oest
Leitender Arzt Druckkammerzentrum
Heidelberg
Vangerowstr. 18/1
69115 Heidelberg
Tel.: +49 (0)6221-602653
Fax: +49 (0)6221-602655
geschaeftsstelle@vdd-hbo.de

Ansprechpartner

Geschäftsstelle GTÜM

Susanne Keller
BG-Unfallklinik Murnau
Prof. Küntscherstraße 8
D-82418 Murnau
Tel.: +49 (0)88 41-48 2167
Fax: +49 (0)88 41-48 2166
gtuem@gtuem.org
Sprechzeit dienstags 9 - 11 Uhr

Druckkammer-Liste

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

Forschung

Prof. Dr. med. Andreas Koch (s.o.)

Leitlinien-Beauftragter

PD Dr. med. Björn Jüttner (s.o.)

Literatur-Datenbank

Prof. Dr. Jochen D Schipke
Wildenbruchstraße 10
D-40545 Düsseldorf
Tel.: +49 (0)211-579994
j.schipke@gmx.org

Recht

Benno Scharpenberg
Präsident des Finanzgerichts Köln
Brandenburger Straße 11
D-41539 Dormagen
Tel.: +49 (0)171-748 35 13
b.scharpenberg@gtuem.org

Taucherarzt-Liste

gtuem@gtuem.org

Tauchmedizin

Prof. Dr. med. Kay Tetzlaff (s.o.)
Dr. med. Christian Beyer (s.o.)
(Dr. Beyer nur für Kinder und
Jugendliche)

Webmaster

Müller, Oliver (s.o.)

Weiterbildung

Dr. med. Andreas Fichtner (s.o.)
(Erstdiplome)
Dr. med. Dirk Michaelis (s.o.)
(Verlängerungen)
Prof. Dr. Claus-Martin Muth (s.o.)
(Veranstaltungen/Kurse)

Anzeige

Anzeige

taucherarzt.at

Ausbildung & Refresher-Kurse

Tauchmedizin-Ausbildung seit 2004 mit internationaler Anerkennung

Praxis Attersee (Kurs IIa)

Druckkammer (Refresher, Malediven)

Refresher, Nautilus Two, Notfallübung

unsere nächsten Termine

Kurs I Tauchtauglichkeits-Untersuchungen: Wien 28.4.-1.5.2017
Kurs IIa Tauchmedizin: Weyregg/Attersee (Teil 1) 21.-24.9.2017 & Wien (Teil 2) 7.-10.2017
Tauchmedizin-Workshop: Malediven, Nautilus Two 6.-14.4.2018
Tauchmedizin-Workshop: Malediven, Nautilus Two 14.-22.4.2018

Einzelheiten & aktuelle Kurse: **www.taucherarzt.at**. Fragen bitte an: **taucherarzt.at@gmx.at**
Kursankündigungen auch auf: **www.gtuem.org** (GTÜM) und **www.oegth.a**t (ÖGTH)

über 50 Kurse in den letzten 14 Jahren. Deutschland, Österreich, Thailand, Malediven > 900 Absolventen aus: Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien, Luxemburg, Niederlande, GB, Malediven, Thailand...

Leitung: **Wilhelm Welslau**, Taucherarzt seit 1988, Tauchmedizin-Kurse seit 1992, Diving & Hyperbaric Medicine Consultant seit 2002, Member of EDTC/ECHM Joint Educational Committee seit 2009.

Referenten (v.l.n.r): Wilhelm **Welslau**, R. **Prohaska** (ÖGTH-Präsidentin), U. **van Laak** (Direktor DAN Europe D, A und H), A. **Salm** (Physiker, Dekompressionsspezialist), F. **Hartig**, (TecDive-Experte, diving-concepts.at), P. **Kemetzhofer** (notfallmedizin.or.at), A. **Männer** (ehem. Berufstauchfirma Nautilus, www.nautilus-two.at)

Als Experten verfügen alle Referenten über **große praktische Erfahrung** in ihren Fachbereichen: Tauchtauglichkeit, Tauchen mit Handicap, Tauchunfall-Behandlung, Tec. Tauchen, Apnoe, Forschungstauchen, Berufstauchen, Druckluftarbeit, HBO-Therapie, Druckkammer-Technik und Notfallmedizin. **Zu Spezialthemen laden wir jeweils weitere Experten ein.**

caisson
Vorstand der GTÜM - BG Unfallklinik Murnau
Prof. Küntscher-Straße 8 | 82418 Murnau
PVSt, Deutsche Post AG, Entgelt bezahlt, Z K Z 62369

14. Wissenschaftliche Tagung der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin

Symposium für Tauchmedizin in Hannover

Gold-Sponsoren:

DAN DIVERS ALERT NETWORK EUROPE

GETINGE GROUP

Silber-Sponsoren:

aquamed

www.hauxlifesupport.de

04.-05. November 2017

MHH Medizinische Hochschule Hannover

Information und Anmeldung:
www.gtuem2017.de

Print-Sponsoring:

Gentner Verlag

Veranstalter:
Förderverein AINSplus Hannover e.V.
Carl-Neuberg-Str. 1
30625 Hannover
AINS+ e.V.