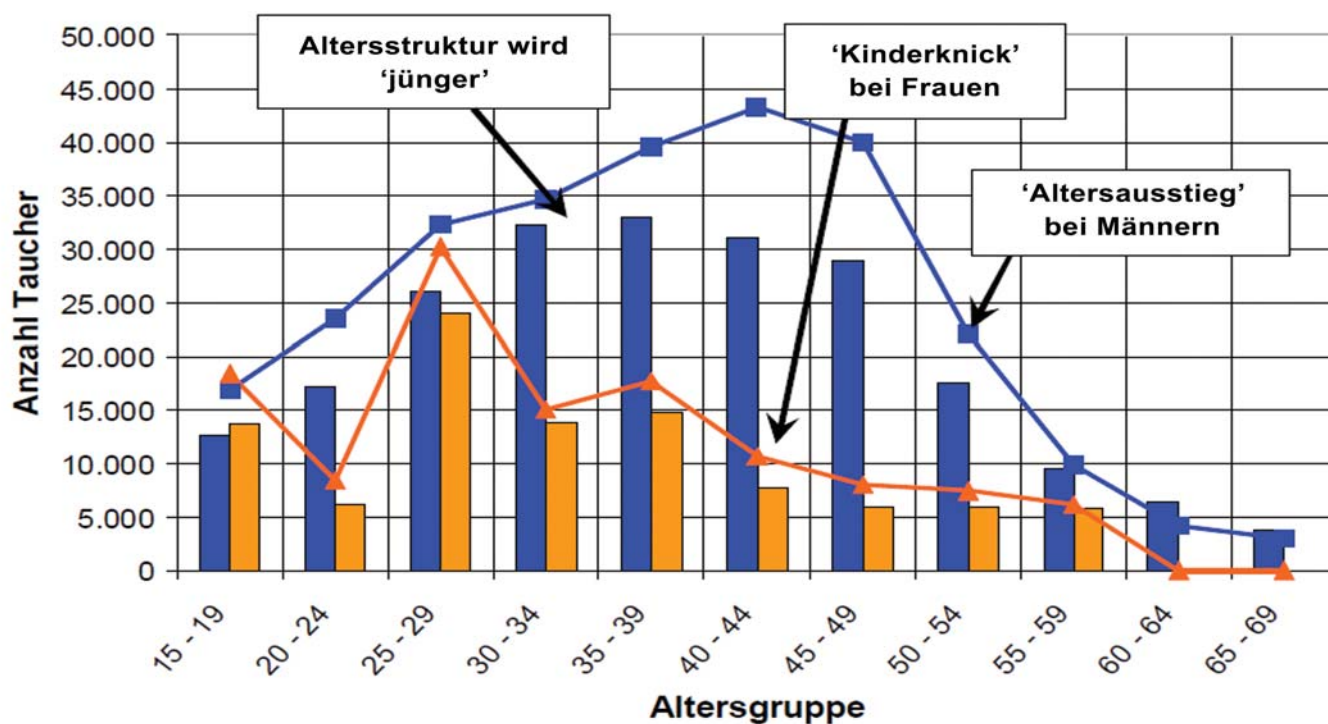




**Tauchen: Prognosen/Probleme 2009 – 2030**



**Zum Titelbild:** Der Tauchsport-Industrieverband sagt voraus, dass in den nächsten beiden Jahrzehnten die Anzahl der Taucher abnehmen wird, dass die Taucher jünger werden, und dass Frauen aus dem Tauchen aussteigen und auch nicht wieder einsteigen, nachdem sie Kinder bekommen haben.

Hintergrundfoto auf der Titelseite: ©Tourism Authority of Thailand; <http://www.tourismthailand.org/multimedia/media/photos/>

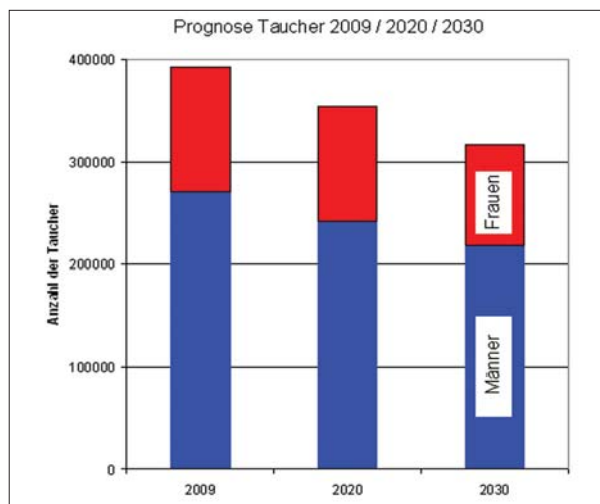
## Gerätetauchen: Was bringt die Zukunft?

JD Schipke

### Gegenwart

Im Auftrag des Tauchsport-Industrieverbandes beantworteten Tauchsportler Fragebögen in ausgewählten Tauchsport-Shops oder im Internet. Bis Oktober 2009 liefen 243 bzw. 629 Fragebögen zurück (zus. 872). Aus den Daten wurde auf reale Bestandszahlen hochgerechnet. Basisdaten für die Hochrechnung waren:

- Es wird zwischen 'Intensivtauchern' (mit eigener Ausrüstung) und 'Gelegenheitstauchern' (ohne eigene Ausrüstung) unterschieden.
- Es gibt ca. 190.000 Intensivtaucher und 230.000 Gelegenheitstaucher: ca. 420.000 aktive Taucher.
- Weltweit ca. 39.000 neue deutsche Taucher/Jahr.
- Der Gesamtumsatz an Tauchsportbedarf in Deutschland liegt bei ca. 85.000.000 €/Jahr.



### Zukunft

Das Statistische Bundesamt macht für die Jahre 2020 und 2030 folgende Prognosen:

- Aus den vorliegenden Daten sind grundlegende strukturelle Probleme, z.B. ein nachlassendes Interesse jüngerer Jahrgänge, nicht zu erkennen: Tauchen ist eine etablierte Sportart.
- Aufgrund des allgemeinen demographischen Wandels (bei unverändertem Interesse am Tauchen) wird die Anzahl der (aktiven) Taucher um ca. 10 % pro Jahrzehnt zurückgehen.
- Durch den Rückgang des heute starken Anteiles der 'geburtstarken Jahrgänge' (40+), wird die Altersstruktur des Tauchsportes zukünftig voraussichtlich 'jünger' werden.
- Zwei altersbedingte Trends sind interessant:
  - ca. 50 % der Frauen ab etwa 30-35 Jahren verlassen den aktiven Tauchsport dann, wenn sie Kinder bekommen und steigen auch später nicht wieder ein.

- Männliche Gelegenheitstaucher ab 50 Jahren und männliche Intensivtaucher ab 55 Jahren geben kurzfristig das Tauchen auf.

### Konsequenzen

**Tauchtauglichkeits-Untersuchung (TTU).** Laut VDST sollten Taucher < 40 Jahren einmal alle zwei Jahre eine TTU durchführen lassen. Das betrifft etwa 260.000 Taucher pro zwei Jahre: 130.000 pro Jahr. Dazu kommen 160.000 Taucher > 40 Jahre, die sich jedes Jahr untersuchen lassen sollten. Es geht also optimistisch um 290.000 TTUs im Jahr.

Der Umsatz mit dem Tauchsportbedarf wird ganz überwiegend durch die 190.000 Intensivtaucher verursacht. Diese Gruppe gibt für ihre Ausrüstung einmalig etwa 2.500.- € aus. Die größte Gruppe innerhalb der Intensivtaucher ist zwischen 40 und 45 Jahre alt, und diese Taucher tauchen im Durchschnitt bereits seit 10 Jahren. Theoretisch gibt diese Gruppe also pro Jahr 250.- € für die eigenen Ausrüstung aus und legt dann weitere 250.- € für laufende Ausgaben nach. Im Vergleich dazu sind die Kosten für die TTU – von der GTÜM werden 70,- bis 82,- € empfohlen – relativ moderat. Diese Aussage wird umso richtiger, wenn man Kosten für die einzelnen Tauchgänge eines Jahres aufaddiert und auch die Kosten für den Tauchurlaub berücksichtigt.

**Druckkammern.** Was mag auf die Druckkammern zukommen? Der VDST mit seinen überwiegend intensiv tauchenden ca. 80.000 Mitgliedern berichtet für das Jahr 2003 von 34 DCS/AGE-Fällen, die in Kammern behandelt wurden. Rechnet man das auf die insgesamt 190.000 Intensivtaucher hoch, dann muss mit etwa 80 DCS/AGE-Fällen gerechnet werden. Das ist vergleichsweise wenig, vergewagt man sich die etwa 50 DC/AGE-Fälle pro Jahr in einer Kammer in Sharm el Sheikh. Von dort wird auch berichtet, dass der Anteil von kammerpflichtigen Unfällen bei Tec-Tauchern zunimmt. Mit mehr Druckkammer-Behandlungen für diese Unfallgruppe ist vermutlich auch in Deutschland zu rechnen.

### Fazit

Tauchen ist eine etablierte Sportart. Dennoch wird die Gemeinde der Taucher vermutlich in den nächsten 20 Jahren parallel zur deutschen Bevölkerung um jährlich 1 % abnehmen. Zur Abnahme schwerer Unfälle kann eine sorgfältige TTU beitragen. Die Versorgung von potentiellen Unfallopfern besonders mit Druckkammern muss gewährleistet sein.

## Editorial

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

### Kongress 2011 in Regensburg

Es war gut! Wir haben zahlreiche positive Rückmeldungen erhalten: zu Referenten und Vorträgen, zur Organisation und zur Atmosphäre. Herzlichen Dank an dieser Stelle noch einmal an alle Mitarbeiter, die diesen schönen Kongress ermöglicht und zu seinem Gelingen beigetragen haben. Mal sehen, wo wir uns in 2014 zum nächsten Tauchmedizin- und HBO-Kongress treffen werden.

### GTÜM-Vollversammlung 2011

Wir haben einen neuen Vorstand! Einige Mitglieder des bisherigen Vorstands stellten sich wieder zu Wahl, einige haben sich aus verschiedenen Gründen einer Wiederwahl nicht mehr gestellt. Die genauen Wahlergebnisse können Sie im Protokoll der Vollversammlung auf S. 42 nachlesen. Unterm Strich sind 4 Mitglieder des alten GTÜM-Vorstands im neuen Vorstand nicht mehr vertreten: PD Dr. Christoph Klingmann, Dr. Hendrik Liedtke, PD Dr. Claus Martin Muth und Dr. Tim Piepho. Allen vieren danke ich an dieser Stelle ganz herzlich für Ihre Arbeit im GTÜM-Vorstand in den letzten Jahren.

Begrüßen dürfen wir im neuen Vorstand vier KollegInnen, die ich nun kurz vorstellen möchte:



**PD Dr. med. Andreas Koch** ist neuer Sekretär der Gesellschaft. Er ist Internist und arbeitet in der Forschung im Bereich medizinische Tauchsicherheit mit den Schwerpunkten: oxidativer Stress bei Hyperoxie, Physiologie des Tauchens, und PFO und Tauchen. Er leitet die Sektion 'Maritime

Medizin' am Institut für Experimentelle Medizin der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel c/o Schiff-fahrtmedizinisches Institut der Marine.

Andreas Koch löst Dr. med. Peter HJ Müller als Sekretär der GTÜM ab. Peter Müller wurde in Regensburg zum Vizepräsidenten gewählt. Er löst damit Dr. Jochen Freier ab, welcher der GTÜM



weiterhin als Beisitzer im Vorstand zur Verfügung steht. Die übrigen beiden Positionen des engeren Vorstandes blieben unverändert: Dr. Wilhelm Welslau Präsident und Dr. Karin Hasmler Schatzmeisterin.



Drei weitere personelle Veränderungen gab es bei den Beisitzern im GTÜM-Vorstand: **Dr. med. Diane Amelunxen** ist Chirurgin und Oberstabsärztin in der Marine. Derzeit ist sie in der Imlandklinik Rendsburg in der 'zivilen Weiterbildung'. Außerhalb der Bundeswehr, in der sie seit

1994 tätig ist, taucht sie in der Tauchereinsatzstaffel des ASB in Kiel als Einsatztaucherin und ist entsprechend dort auch als betreuende Taucherärztin tätig.



**PD Dr. med. Björn Jüttner** ist Anästhesist und Oberarzt in der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin an der Medizinischen Hochschule Hannover. Er beschäftigt sich intensiv mit den Themen Tauchmedizin und Risikomanagement.



**Dr. med. Dirk Michaelis** ist Anästhesist und Betriebswirt. Er ist Ärztlicher Leiter der Druckkammerzentren Rhein-Main-Taunus und Oberarzt der Asklepios Paulinen Klinik in Wiesbaden. Alle neuen Vorstandsmitglieder heiße ich herzlich im GTÜM-Vorstand willkommen!



Auf seiner ersten Sitzung in neuer Zusammensetzung beschloss der Vorstand, die bisherigen ‚Ausschüsse‘ mit ihren fixen Aufgabengebieten aufzulösen. Stattdessen werden anstehende Aufgaben künftig an einzelne oder mehrere Vorstandsmitglieder und/oder externe Mitarbeiter vergeben. Wer im GTÜM-Vorstand für Sie als Ansprechpartner für bestimmte Aufgabenbereiche zur Verfügung steht, entnehmen Sie bitte der Auflistung auf S. 49, danke. Sollten Sie unsicher sein, an wen Sie Ihr Anliegen richten sollen, wenden Sie sich bitte an Frau Hausmann in der Geschäftsstelle oder direkt an mich.

**Dr. med. Oskar F. Ehm †**

Am 27. April 2011 verstarb Dr. O. F. Ehm im Alter von 91 Jahren in Heidelberg. Dr. med. Oskar F. Ehm war Gründungsmitglied der GTÜM und Begründer unserer Mitgliederzeitschrift CAISSON. Er war von 1990 bis 1993 Präsident unserer Fachgesellschaft und seit einigen Jahren Ehrenmitglied. Die GTÜM verliert mit ihm einen großen Felsentauchmedizinischen Urgesteins. Ohne ihn hätte sich vieles in der deutschen Tauchmedizin anderes entwickelt.

Persönlich kenne ich O.F. Ehm durch sein Standardwerk der deutschsprachigen Tauchmedizin ‚Tauchen – noch sicherer‘ (besser bekannt als ‚der Ehm‘) seit meinen taucherischen Anfängen 1977. Von dort bis zu meinen eigenen ersten Schritten als Taucherarzt war es noch ein weiter Weg. Schließlich durfte ich Oskar Ehm persönlich kennen lernen und als Mitglied des von ihm geleiteten GTÜM-Ausschuss ‚Tauchtauglichkeit‘ 1989 mit ihm zusammen arbeiten.

Oskar Ehm's Anliegen war eine tauchmedizinische Fachgesellschaft in Deutschland, die aus dem ‚Elfenbeinturm der Wissenschaft‘ austritt und den Dialog zum Taucher pflegt. Ich hoffe, wir sind auf diesem Weg gut unterwegs und halten damit auch Oskar Ehm's Ziel lebendig.

Auf S. 40 finden Sie einen ausführlichen Nachruf auf O.F. Ehm.

Ihr Wilhelm Welslau

## Tauchen

### Lärm im Helm von Berufstauchern

R Paulsen

#### Hintergrund

Berufstaucher, die mit schwerem Tauchgerät Arbeiten mit verschiedenen Werkzeugen ausführen, sind hohen Geräuschpegeln ausgesetzt: (1) Strömungsgeräusche ihrer Luftversorgung, (2) Kommunikation über im Helm eingebaute Lautsprecher und (3) benutzte Werkzeuge.

Messungen zur Belastung durch Strömungsgeräusche und die Kommunikation unter Kupferhelmen wurden bereits 1989 und 1990 durchgeführt. Die am Ohr des Tauchers gemessenen Mittelungspegel lagen bei 97 dB(A). Heute setzt man meist andere Helme ein, und auch bei den Werkzeugen für Unterwasserarbeiten hat es Fortentwicklungen gegeben. Die jetzige Geräuschbelastung sollte durch Messungen ermittelt werden.

#### Aktivitäten

Bei den schweren Helmtauchgeräten erfolgt die Luftversorgung über eine Druckluftleitung von der Oberfläche. Die Tauchgänge werden mit Trockentauchanzügen ausgeführt. Die Lärmbelastung des Tauchers lässt sich naturgemäß nur personengebunden messen. Dazu wurde ein Miniaturmikrofon am Ohreingang fixiert, Verstärker und Messgerät führte der Taucher im Anzug mit. Aufgezeichnet wurden Pegelverlauf und Terzbandspektren mit einer zeitlichen Auflösung von 1 s. Kalibrierungsmessungen wurden im Freien durchgeführt (Abb. 1).



Abb. 1: Taucher bei der Kalibrierungsmessung

R Paulsen

CAISSON 2011;26(2):5-6

Zusätzlich wurden die Geräusche mitgeschnitten, um bei der nachträglichen Auswertung im Labor die Vorgänge besser nachvollziehen zu können. Die Messungen fanden in einem Tauchlehrbecken statt, in dem Taucher mit drei verschiedenen Helmen und jeweils 16 verschiedenen pneumatischen und hydraulischen Werkzeugen unterschiedliche Arbeiten ausführen. Dabei handelte es sich um Abbauhämmer, Bohrhämmer, Bohrmaschinen, Winkelschleifer, Schlagschrauber und Nadelhämmer. Ergänzend wurden auch Geräusche bei Arbeiten mit einem Hochdruckreiniger und mit einem C-Rohr gemessen.



R Paulsen

#### Resultate

Die Strömungsgeräusche der zugeführten Luft ergaben für die Taucher Mittelungspegel von 85 bis 90 dB(A). Bei Einsatz der Werkzeuge erhöhte sich die Geräuschbelastung um bis zu 20 dB(A). Diese hohen Werte wurden insbesondere bei älteren, pneumatisch betriebenen Werkzeugen gemessen. Bei vergleichbaren hydraulischen Werkzeugen lagen die Schalldruckpegel nur bis zu 13 dB(A) höher (Tab. 1).

Einen weiteren Beitrag zur Geräuschbelastung liefert die Kommunikation. Während der Ansprache von außen über die Lautsprecher im Helm wurden Kurzzeitmittelwerte von 108 bis 110 dB(A) gemessen. Mit diesen hohen Werten kann auch die Kommunikation je nach Häufigkeit einen Anteil zur Gesamtbelastung beitragen.

#### Schlussfolgerung

Bei den untersuchten Tätigkeiten wird der obere Auslösewert der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen von 85 dB(A) bei üblichen Arbeitszeiten in jedem Fall überschritten. Deshalb müssen Berufstaucher Gehörschutz tragen. Bei der Gehörschutzauswahl sind die besonderen Arbeitsbedingungen der Taucher (z.B. Druckausgleich, Kommunikation) zu berücksichtigen.

**Tab. 1:** Die Messungen ergaben, dass bei Helmtauchern allein durch die Strömungsgeräusche durch die zugeführte Luft Pegel oberhalb der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen erreicht werden. Beim Einsatz von Werkzeugen und bei der Ansprache von außen werden die Vorgaben der Schutzverordnung deutlich überschritten.

Geräuschquelle	Pegel dB(A)
Strömungsgeräusche der zugeführten Luft	85 bis 90
Werkzeuge, überwiegend pneumatisch	105 bis 110
Werkzeuge, hydraulisch	98 bis 103
Ansprache von außen über Lautsprecher im Helm (Kurzzeitmittelwerte)	108 bis 110
Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen	85 dB(A)

#### Literatur

1. Paulsen R. Lärmbelastung von Berufstauchern. Fortschritte der Akustik 2010. 36. Jahrestagung für Akustik. Berlin 15.-18.3.2010, S. 841-842. Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), Berlin, 2010

weitere Literatur: IFA, Zentralbereich

#### Korrespondenzadresse

Dipl.-Ing. Reimer Paulsen  
Institut für Arbeitsschutz der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin  
ifa@dguv.de

## Mach' mit: mach' Tauchen noch sicherer!

Kurz-Information zum DAN Projekt PDE (Project Dive Exploration)

A Salm

Unter dem Titel PDE sammelt DAN die Tauchgangsdaten von Tauchcomputern. Weltweit können interessierte Taucher die elektronischen Tauchgangsprofile, die ihr Tauchcomputer gespeichert hat, via PC zu DAN schicken. Ziel ist eine bessere Datenbasis für die Berechnung von DCS-Phänomenen. Voraussetzungen: so gut wie keine; JEDER interessierte Taucher kann mitmachen! Nur ist vorher zu prüfen, inwieweit Euer Tauchcomputer und die dazugehörige Logbuchsoftware auf Eurem PC hierfür tauglich ist.

Project Dive Exploration (PDE) is the most extensive study of recreational diving ever conducted. With affiliate programs in Europe and Southeast Asia, DAN's goal is to record more than one million dive profiles to produce statistically accurate analyses of dive profiles, diver characteristics, and diver behavior.

Project Dive Exploration is a prospective observational study of the demographics, medical history,

depth-time exposure, and medical outcome of a sample of the recreational diving population. PDE seeks to estimate the incidence of decompression sickness (DCS) in population subgroups and to investigate the relationship of DCS probability to depth-time profile and dive and diver characteristics. PDE also provides an injury-free control population for comparison with DAN's injury and fatality populations to identify possible risk factors associated with injury and death.



A Salm

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Albrecht Salm  
Obertorstrasse 19, 73728 Esslingen  
director@divetable.de



**Join the Effort: STATE OF PDE 197,778 Dives Collected (April 2011)**

Link zu DAN International und zum PDE: <http://www.dan.org/research/projects/pde/index.asp>

Die Navigation sieht so aus: Medical Research → Current Projects → PDE.

## Tauchtauglichkeit

### Tauchtauglichkeit von Kindern und Jugendlichen: Vorschlag für einen neuen Untersuchungsbogen

C Beyer, B Winkler, CM Muth und K Tetzlaff

Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung von Kindern und Jugendlichen stellt an den Untersucher besondere Anforderungen. Nicht nur der Unterschied zwischen Erwachsenen und Kindern, sondern auch die erheblichen Differenzen innerhalb der Gruppe der Kinder/Jugendlichen z.B. bei der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit sind evident (Hollmann et al.).

So liegt zwischen der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit eines 9-jährigen Kindes und eines 16-jährigen Jugendlichen der Faktor 2.5 (Abb. 1). Zwischen der Erlebniswelt eines 9-jährigen Kindes und eines 16-jährigen Jugendlichen liegen Welten. Innerhalb der Altersgruppen muss zusätzlich die Unterscheidung in 'akzelerierte' und 'retardierte'

Jugendliche erfolgen. So können innerhalb der Gruppe der 10-13-jährigen Kinder Unterschiede der Entwicklung bis zu 3 Jahren bestehen (Abb. 2). Diese Differenzen innerhalb der Altersgruppen und die Unterschiede zum Erwachsenenalter in Bezug auf die körperliche Leistungsfähigkeit und die psychische Erlebniswelt gilt es besonders zu berücksichtigen.

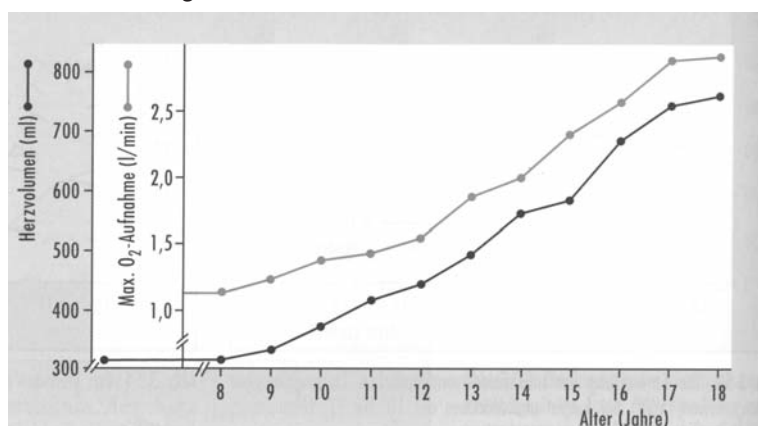


C Beyer

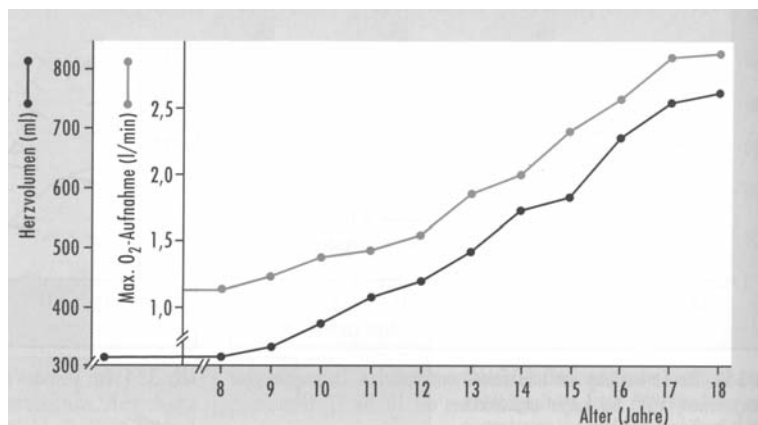
Wir wissen, dass sich in der Pubertät nicht nur der Körper deutlich verändert, sondern auch im Kopf erhebliche Entwicklungsschritte stattfinden. So entwickelt sich ab dem 14. Lebensjahr eine erwachsenenähnliche Risikoeinschätzung, in Extremsituationen aber kommt es oft zu spontanen unüberlegten Entscheidungen (subcortikales limbisches System).

Mancher wird sich fragen, muss denn noch ein Untersuchungsbogen sein? Ja! Wir glauben, dass eine gute Einschätzung der Tauchtauglichkeit in der Gruppe der Kinder und Jugendlichen einen besonderen Untersuchungsgang erfordert. So wird bei dem Anamneseteil gerade dem in der Kinderuntersuchung ungeübten Untersucher eine Liste der wichtigsten Fragen vorgegeben. Auf die gehäuften Infektionen (bei Kindern oft noch nicht ausgereifte Tuba Eustachii), Allergien und der Möglichkeit der Atopie wird eingegangen und dem Untersucher ein differenziertes Bild vermittelt (Alter 8-12 Jahre). Die Basisdaten Größe, Gewicht und BMI werden in speziellen Percentilenkurven auf der Rückseite des Bogens eingetragen und erlauben somit eine Einordnung in normale, retardierte oder akzelerierte körperliche Entwicklung (Abb. 3 und 4).

Für die Zeit des größten Wachstumsschubes (Alter 12-14 Jahre) wird ein ausführlicher orthopädischer Untersuchungsgang

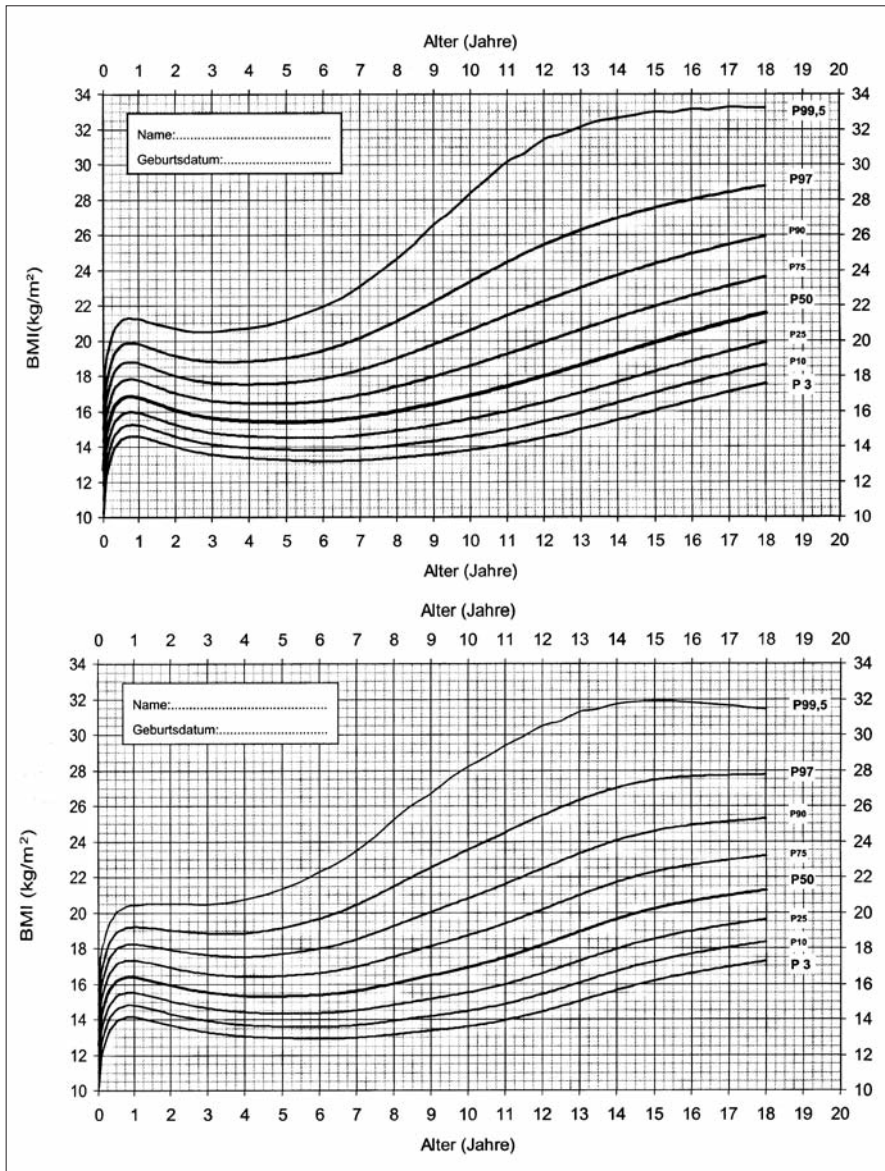


**Abb. 1:** Beziehung zwischen Herzvolumen, maximaler O<sub>2</sub>-Aufnahme und chronologischem Lebensalter bei 8-18jährigen Kindern/Jugendlichen (nach Hoffmann und Bouchard, 1970)



**Abb. 2:** Herzvolumen und maximale O<sub>2</sub>-Aufnahme bei je einem akzelerierten und einem retardierten Kind/Jugendlichen in der Altersgruppe von 8-15 Jahren (nach Hoffmann und Bouchard, 1970)





**Abb. 3:** Bodymaß-Index (BMI) bei Mädchen und Jungen (nach Kromeyer-Hauschild et al. 2001)

angeboten, um z.B. eine Fehlstellung zu erkennen und damit einer Überlastung durch den Tauchsport vorzubeugen (s. CAISSON 3/2007, A Fabian). In der Zeit vom 14.-16. Lebensjahr kann es durch eine fehlende Risikoeinschätzung zu gefährlichen Situationen unter Wasser kommen. Die anamnestischen Fragen ersetzen keinen vollständigen Test, geben aber eine grobe Einschätzung über den geistigen Entwicklungsstand und können so ein Gespräch über die Risiken unter Wasser einleiten.

So entwickelte sich bei Versuchen mit dem neuen Untersuchungsbogen dadurch bereits ein Gespräch über Verantwortung für den Tauchpartner und eigenmächtiges Handeln. Ein erweitertes Bild über die Persönlichkeit des Probanden ist sicher nur in Zusammenarbeit mit dem Tauchausbilder

möglich. Zur Risikobeurteilung trägt auch die ausführliche Familienanamnese bei: So ist ein besonderes Nachfragen des Untersuchers nach z.B. Kardiomyopathien, Marfan-Syndrom oder Long-QT oder Brugada-Syndrom außerordentlich wichtig. Der EKG-Beurteilung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Mit dem Vorschlag für diesen neuen Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche möchten wir auch dem Nicht-Pädiater ein Handwerkszeug in die Hand geben, das eine spezielle Anamnese, eine differenzierte Beurteilung des Entwicklungsstandes und eine ausführliche körperliche Untersuchung enthält. Da der Anamneseteil bereits vor der Untersuchung von Eltern und Kind / Jugendlichen ausgefüllt werden kann, ist der Zeitaufwand nicht wesentlich größer als bei einer ausführlichen Untersuchung von Erwachsenen.

Es wäre wünschenswert, wenn für die sehr spezielle Tauchtauglichkeits-Untersuchung von Kindern und Jugendlichen ein verbindlicher Untersuchungsbogen der GTÜM zur Verfügung stehen würde.

#### Korrespondenzadresse

Dr. med. Christian Beyer  
Wandsbecker Marktstraße 69  
D-22041 Hamburg  
beyer-hamburg@t-online.de

Unter dem folgenden Link können Sie einen von Dr. Beyer erstellten Entwurf für einen neuen 'Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche' herunterladen:

<http://www.gtuem.org/wcms/ftp/g/gtuem.org/uploads/u-bogen-beyer.pdf>



## Buchbesprechung

### ‘Tauchen ohne Angst’ von Monika Rahimi

R Kuffemann



Monika Rahimi  
*TAUCHEN ohne Angst*  
 128 Seiten, 1. Auflage  
 Müller Rüschlikon 2011  
 14,95 €

Das Thema ‘Angst / Angstbewältigung’ war in den Anfängen der Sporttaucherei kein Thema, ist aber mittlerweile bei vielen Verbänden zu einem festen Bestandteil

der Ausbildung geworden und wird in diesem Buch als zentrales Thema aufgegriffen. Die Autorin blickt auf eine über 30-jährige Tätigkeit als Tauchlehrerin in den verschiedensten Gewässern dieser Welt zurück und beschreibt in dem 128-seitigen Werk aus ihrer praktischen Erfahrung heraus Angstsituationen und Lösungsmöglichkeiten. Sie erhebt nach eigenen Worten keinen wissenschaftlichen Anspruch für ihre Arbeit, sondern berichtet aus ihrer Praxis für die Praxis.

Im Wesentlichen beschreibt die Autorin die Atemtechnik -Einatmen-Ausatmen-Pause – und weist auf die Vorteile beim Gerätetauchen, sowohl aus physikalischer, als auch aus atempysiologischer Sicht hin.

Es folgen einige Tipps für Anfänger bei der ersten Benutzung des Atemreglers in der Ausbildung, Hinweise zu entstehenden Angstsituationen, Übungen zum Tarieren und bei der Wechselatmung.

Das Thema Tauchen ohne Maske und Maske-Ausblasen wird über mehrere Seiten beschrieben, hier hat die Autorin ihre eigene Theorie und Ausbildungsmethodik entwickelt.

Unterschiede in der Ausbildung im Süßwasser und im Meer werden gegenübergestellt und die pro- und contra-Punkte dargelegt, die Themen Nachttauchen, Strömungstauchen, Drifttauchen, Höhlentauchen, Wracktauchen, Tieftauchen, Eistauchen und Freitauchen werden in dem Kapitel Tauchen unter besonderen Bedingungen angerissen und unter dem Aspekt Angst beleuchtet.

Die Lebewesen, die unter Wasser als Angstauslöser dienen können, werden auf einigen Seiten beschrieben, ebenso wird das ‘Kindertauchen’ behandelt, und die Autorin gibt ihre Meinung zur Altersgrenze und Tauchtiefe preis. Letztendlich weist sie aber auch darauf hin, dass eine umfangreiche tauchärztliche Untersuchung und eine ebenso um-

fangreiche und von speziell ausgebildeten Tauchern durchgeführte Tauchausbildung von Bedeutung sind.

Dann wendet sich die Autorin in einem speziellen Kapitel an die Tauchausbilder und zeigt auf, wie man den Tauchschülern die richtige Atemtechnik (natürliche Atemtechnik) vermittelt.



R Kuffemann

Unter ‘Pädagogik – die Lehre vom Lehren’ legt sie ihre Auffassung von einem guten Tauchlehrer dar.

Im Kapitel Härte- und Ausdauertraining wird beschrieben, wie und unter welchen Umständen die Autorin mit Anfängern spezielle Übungen (Flasche abdrehen und Maske vom Gesicht reißen) vornimmt. Sie merkt aber selber an, dass diese Dinge umstritten sind. Ebenfalls in diesem Kapitel werden dann die Ursachen und Gründe für Angst und Angststörung angerissen, als Lösung gilt hier der Kernsatz ‘Üben-Üben’ und die Aufforderung an die Ausbilder, einfühlsamer in der Tauchausbildung vorzugehen, um erst gar keine Phobien entstehen zu lassen.

Im Anhang folgt eine fünfseitige Kurzübersicht zu den Themen Boyle-Mariotte’sches Gesetz, Barotraumen, Dekompressionskrankheit.

**Fazit:** Die Inhalte des Buches spiegeln größtenteils Erfahrungen und daraus resultierenden Erkenntnisse der Autorin wider, nur in einigen wenigen Teilaspekten findet man aktuelle und allgemeingültige Lehrmeinungen.

Einzelne Tipps finden sicher bei Tauchanfängern ihre Berechtigung und können hilfreich sein, keineswegs jedoch wird das Thema Angst beim Tauchen umfassend oder von allen Seiten beleuchtet und abschließend bearbeitet. Das war aber offenbar auch nicht die Absicht der Autorin.

Schade ist allerdings, dass es bei der Neuauflage dieses im Jahr 2001 erstmalig erschienen Buches verpasst wurde, dass Werk mit aktuellen Bildern zu illustrieren, denn auf vielen Fotos sind Ausrüstungen abgelichtet, die dem heutigen Standard nicht mehr entsprechen.

**Korrespondenzadresse:**

Reiner Kuffemann, VDST TL4/Instrukteur  
 Kommunikation@TSVNRW.de

## Kommentierte Literatur: Tauchen

### Dominance in cardiac parasympathetic activity during real recreational SCUBA diving

F Chouchou, V Pichot, M Garet, JC Barthélémy, F Roche

*Service de Physiologie Clinique et de l'Exercice, CHU Nord, Saint-Etienne, FR*

**Background.** It was already established that exposure to hyperbaric conditions induces vagal-dependent bradycardia but field study on autonomic nervous system (ANS) activity during self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA) diving is lacking.

**Aim.** The aim of the present study was to evaluate ANS modifications during real recreational SCUBA diving using heart rate variability analysis (time domain, frequency domain and Poincaré plot) in 10 experienced and volunteers recreational divers.

**Results.** Mean RR, root mean square of successive differences of interval (rMSSD), high frequency of spectral analysis and standard deviation 1 of Poincaré Plot increased ( $P < 0.05$ ) during dive. Low frequency / high frequency ratio decreased during dive ( $P < 0.05$ ) but increased after ( $P < 0.05$ ).

**Summary.** Recreational SCUBA diving induced a rise in vagal activity and a decrease in cardiac sympathetic activity. Conversely, sympathetic activity increases ( $P < 0.05$ ) during the recovery.

**Keywords:** SCUBA diving; Autonomic nervous system; Heart rate variability; Fast Fourier Transform

### Dominanz der kardialen parasympathischen Aktivität bei realem SCUBA-Tauchen

**Hintergrund.** Die Exposition gegenüber hyperbaren Bedingungen führt zu einer Vagus-abhängigen Bradykardie. Feldstudien über die Aktivität des Autonomen Nervensystems (ANS) während des SCUBA-Tauchens liegen bisher nicht vor.

**Studienziel.** ANS-Veränderungen während realer Tauchgänge sollten untersucht werden. Für dieses Vorhaben wurde die Herzfrequenz-Variabilitäts-Analyse (Zeit-Bereich; Frequenz-Bereich; Poincaré-Plot) bei 10 freiwilligen SCUBA-Tauchern eingesetzt.

**Ergebnisse.** Das mittlere RR-Intervall, die Wurzel aus dem mittleren Quadrat aufeinanderfolgender Intervall-Differenzen (rMSSD), der Hochfrequenz-Bereich in der Spektral-Analyse und die Standardabweichung 1 des Poincaré-Plots nahmen ( $p < 0,05$ ) während des Tauchganges zu. Das Verhältnis zwischen Niederfrequenz und Hochfrequenz nahm während des Tauchganges ab und nach dem Tauchgang wieder zu (jeweils  $p < 0,05$ ).

**Zusammenfassung.** Während des SCUBA-Tauchens nimmt die vagale Aktivität zu und die kardiale sympathische Aktivität ab. Nach dem SCUBA-Tauchen steigt die sympathische Aktivität an ( $p < 0,05$ ).

**Schlüsselwörter:** SCUBA Tauchen; Autonomes Nervensystem; Herzfrequenz-Variabilität; Fast-Fourier-Transformation; Poincaré-Plot

*Kommentar: JD Schipke*

#### Einleitung

Nach Laborstudien mit Drucklufttauchgerät (DTG) können verschiedene Stimuli beim Tauchen an den kardiovaskulären Adaptationen und besonders an der Modulation des autonomen Nervensystems (ANS) beteiligt sein. Zunächst bringt die Immersion eine Zunahme des zentralen Blutvolumens mit sich

[5,27]. In der Folge kommt es zu einer Zunahme der Herzvolumina, des Schlagvolumens und des Herzzeitvolumens [19,26,34]. Diese Phänomene werden von einer Bradykardie begleitet, die über eine vagale Aktivierung und eine Abnahme der sympathischen Aktivität zustande kommt [21]. Andererseits verursacht kaltes Wasser eine periphere Vasokonstriktion und einen Anstieg des intrathorakalen Blutvolumens [2] und eine Zunahme der sympathischen Aktivität [23]. Zweitens nehmen sowohl der absolute Druck als auch der Sauerstoffpartialdruck während des Tauchens mit Drucklufttauchgerät zu. Die hyperbaren Bedingungen

*F Chouchou, V Pichot, M Garet, JC Barthélémy, F Roche  
Eur J Appl Physiol 2009; 106(3):345-52  
Epub 2009 Mar 11*

CAISSON 2011;26(2):10-17



leisten einen Beitrag zur Bradykardie und zur arteriellen Vasokonstriktion, während die kardialen Volumina und das Schlagvolumen beim Tauchen mit DTG [13,22,24] und Apnoe [17] abnehmen. Nach Lund et al. [15,16] ist eine Zunahme der parasympathischen Aktivität mit einer Abnahme der sympathischen Aktivität bei hyperbaren Bedingungen assoziiert. Andere Faktoren könnten den Umfang dieser Adaptationen des ANS modulieren. Emotionale Faktoren [29,32], der physikalische Trainingszustand oder das Ausmaß der Tauch Erfahrung könnten ebenso zu den kardialen und vaskulären autonomen Funktionen beitragen. Daten im Hinblick auf ANS-Antworten auf reales Tauchen mit DTG gibt es lediglich aus einer Studie im Schwimmbad [33], und es gibt wenige Daten aus Studien in Überdruckkammern [15,16]. ANS-Antworten könnten durch eine Anzahl von Faktoren während des Tauchganges modifiziert werden und eine ANS-Dysfunktion an einigen Tauchunfällen beteiligt sein [18,28].

Nach unserer Kenntnis gibt es keine Evaluation der ANS-Antworten bei gesunden Tauchern während richtiger Tauchgänge mit DTG, und eine solche Evaluation könnte nach Schipke und Pelzer verwendet werden, um Personen zu identifizieren, die möglicherweise einem Risiko unterliegen.

Die Analyse des Frequenzbereiches bei der Herzfrequenz-Variabilität (HRV) ist eine weithin anerkannte, nicht invasive Methode, um die kardiale autonome Funktion zu quantifizieren [1,36]. Mit Hilfe der Fast-Fourier-Transformation ermittelten wir die spektrale Leistungsdichte für die RR-Intervall-Variabilität. Sie reflektiert das gesamte ANS (gesamte Leistung,  $P_{tot}$ ), die parasympathische Aktivität (Hochfrequenz, HF) und die sympathische Aktivität (Verhältnis von Niederfrequenz zu Hochfrequenz, LF / HF). Es wurden auch andere mathematische Methoden benutzt. Zu ihnen zählen der Zeit-Bereich [9] und die Analyse mit Poincaré-Plots [37].

Das Ziel dieser Studie bestand darin, die ANS-Antworten bei realen Freizeittauchgängen mit DTG zu erfassen. Aus früheren Studien [33] entwickelten wir die Hypothese, dass sich während des Tauchens mit DTG eine kardiale parasympathische Aktivität bei gesunden freiwilligen Tauchern entwickeln würde.

## Methoden

**Freiwillige.** Zehn erwachsene Freiwillige (1 Frau) nahmen an der Studie teil. Es handelte sich um erfahrene SCUBA-Taucher ( $228 \pm 590$  Tauchgänge). Das mittlere Alter betrug  $27 \pm 10$  Jahre, die Körpermasse betrug  $73,7 \pm 15,7$  kg, und die mittlere Größe lag bei  $179 \pm 5$  cm. Alle Teilnehmer waren frei von

irgendwelchen bekannten kardialen Abnormalitäten, und keiner von ihnen nahm irgendwelche kardioaktiven Medikamente. Bei den Teilnehmern handelte es sich um Freiwillige. Sie wurden gebeten, keinerlei Medikamente einzunehmen und keinen Alkohol oder Kaffee während des Tauchtages zu sich zu nehmen. Das Einverständnis wurde von jeder einzelnen Person eingeholt. Wir mischten uns in keiner Weise in die individuellen Tauchvorbereitungen und die Anweisungen des Tauchlehrers ein.

**Material.** Die Messungen wurden mit Hilfe eines POLAR-Rekorders ausgeführt. Die Validität dieses Gerätes zur Messung der Herzfrequenz und der Herzfrequenz-Variabilität wurde bereits früher demonstriert [31]. Dieses Gerät gestattet Messungen des RR-Intervalles, ohne die übliche elektrokardiographische Aktivität registrieren zu müssen. Die Abtast-Frequenz lag bei 1.000 Hz. Die Tiefe, die Dauer des Tauchganges und die Wassertemperatur wurden mit Hilfe eines digitalen Tiefendruckmessers (Digital, SCUBAPRO-UWATEC) aufgenommen. Die Messungen wurden zwischen Januar 2006 und März 2007 durchgeführt. Alle zehn Teilnehmer führten Urlaubstauchgänge im Mittelmehr vor der französischen Küste durch. Die mittlere maximale Tiefe lag bei  $19,7 \pm 4,1$  m, die mittlere Wassertemperatur lag bei  $16 \pm 3$  °C, und die mittlere Tauchdauer lag bei  $39,5 \pm 13,7$  min.

Die POLAR-Gürtel wurden angelegt, bevor die Taucher ihre Neopren-Nassanzüge anzogen (ein- oder zweiteilige Nassanzüge, 5-7 mm). Die Taucher trugen Kopfhäuben, Handschuhe und Flossen. Die POLAR-Uhren wurden am rechten Unterarm getragen. Das System gestattete die Messung der RR-Intervalle (RRI). Die Registrierung begann unmittelbar nachdem die Teilnehmer angezogen waren, d.h.  $21,0 \pm 5,0$  min vor dem Tauchgang, und die Registrierungen wurden 30 min nach dem Tauchgang beendet. Während jeder Nicht-Tauch-Periode (= Periode vor und nach dem eigentlichen Tauchgang), saßen die Teilnehmer ruhig in einem Schiff. Sie wurden gebeten, weder zu sprechen noch aufzustehen. Während jedes einzelnen Tauchganges wurden drei Perioden zu 256 Schlägen für die Analyse ausgesucht. Die erste Periode lag unmittelbar nach der Submersion ( $2,2 \pm 3,2$  min), also zu Beginn des Tauchganges (Tauchen 1: T1). Die zweite Periode lag  $11,6 \pm 4,1$  min nach der Submersion (Tauchen 2: T2) und die dritte Periode (Tauchen 3: T3)  $27,6 \pm 10,6$  min nach Submersion. Die Tauchplätze waren bekannt und ohne Strömung. Wenn sich allerdings während des Tauchganges Strömung bildete, dann wurden der Tauchgang und die Folgeregistrierung gelöscht, weil die Unterwasseraktivität nicht mehr für einen normalen Tauchgang repräsentativ war.

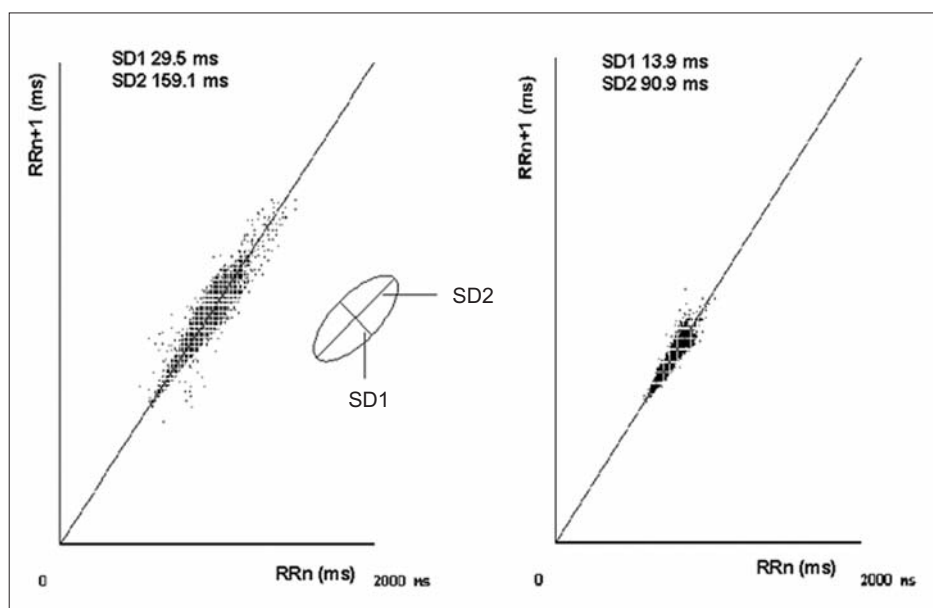


Die Abstiegs- und Aufstiegsphasen des Tauchganges wurden durch Jacketts unterstützt. Aus diesem Grund nehmen wir an, dass die körperliche Belastung während der Tauchgänge konstant war. Mit Hilfe der POLAR-Software wurden verschiedene Perioden aus jedem Tauchgang ausgewählt. Eine entsprechende Software (Mathworks Inc, Natick MA, US) wurde für die Erkennung von ektopten QRS-Schlägen oder Artefakten verwendet. Zeit- und Frequenzbereiche und die geometrische HRV-Analyse wurden mit Hilfe der Software der Biomedical Signal Analysis Group Department of Applied Physics (University of Kuopio, SF) [25] durchgeführt. Die Fast-Fourier-Transformation lieferte uns die Leistungsdichte [25]. Es ist gut bekannt, dass die spontane Atemfrequenz während des Tauchens mit DTG abnimmt [33]. Nach Brown et al. [3] beeinflussen Atmungsgrößen die Spektralanalyse umfangreich, ohne allerdings das Niveau der autonomen Aktivierung zu verändern: Wenn die Atemfrequenz abnimmt, dann bemerkten die Autoren eine Verschiebung des respiratorischen Gipfels aus dem HF- in den LF-Bereich. Die Frequenzgrenzen wurden mit Bezug auf die gut bekannte Abnahme der Atemfrequenz während des Tauchens mit DTG angepasst: die gesamte spektrale Dichte ( $P_{tot}$ : 0,0-0,4 Hz) und die Hochfrequenz- (HF: 0,1-0,4 Hz) und Niederfrequenz- (LF: 0,04-0,10 Hz) Power-Spektraldichte der HRV wurde als Funktion innerhalb dieser Grenzen ermittelt. Um die gesamte autonome Aktivität zu erfassen, wurde die spektrale Energiedichte ( $P_{tot}$ ) benutzt. Um die parasympathische Aktivität zu erfassen, wurde der Hochfrequenzbereich (HF) und der normalisierte Hochfrequenzbereich ( $HF_n$ :  $HF/(LF+HF)$ ) benutzt. Schließlich, um die sympathische Aktivität zu erfassen, wurde das Verhältnis aus Niederfrequenz/Hochfrequenz ( $LF/HF$ ) und die normalisierte

Niederfrequenz ( $LF_n$ :  $LF/(LF+HF)$ ) benutzt. Der HF-Gipfel wurde für jede im Protokoll ausgesuchte Zeit bestimmt. Für den Zeitbereich wurde die Standardabweichung des RR-Abstandes (SDNN), die Quadratwurzel des Mittelwertes aller zum Quadrat erhobenen Differenzen benachbarter NN-Intervalle (rMSSD) und die mittleren RR-Intervalle analysiert. SDNN wurde ausgesucht, weil es die gesamte ANS-Aktivität, und rMSSD wurde ausgesucht, weil es ein Index für die parasympathische Aktivität ist [36]. Für die Poincaré-Plot-Analyse wurde lediglich die Standardabweichung 1 (SD1) der augenblicklichen Schlag-zu-Schlag-Variabilität (Abb. 1) benutzt, um die parasympathische Aktivität zu bewerten. Die Standardabweichung 2 (SD2: Standardabweichung für eine kontinuierliche Langzeit-Variabilität) ist sehr viel schwerer zu analysieren [37]. Während des Tauchens wurden die zu analysierenden Perioden in Abhängigkeit von der Signal-Qualität, der Zeitspanne zwischen den einzelnen Analyseperioden, der Abwesenheit von Artefakten und der relativen Stabilität der RR-Trends analysiert. Bei einem Teilnehmer ergaben sich in der Erholungsphase exzessiv viele Artefakte. Diese wurde daher von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Um Unterschiede für die HRV-Werte zwischen den verschiedenen Tauchperioden zu bestimmen, wurden die Daten mit einem Fisher-Post-Hoc-Test untersucht. P-Werte  $<0,05$  wurden als signifikant betrachtet. Die Werte werden als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung präsentiert.

## Ergebnisse

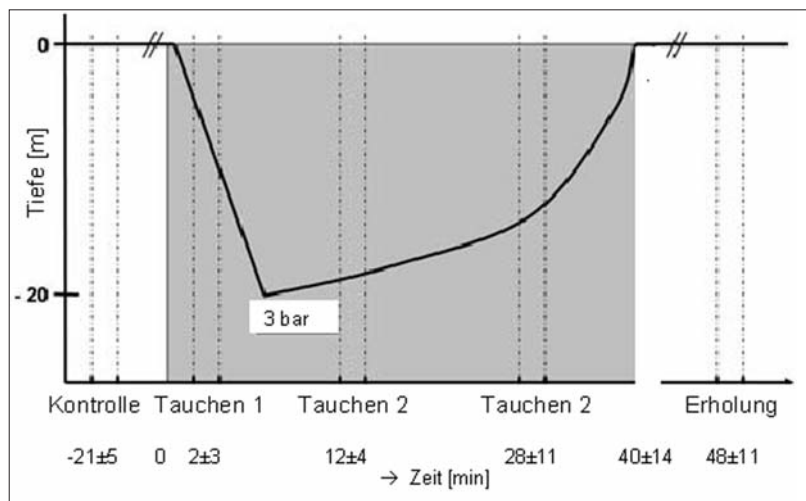
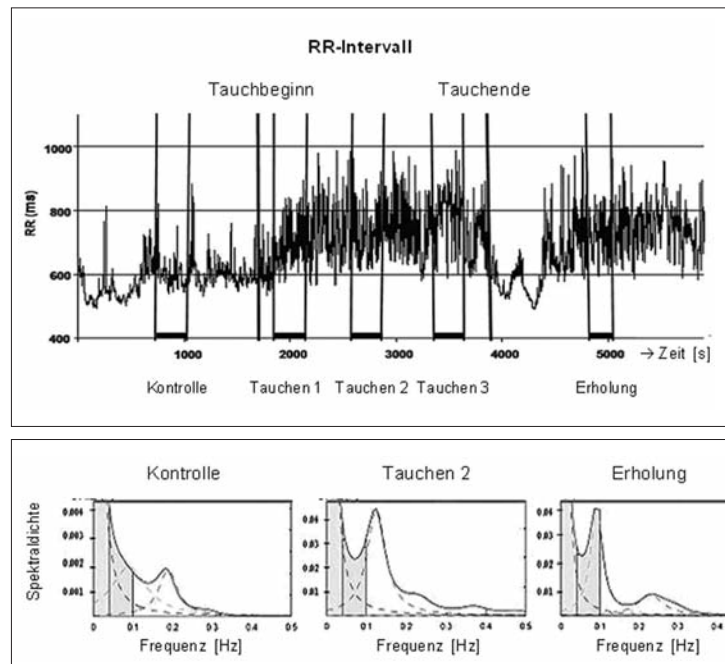
Die Abb. 2 zeigt (a) RR-Intervall-Veränderungen und (b) die Frequenzbereich-HRV-Analyse von Kontrolle, Tauchen und Erholung eines repräsentativen Teilnehmers. Abb. 3 zeigt das Tauchprofil während eines normalen Tauchganges mit DTG.



**Abb. 1:** Poincaré-Plot. Aufgetragen sind auf der x-Achse die RR-Intervalle ( $n$ ) und auf der y-Achse das jeweils folgende RR-Intervall ( $n+1$ ). Der linke Plot zeigt Bedingungen für einen Gesunden. Es bildet sich eine typische 'Keule'. Beim rechten Plot eines Parkinson-Kranken ist diese Keule deutlich verkleinert. Für die Quantifizierung werden Ellipsen mit ihren beiden Durchmessern (SD1 und SD2) herangezogen, deren Länge der Standardabweichung entspricht. SD1 ist ein Maß für die parasympathische Aktivität.

**Abb. 2, oben:** RR-Intervalle für einen repräsentativen Taucher. Diese Intervalle wurden zu 5 verschiedenen Zeiten ausgewertet: Kontrolle, Tauchen 1, Tauchen 2, Tauchen 3 und Erholung. Es ist gut zu erkennen, dass die RR-Intervalle während Ruhe gegenüber den restlichen Phasen am niedrigsten und damit die Herzfrequenz bei dieser Bedingung am höchsten sind.

**unten:** Analyse der RR-Intervalle im Frequenzbereich für die Phasen Kontrolle, Tauchen 2 und Erholung. Die Spektren entstanden mit Hilfe eines autoregressiven Modelles. Die HF-Spektraldichte (0,04 - 0,10 Hz) war während des Tauchens (Tauchen 2) gegenüber Kontrolle und Erholung erhöht (= parasympathische Aktivität ↑). Die Verschiebung des HF-Maximums von 0,139 Hz (Kontrolle) nach 0,129 Hz (Tauchen 2) war nicht signifikant.

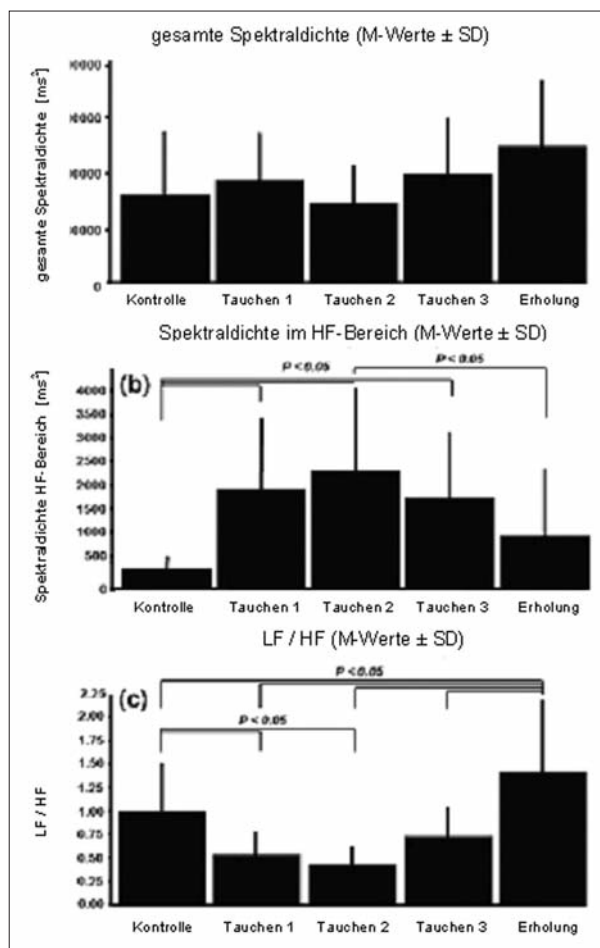


**Abb. 3:** Charakteristisches Tauchprofil mit den fünf Phasen, für welche die Daten ausgewertet wurden.

**Tab. 1:** Maße der Herzfrequenz-Variabilität vor dem Tauchgang (Kontrolle), während des Tauchganges (Tauchen 1, Tauchen 2, Tauchen 3) und nach dem Tauchgang (Erholung). Die ANOVA für Wiederholungsmessungen ergab signifikante Unterschiede (#:  $p < 0,05$ ) bei fast allen aufgeführten Maße außer dem Frequenzmaximum im HF-Bereich (max. HF-Bereich) und der totalen Dichte ( $P_{tot}$ ). Bei den paarweisen Vergleichen ergaben sich signifikante Unterschiede \* $p < 0,05$  vs Kontrolle und ° $p < 0,05$  vs Erholung. Ergebnisse werden präsentiert als: Mittelwerte ± Standardabweichung.

Maß	Einheit	Kontrolle	Tauchen 1	Tauchen 2	Tauchen 3	Erholung
mittl. RR	s	0,637 ± 0,104	0,678 ± 0,116	0,739 ± 0,151	0,777 ± 0,226	0,793 ± 0,241
SDNN	ms	64,0 ± 21,0	96,0 ± 37,0	94,0 ± 39,0	89,0 ± 36,0	90,0 ± 54,0
rMSSD	ms	36,21 ± 22,4	69,1 ± 38,9	81,2 ± 41,9*	76,7 ± 44,5*	55,7 ± 43,2
HF	ms <sup>2</sup>	345 ± 255	1784 ± 1317*	2111 ± 1528*°	1629 ± 1206*	937 ± 1234
max. HF-Bereich	Hz	0,143 ± 0,033	0,139 ± 0,028	0,129 ± 0,011	0,139 ± 0,038	0,137 ± 0,042
HFnorm	%	72,4 ± 31,3	80,4 ± 25,8°	87,0 ± 21,2°	79,6 ± 28,6°	54,8 ± 39,6
LFnorm	%	27,6 ± 31,3	19,6 ± 25,8°	13,0 ± 21,2°	20,4 ± 28,6°	45,2 ± 39,6
LF/HF	-	0,982 ± 0,528°	0,521 ± 0,270*°	0,415 ± 0,209*°	0,711 ± 0,328°	1,402 ± 0,777*
$P_{tot}$	1000 • ms <sup>2</sup>	311 ± 234	364 ± 177	278 ± 142	386 ± 209	487 ± 241
SD1	ms	26,0 ± 16,0	49,0 ± 28,0	58,0 ± 30,0*	54,0 ± 32,0*	39,0 ± 31,0

**Spektralanalyse.** Die Hochfrequenz-Spektraldichte nahm während Tauchen 1, Tauchen 2 und Tauchen 3 im Vergleich zur Kontrolle zu ( $p < 0,05$ ). Die HF-Spektraldichte nahm während der Erholung ab. Diese Abnahme war nur signifikant im Vergleich zu Tauchen 2 ( $p < 0,05$ ). Die Abnahme des HF-Gipfels von  $0,139 \pm 0,028$  Hz bei Kontrolle auf  $0,129 \pm 0,011$  Hz bei Tauchen 2 war nicht signifikant (Tab. 1). Das Verhältnis von LF zu HF nahm ab ( $p < 0,05$ ): Es nahm sowohl bei Tauchen 1 als auch bei Tauchen 2 im Vergleich zur Kontrolle ab (Abb. 4 und Tab. 1). Während der Erholung nahm das Verhältnis von LF zu HF im Vergleich zu Tauchen 1, Tauchen 2 und Tauchen 3 und zur Kontrolle zu ( $p < 0,05$ ).  $P_{tot}$  nahm tendentiell zu ( $p = 0,07$ ) (Abb. 4a und Tab. 1). Die normalisierten Indices zeigten signifikante Veränderungen zwischen Erholung und allen Tauch-Perioden:  $LF_n$  nahm zu, während  $HF_n$  abnahm ( $p < 0,05$ ) und zwar während der Erholung im Vergleich zu Tauchen 1, Tauchen 2 und Tauchen 3 (Tab. 1).



**Abb. 4:** Analyse im Frequenzbereich.

**Oben:** gesamte Spektraldichte (~ gesamte autonome Aktivität),

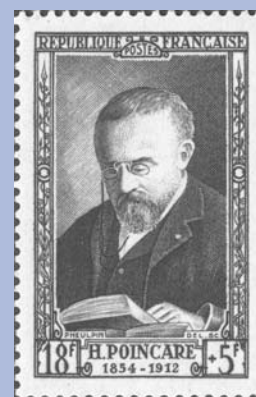
**Mitte:** Spektraldichte im Hochfrequenz-Bereich (HF) (~ parasympathische Aktivität),

**Unten:** Verhältnis von Niederfrequenz- (LF) und Hochfrequenz-Bereich (~ sympathische Aktivität)

**Poincaré-Plot-Analyse.** Die Standardabweichung 1 (SD1) nahm während des Tauchens zu ( $p < 0,05$ ) (Tab. 1). Die paarweise Analyse ergab eine Zunahme von SD1 während Tauchen 2 und Tauchen 3 im Vergleich zur Kontrolle. Allerdings waren die Veränderungen von SD1 aus dem Poincaré-Plot für Tauchen 1 nicht signifikant.

## Diskussion

Verschiedene Methoden incl. der Analyse des Frequenzbereiches (Fast-Fourier-Transformation), Zeitbereich und Analyse von Poincaré-Plots wurden benutzt, um die Aktivität des autonomen Nervensystems (ANS) während und nach Tauchgängen mit Druckluft-Tauchgerät (DTG) zu bewerten. Wir werden das kommentieren, die ANS-Antworten diskutieren und schließlich deren klinische Implikationen für das Tauchen DTG vorstellen.



chouchou-ab-poincaré

*Jules Henri Poincaré (29.04.1854 bis 17.07.1912) fällt bereits in der Schule wegen seiner besonderen mathematischen Begabung auf, als er im Frankreich-weiten Concours général mehrfach einen ersten Preis gewinnt.*

*Sein Studium an der École Polytechnique in Paris absolviert er in zwei Jahren. Im Alter von 27 Jahren erhält er einen Ruf als Professor für Mathematische*

*Physik und Wahrscheinlichkeitstheorie an die Sorbonne in Paris. Sein Interesse umfasst alle Bereiche der Mathematik, der Astronomie und der Mathematischen Physik.*

*Bis zu seinem frühen Tod (Embolie nach einer Operation) veröffentlicht er über 500 wissenschaftliche Artikel und Bücher zu sehr unterschiedlichen Themen, darunter auch einige populär-wissenschaftliche Beiträge. 1909 wird er nach der Aufnahme in die Académie Française einer der 40 'Unsterblichen'.*

## Zeitbereich, Frequenzbereich und Poincaré-Plot-Analyse.

Die HF-Spektraldichte der RR-Intervalle nahm für alle Tauchperioden zu, während rMSSD und SD1 vom Poincaré-Plot nur einen Anstieg während Tauchen 2 und Tauchen 3 im Vergleich zur Kontrolle ergaben. Zusätzlich ist die HF-Komponente von Tauchen 2 signifikant höher als die während der Erholung; das wird durch eine Abnahme von  $HF_n$  bestätigt. Dieses Ergebnis zusammen mit der Zunahme der mittleren RR-Intervalle weisen auf eine Zunahme der parasympathischen Aktivität und eine Abnahme der sympathischen Aktivität hin, so wie es durch die Abnahme des Verhältnisses LF zu HF und von  $LF_n$  gezeigt





wird. Das gilt unabhängig von der betrachteten Periode. Der respiratorische Frequenzgipfel korrelierte stark mit der Atemfrequenz und lag während aller Perioden des Protokolles im HF-Band der Spektralanalyse (Tab. 1). Dieses Ergebnis war erwartet [36]. Lund et al. [16] gaben während ihrer Studien in einer trockenen Druckkammer die Atemfrequenz vor. Dieses Vorgehen ist für Tauchgänge mit DTG nicht möglich. Die klassischen HF-Frequenzbandgrenzen der Fast-Fourier-Transformation scheinen für einen normalen Tauchgang ungeeignet: Die Abnahme der Atemfrequenz würde dazu führen, dass der respiratorische Frequenzgipfel vom HF-Band zum LF-Band verschoben wird, so wie es der Fall in einer früher publizierten Studie von Schipke und Pelzer [33] der Fall war. Andererseits scheint es so zu sein, dass die gewählten HF-Grenzen vernünftig für die Entstehung des respiratorischen Frequenzgipfels sind ebenso wie die anderen HRV-Indices, z.B. die aus dem Zeitbereich und der Poincaré-Plot-Analyse. Letztlich haben eine Reihe von Autoren [3,11] gezeigt, wie wichtig die Kontrolle sowohl des Atemzugvolumens als auch der Atemfrequenz für die Evaluation der parasympathischen Aktivität ist, wenn man eine HRV-Analyse durchführt. Aber die Kontrolle der Atemparameter ist für reale Tauchgänge mit DTG schwer. Die Verwendung der geringfügig modifizierten Grenzen für die HRV-Mittelwerte – das ist durchaus anerkannt – gestattete die Verwendung dieser nicht-invasiven Methode, um die kardiale, autonome Funktion während eines echten Tauchganges mit DTG zu quantifizieren.

**ANS-Aktivität beim Tauchen mit DTG.** Die vorliegende Studie zeigt, dass bei Gesunden alle anerkannten Indices der parasympathischen Aktivität ansteigen und alle anerkannten Indices der sympathischen Aktivität während echter Tauchgänge mit DTG abfallen. Selbst während der Registrierungen, bei denen solche Größen wie Stress und Emotionen vorliegen, dominiert ganz klar die parasympathische Aktivität bei diesen erfahrenen Tauchern. Diese Ergebnisse verstärken die vorangegangene, im Schwimmbad durchgeführte Studie [33] genauso wie die Studien in der Überdruckkammer [15,16]. Darüber hinaus erholt sich die sympathische Aktivität drastisch während der Erholung nach dem Tauchgang.

Die Zunahme der Allgemeinaktivität des ANS ist weniger klar:  $P_{tot}$  nahm lediglich tendenziell zu ( $p=0,07$ ), und der SDNN-Anstieg im Verlaufe des Protokolles ( $p<0,01$ ) war statistisch dann nicht signifikant, wenn paarweise Vergleiche durchgeführt wurden. Eine Reihe von Stimuli könnte teilweise eine Rolle bei der gestiegenen parasympathischen Aktivität spielen. Zu ihnen gehören die Immersion

ins Wasser, die hyperbare Bedingung und Kälte. Die Immersion verursacht eine Umverteilung des Blutes und führt zu einer Erhöhung des zentralvenösen Druckes [5,27]. Während einer thermoneutralen Immersion bis zum Kopf [2] war diese Volumenverschiebung auch an eine Bradykardie und eine Abnahme des peripheren, vaskulären Widerstandes gekoppelt. ANS-Antworten scheinen auch verändert zu sein, so wie man es über die muskuläre, sympathische Nervenaktivität [20], die HRV [19] und die systolische Blutdruck-Variabilität [19] zeigen kann. Ein möglicher Mechanismus könnte die angestiegene Barorezeptor-Sensitivität sein, welcher der Anstieg der parasympathischen Aktivität folgt [38]. Darüber hinaus könnte die Temperatur – in dieser Studie lag sie zwischen 12 und 20 °C – ein zusätzlicher Faktor für die Blutumverteilung sein, weil es zu einer Kälte-induzierten peripheren Vasokonstriktion kommt [2]. Dieses Phänomen könnte auch die kardiopulmonale und die arterielle Barorezeptor-Belastung steigern. Darüber hinaus könnte die Atmung durch einen Atemregler und die fehlende Beteiligung der Atmung durch die Nase während des Tauchens mit DTG zu einem Atemwiderstand führen, der an einer ANS-Modifikation beteiligt ist. Temperatursensitive Rezeptoren des Gesichtes scheinen besonders sensitiv gegenüber Kälte zu sein, und sie führen zu einer direkten vagalen Stimulation und einer nachfolgenden Bradykardie [6,10]. Während des Tauchens mit DTG könnten Thermorezeptoren des Gesichtes zu einem Anstieg der parasympathischen Aktivität beigetragen haben. In der vorliegenden Studie wird die Expositionsdauer gegenüber dem kalten Wasser zu einem Anstieg der parasympathischen Aktivität, einer Abnahme der kardialen sympathischen Aktivität und letztlich zu einem Anstieg des mittleren RR-Intervalles beigetragen haben [35].

In früheren Studien in Überdruckkammern kam es zu einem Anstieg der parasympathischen Aktivität, die von Veränderungen der Atemfrequenz unabhängig waren [16]. In der vorliegenden Studie trugen hyperbare Bedingungen bis zu einem Druck von 3 bar zu diesen Änderungen bei der HRV bei.

**Erholung nach dem Tauchen.** Die Erholung zeigt im Vergleich zur Kontrolle keine signifikanten Unterschiede mit hohen  $P_{tot}$ -Werten. Die SDNN-Werte waren vergleichbar mit denen während des Tauchens (Abb. 2 oben, Tab 1). Über alles betrachtet war die ANS-Aktivität nach dem Tauchen angestiegen, während die parasympathischen Indices signifikant abfallen waren, das gilt insbesondere für die HF-Komponenten. Wir stellen fest, dass die kardiale sympathische Aktivität deutlich anstieg. Hierayanagi et al. [7] zeigten, dass während einer

10-tätigen Erholungsphase im Anschluss an eine massive hyperbare Exposition (30 Tage mit einem Druck  $\leq 41$  bar) die kardiale sympathische Aktivität mit einem Anstieg der Plasmakatecholamine assoziiert war. Diese Langzeitexposition gegenüber einem hohem Druck ist natürlich wesentlich umfangreicher als diejenige während des Tauchens mit DTG. Aber diese Ergebnisse legen eine veränderte kardiale ANS-Aktivität nach dem Tauchen mit DTG als einen Ausdruck der sympathischen Aktivierung nahe. Nach anderen Ergebnissen steigt nach einer Immersion in kaltes Wasser die Konzentration des Plasma-Norepinephrin beträchtlich an [8].

**Limitierungen.** Die vorliegende Studie gestattet keine gesonderte Bewertung der Rolle der Tiefe oder der Kälte für die analysierten Zeitbereiche innerhalb der Tauchgänge. Diese Limitierung verhindert das Verständnis für die Rolle verschiedener Stimuli bei der Dominanz der parasympathischen Aktivität; eine weitere Differenzierung zwischen diesen Faktoren war nicht möglich. Aktivitäten wie Unterwasserschwimmen wurden nicht untersucht, obwohl solche Unterwasseraktivitäten ebenfalls die kardiale Balance modifizieren könnten. Bei den vorgestellten Tauchgängen mit DTG war die körperliche Belastung minimal.

Darüber hinaus war in den Tauchperioden die hyperbare Exposition nicht konstant. Das hätte die Ergebnisse beeinflussen können, aber die Indices aus dem Zeitbereich und die Poincaré-Plot-Analyse bestärken die Ergebnisse aus dem Frequenzbereich für diese Perioden.

Die Anstiege der Relation LF zu HF auf dem Boot könnten zu den signifikanten Unterschieden zwischen dem Tauchgang, der Kontrolle und der Erholung beigetragen haben. Allerdings zeigten Portier und Guézennec [30], dass LF / HF nur dann signifikant zunimmt, wenn die Versuchspersonen stehen. In der vorliegenden Studie saßen die Teilnehmer während der Kontrolle und der Erholung, wodurch diese Limitation abgeschwächt war.

**Klinische Implikationen.** Der abrupte Anstieg der parasympathischen Aktivität könnte ein potentielles Risiko für vagal-medierte Synkopen sein [12,18,28]. Das gilt ebenso für das Tauchen mit DTG wie für das Apnoe-Tauchen [14]. Mit dem gleichen klinischen Bezug beschrieben Eckenhoff und Knight [4] asymptotische, supraventrikuläre Arrhythmien bei 10 % von 81 gesunden Personen während des Tauchens, was mit Sicherheit auf eine Zunahme der parasympathischen Aktivität zurückgeführt werden kann. Darüber hinaus könnte die sympathische Aktivität eine bedeutende Rolle

bei kardialen Arrhythmien während der Erholung gespielt haben. Der Anstieg der sympathischen Aktivität während des Tauchens bedarf weiterer Untersuchungen. Die HRV-Analyse könnte für die Vermeidung von Unfällen verwendet werden, indem die Tauchgemeinde so untersucht wird, wie es von Schipke und Pelzer [33] vorgeschlagen wurde. Weitere Studien mit einer größeren Population könnten durchgeführt werden, um den potentiellen Nutzen eines solchen Sichtung zu beurteilen.

### Schlussfolgerungen

HRV-Analysen im Zeitbereich, im Frequenzbereich und von Poincaré-Plots beleuchten die Dominanz der parasympathischen Aktivität während des Tauchens mit DTG. Diese ist assoziiert mit einer Zunahme der sympathischen Aktivität während der Erholung. Diese autonomen Antworten könnten die Konsequenz von mehreren Stimuli sein. Zu ihnen gehören Mechanorezeptoren, die gegenüber der Lungendehnung sensitiv sind, Kälte-sensitive Rezeptoren und hämodynamische Veränderungen, welche durch die hyperbare Exposition und die Immersion ausgelöst werden. Die klinischen Implikationen solcher Befunde für vagal-vermittelte Synkopen oder kardiale Arrhythmien sollten berücksichtigt werden.

### Lesenswerte Literatur

1. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 1981; 213(4504):220-222
2. Bonde-Petersen F, Schultz-Pedersen L, Dragsted N. Peripheral and central blood flow in man during cold, thermoneutral, and hot water immersion. *Aviat Space Environ Med* 1992;63(5):346-350
3. Brown TE, Beightol LA, Koh J, Eckberg DL. Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored. *J Appl Physiol* 1993;75(5):2310-2317
4. Eckenhoff RG, Knight DR. Cardiac arrhythmias heart rate changes in prolonged hyperbaric air exposures. *Undersea Biomed Res* 1984;11(4):355-367
5. Gabrielsen A, Johansen LB, Norsk P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *J Appl Physiol* 1993;75(2):581-585
6. Hayashi N, Ishihara M, Tanaka A, Osumi T, Yoshida T. Face immersion increases vagal activity as assessed by heart rate variability. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(5):394-399
7. Hirayanagi K, Nakabayashi K, Okonogi K, Ohiwa H. Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving. *Undersea Hyperb Med* 2003;30(1):47-55
8. Johnson DG, Hayward JS, Jacobs TP, Collis ML, Eckerson JD, Williams RH. Plasma norepinephrine responses of man in cold water. *J Appl Physiol* 1977;43(2):216-220



9. Katona PG, Jih F. Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. *J Appl Physiol* 1975;39(5):801-805
10. Kinoshita T, Nagata S, Baba R, Kohmoto T, Iwagaki S. Coldwater face immersion per se elicits cardiac parasympathetic activity. *Circ J* 2006;70(6):773-776
11. Kollai M, Mizsei G. Respiratory sinus arrhythmia is a limited measure of cardiac parasympathetic control in man. *J Physiol* 1990;424:329-342
12. Lafay V. The heart and undersea diving. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2006;99(11):1115-1119
13. Lafay V, Boussuges A, Ambrosi P, Barthelemy P, Frances Y, Gardette B, Jammes Y. Doppler-echocardiography study of cardiac function during a 36 atm (3, 650 kPa) human dive. *Undersea Hyperb Med* 1997;24(2):67-71
14. Lemaitre F, Bernier F, Petit I, Renard N, Gardette B, Joulia F. Heart rate responses during a breath-holding competition in welltrained divers. *Int J Sports Med* 2005;26(6):409-413
15. Lund VE, Kentala E, Scheinin H, Klossner J, Helenius H, Sariola-Heinonen K, Jalonen J. Heart rate variability in healthy volunteers during normobaric and hyperbaric hyperoxia. *Acta Physiol Scand* 1999;167(1):29-35
16. Lund V, Kentala E, Scheinin H, Klossner J, Sariola-Heinonen K, Jalonen J. Hyperbaric oxygen increases parasympathetic activity in professional divers. *Acta Physiol Scand* 2000;170(1):39-44
17. Marabotti C, Belardinelli A, L'Abbate A, Scalzini A, Chiesa F, Cialoni D, Passera M, Bedini R. Cardiac function during breathhold diving in humans: an echocardiographic study. *Undersea Hyperb Med* 2008;35(2):83-90
18. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1364-1367
19. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, Matsukawa T. Spectral characteristics of heart rate and blood pressure variabilities during head-out water immersion. *Environ Med* 1996a;40(1):91-94
20. Miwa C, Mano T, Saito M, Iwase S, Matsukawa T, Sugiyama Y, Koga K. Ageing reduces sympatho-suppressive response to head-out water immersion in humans. *Acta Physiol Scand* 1996b;158(1):15-20
21. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, Matsukawa T. Sympatho-vagal responses in humans to thermoneutral head-out water immersion. *Aviat Space Environ Med* 1997;68(12):1109-1114
22. Molénat F, Boussuges A, Grandfond A, Rostain JC, Sainty JM, Robinet C, Galland F, Meliet JL. Haemodynamic effects of hyperbaric hyperoxia in healthy volunteers: an echocardiographic and Doppler study. *Clin Sci (Lond)* 2004;106(4):389-395.
23. Mourot L, Bouhaddi M, Gandelin E, Cappelle S, Dumoulin G, Wolf JP, Rouillon JD, Regnard J. Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. *Aviat Space Environ Med* 2008 ;79(1):14-20
24. Neubauer B, Tetzlaff K, Staschen CM, Bettinghausen E. Cardiac output changes during hyperbaric hyperoxia. *Int Arch Occup Environ Health* 2001;74(2): 119-122
25. Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2004;76(1):73-81
26. Norsk P. Gravitational stress and volume regulation. *Clin Physiol* 1992;12(5):505-526
27. Norsk P, Bonde-Petersen F, Warberg J. Central venous pressure and plasma arginine vasopressin during water immersion in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985;54(1):71-78
28. Pelliccia A, Fagard R, Bjørnstad HH et al. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease: a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005;26:1422-1445
29. Periodt A, Sawada Y. Assessment of baroreceptor reflex function during mental stress and relaxation. *Psychophysiology* 1989;26(2):140-147
30. Portier H, Guézennec CY. Study of heart rate variability during offshore race with sleep deprivation. *Sci Sports* 2007;22:163-165
31. Radespiel-Tröger M, Rauh R, Mahlke C, Gottschalk T, Mück-Weymann M. Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability. *Clin Auton Res* 2003;13(2):99-102
32. Ross A, Periodt A. Attenuation of the diving reflex in man by mental stimulation. *J Physiol* 1980;302:387-393
33. Schipke JD, Pelzer M. Effect of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability. *Br J Sports Med* 2001;35(3):174-180
34. Shiraishi M, Schou M, Gybel M, Christensen NJ, Norsk P. Comparison of acute cardiovascular responses to water immersion and head-down tilt in humans. *J Appl Physiol* 2002;92(1):264-268
35. Srámek P, Simecková M, Janský L, Savlíková J, Vybíral S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol* 2000;81(5):436-442
36. Task Force of the European Society of Cardiology, the North American Society of Pacing, Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996;93(5):1043-1065
37. Tulppo MP, Mäkelä TH, Takala TE, Seppänen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 1996;271(1 Pt 2):H244-H252
38. Ueno LM, Miyachi M, Matsui T, Takahashi K, Yamazaki K, Hayashi K, Onodera S, Moritani T. Effect of aging on carotid artery stiffness and baroreflex sensitivity during head-out water immersion in man. *Braz J Med Biol Res* 2005;38(4):629-637

#### Korrespondenzadresse

Florian Chouchou, MD  
Service de Physiologie Clinique et de l'Exercice  
CHU Nord  
F-42055, Saint-Etienne cedex 2  
florian.chouchou@etu.univ-lyon1.fr



## Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver

J Lippmann, A Fock, S Arulanandam

In today's recreational diving climate, diving fitness examinations are not mandatory, and even divers who go for these examinations may not have routine chest X-rays (CXR) done in the absence of respiratory symptoms or a past history of respiratory problems. We present a case of an ultimately fatal cerebral arterial gas embolism in a 14-year-old boy with an undiagnosed lung cyst, the contribution of which to his death is uncertain. Various factors such as lack of oxygen first aid at the remote dive site; poor communication; lack of diving medicine expertise, poor oxygen administration and management in a local hospital and long delay to recompression therapy contributed to the poor outcome. It is imperative that dive operators and physicians working in close proximity to popular dive sites be educated on how to recognise and treat diving emergencies and be well-acquainted, as should divers, with the contact numbers of diving medical hotlines that offer timely and appropriate advice in case of emergency.

**Keywords:** Case reports; cerebral arterial gas embolism; deaths; children; recreational diving; fitness to dive; medical conditions and problems

## Zerebrale, arterielle Gasembolie mit verspäteter Behandlung und fatalem Ende bei einem 14 Jahre alten Taucher

Im heutigen Urlaubs-Tauchklima sind Untersuchungen der Tauchtauglichkeit keine Pflicht. Lassen Taucher ihre Tauglichkeit untersuchen, dann sind Röntgen-Untersuchungen des Thorax solange keine Routine, wie keine respiratorischen Symptome oder zurückliegende respiratorischen Probleme vorliegen. Es wird eine letztlich tödliche, zerebrale, arterielle Gasembolie bei einem 14-jährigen Jungen beschrieben, bei welchem eine nicht diagnostizierte Lungenzyste vorlag, deren Beitrag zum Tode allerdings unsicher ist. Mehrere Faktoren trugen zu dem schlechten Ausgang bei. Zu ihnen gehören: kein Sauerstoff als Erste Hilfe am entfernten Tauchplatz, mangelhafte Kommunikation, fehlende Erfahrung bei der Tauchmedizin, mangelhafte Sauerstoffgabe und mangelhaftes Management in einem regionalen Krankenhaus und verspäteter Beginn der Rekompessions-Therapie. Tauchveranstalter und Mediziner, welche in der Nähe von populären Tauchplätzen arbeiten, müssen wissen, wie Tauchunfälle erkannt und behandelt werden. Diese Personen, ebenso wie die Taucher, müssen gut vertraut mit den Nummern tauchmedizinischer Hotlines sein, über welche im Notfall rascher und angemessener Rat eingeholt werden kann.

**Schlüsselwörter:** Fallbericht; zerebrale, arterielle Gasembolie; Todesfälle; Kinder; Urlaubstauchen; Tauchtauglichkeit; medizinische Bedingungen und Probleme

*Kommentar: JD Schipke*

### Einleitung

Tauchveranstalter sollten angemessen auf Tauchnotfälle vorbereitet sein. Zu der Vorbereitung gehören das Training der Ersten Hilfe und der Sauerstoffversorgung, eine angemessene und rasch erreichbare Sauerstoffausrüstung und ein angemessener Plan für das Unfall-Management. Diese Forderungen sind besonders in Gegenden wichtig, in denen es keinen raschen Zugang zu Rekompessions-Einrichtungen gibt, und an welchen es an tauchmedizinischer Expertise fehlt. Zu diesen Gegenden gehört die asiatische Pazifik-Region.

Es ist ebenso wichtig, dass sowohl zukünftige als auch existierende Taucher angemessen auf medizinische Kontraindikationen für das Tauchen untersucht werden. An den meisten Tauchbasen werden kurze, selbst-einschätzende, medizinische Fragebögen verwendet, und nur bei positiven Antworten werden die Kandidaten aufgefordert, eine medizinische Untersuchung durchzuführen. Aber selbst bei einer relativ sorgfältigen medizinischen Untersuchung vor dem Tauchgang und durch einen erfahrenen Arzt können medizinische Auffälligkeiten unbemerkt bleiben. Solche Fälle können ernsthafte oder sogar tödliche Konsequenzen haben. Entsprechend besteht eine anhaltende Debatte über den geeigneten Umfang medizinischer Untersuchungen, welche vor oder während kontinuierlicher Tauchaktivitäten benötigt werden.

J Lippmann, A Fock, S Arulanandam  
*Diving Hyperb Med.* 2011 Mar;41(1):31-4

CAISSON 2011;26(2):18-22

Der folgende Fall soll an die Bedeutung dieser Fragestellung erinnern.

### Fallbericht

Der Vater erlaubte, den Fall zu berichten. AB war ein 14-jähriger australischer Junge. Er war 1,76 m groß, 73 kg schwer und betrieb regelmäßig Sport. Seine medizinische Vergangenheit war unauffällig. Es gab keine ernsthaften Erkrankungen und auch keine Probleme mit der Atmung. Vor dem Scuba-Training unterzog sich AB in Übereinstimmung mit den australischen Standards einer tauchmedizinischen Untersuchung. Die Untersuchung wurde von einem Arzt mit tauchmedizinischen Kenntnissen durchgeführt. Es fanden sich keine offensichtlichen Kontraindikationen für das Tauchen. Ein Röntgenthorax war nicht indiziert.

AB hatte zwei Tauchgänge in der Hotelanlage und vier weitere Tauchgänge im offenen Wasser ohne Vorfälle bis auf 15 m durchgeführt. Zwischen der Zertifizierung und dem Unfalltag waren keine weiteren Tauchgänge durchgeführt worden. AB und sein erfahrener Vater tauchten in Südostasien.

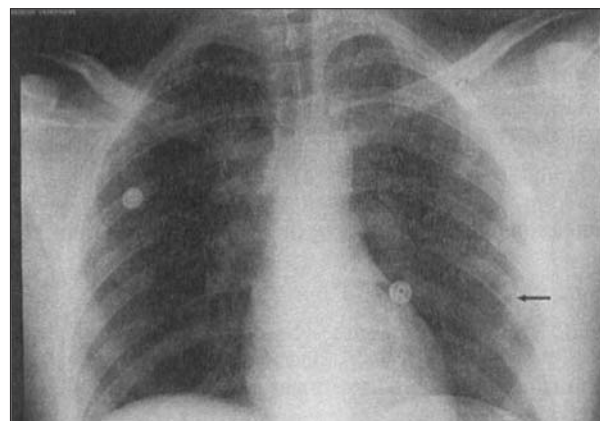
Am ersten Tauchtag tauchten AB, sein Vater und der Tauchguide für 15 min auf maximal 18 m. Sie folgten der Kontur des Riffes und beendeten den Tauchgang mit einem Sicherheitsstopp. AB wurde als 'sehr aktiv' beschrieben: 'er schwamm während der ganzen Zeit mit seinen Armen und Beinen wie ein gerade zertifizierter Taucher'. Er schien sich aber nicht zu verausgaben oder die Tauchtiefen abrupt zu verändern. Nach dem Austauchen erwähnte AB, dass er unter Wasser niesen musste, und dass er ein 'itchy feeling' in seiner Brust hatte. Das schien ihn aber nicht zu stören.

Nach dem Mittagessen und nach einer Oberflächenpause von 1¼ h führte der Tauchgang erneut auf maximal 18 m. Es wurde wiederum dem Riff gefolgt, d.h. im Verlaufe des Tauchganges wurde die Tauchtiefe immer geringer. Der 40-min Tauchgang verlief problemfrei, und die Gruppe stieg 'normal' zu einem 5 m-Sicherheitsstopp auf. Bei dieser Gelegenheit schwamm AB zu den anderen Tauchern und begann, seinen rechten Arm so zu kneten, als wäre dieser taub. Kurz darauf machte er den Eindruck, an die Oberfläche zu treiben. Der Tauchguide bemerkte, dass AB ohnmächtig zu werden schien, und er brachte ihn an die Oberfläche.

AB wurde rasch an Bord gebracht, und die Hotelanlage wurde innerhalb von 10 bis 15 min erreicht. Auf dem Boot gab es keine O<sub>2</sub>-Versorgung. AB wurde zunächst bewusstlos und konvulsivisch, und Schaum trat aus seinem Mund. Die Atmung erfolgte spontan. Die Konvulsionen hielten während der

Fahrt zum Ufer an. Allerdings war AB zwischen den Anfällen ansprechbar. Nach der Ankunft in der Hotelanlage wurde O<sub>2</sub> verabreicht. Der dortige Instruktor berichtete, dass O<sub>2</sub> über eine Rebreather-Maske verabreicht wurde (O<sub>2</sub>-Fluss: 15 l/min). AB's Vater besteht darauf, dass die Maske kein Reservoir hatte.

Kurz darauf wurde AB mit einem Ambulanz-Fahrzeug zu einem nahegelegenen, öffentlichen Krankenhaus transportiert, wo er von einer Reihe von Ärzten aufgesucht wurde. Keiner dieser Ärzte hatte Erfahrungen in der Aufnahme und dem Management von Tauchunfällen. Ein Röntgenthorax ergab eine große (3 cm) luftgefüllte Bulla in der linken Lunge. Es gab allerdings keine Hinweise für einen Pneumothorax oder ein mediastinales Emphysem (Abb. 1). AB wurde danach in ein privates Kran-



**Abb. 1:** Der anfängliche Röntgenthorax zeigt eine Zyste in der linken Lunge (siehe Pfeil).

kenhaus überführt, und wiederum von einer Reihe von Ärzten untersucht. Auch hier lagen keine tauchmedizinischen Kenntnisse vor. Eine Untersuchung ergab ein Glasgow-Coma-Score (GCS) von 8, aber AB's Bewusstseins-Zustand fluktuierte weiter. Sein Vater beschrieb Markierungen auf AB's Bauch als 'Blutergüsse, welche wie zufällige und weit verstreute, zerplatzte Blutgefäße aussahen'. Eine provisorische Diagnose auf einen zerebralen, vaskulären Unfall wurde abgegeben, und ein CT, ein MRI und ein MRA wurden erstellt. Das MRI zeigte bilaterale Ödeme im Okzipital-Lappen, allerdings ohne klare Hinweise auf Infarkte. Während dieser gesamten Zeit fluktuierte AB's Bewusstseinszustand, und die intermittierenden Krampfanfälle hielten an. Einige davon waren längerdauernd. Seine Lebenszeichen blieben stabil, aber er war nicht in der Lage, seinen rechten Arm oder sein rechtes Bein zu bewegen, und er machte den Eindruck, eine kortikale Erblindung zu haben. Sauerstoff wurde im Krankenhaus über eine einfache Gesichtsmaske mit einem Fluss von 6 l/min verabreicht.

6 h nach dem Unfall traf ein Marinearzt ein und diagnostizierte bei AB eine Dekompressions-Erkrankung. Der Arzt glaubte, dass die 'Blutergüsse' auf AB's unterem Abdomen ein Dekompressions-bezogener Ausschlag sei (cutis marmorata). Er empfahl eine Rekompresseion und untersuchte AB's Transportfähigkeit zur nächstgelegenen Marinekammer. Diese Kammer war über die Straße und mit dem Boot in etwa 3 h erreichbar. Trotz der verstrichenen Zeit wurde die Erlaubnis für den Kammereinsatz gewährt. Der Arzt war allerdings besorgt, dass die relativ 'basale' Kammer über ausreichende Möglichkeiten verfügen würde, insbesondere weil es sich um einen sehr kranken Patienten handelte, der zusätzlich eine Bulla hatte.

Danach kontaktierte der Vater die Reiseversicherung. Nach einigen weiteren Stunden rief diese das Diver Alert Network (DAN) an. Der amerikanische DAN-Hotline-Arzt empfahl eine dringende Überführung zu einer Rekompresseions-Kammer. Ungefähr 10 h später wurde das Singapur General Hospital kontaktiert, und es wurde unmittelbar die Erlaubnis erteilt, AB zur hyperbaren Einrichtung zu überführen. 5 h später erreichte das Transportteam das Krankenhaus. AB wurde unmittelbar vor dem Einstieg in das Flugzeug intubiert; der Flug nach Singapur dauerte 2 h. AB erreichte das Krankenhaus 32 h nach dem Ende des Tauchganges.

Nach der Aufnahme war AB nicht ansprechbar. Das GCS betrug 4 mit negativem vestibulookulären Reflex. Die Herzfrequenz betrug 100 /min, der Blutdruck lag bei 190/90 mmHg. Die Untersuchung der Atmung und des Abdomens war unauffällig. Er wurde sediert und relaxiert (Propofol und Atracurium), es wurde eine bilaterale Myringotomie durchgeführt, und ein linksinterkostaler Katheter eingebracht. Die initiale hyperbare Therapie erfolgte entlang der US-Navy-Tabelle 6 (USN T6).

Nachdem Sedierung und Relaxation am nächsten Morgen abgeklungen waren, blieb AB tief komatös mit einer rechten Hämiplegie. Ein erneutes MRI zeigte große, akute territoriale Infarkte, welche die okzipitalen posterioren parietalen Lappen einschlossen. Das MRI zeigte auch Wassereinzugs-Gebiete in den mittleren und vorderen, zerebralen Arterien (links mehr als rechts), zerebrale Ödeme mit einer milden Kompression des vierten Ventrikels und keinen Hydrozephalus oder venöse Thrombosen. Eine weitere HBO nach USN-T6 erbrachte keine Verbesserung. Danach bestätigte ein weiteres CT umfangreiche Wassereinzugs-Infarkte mit zerebralem Ödem. Im Hinblick auf die schwache Reaktion wurde die Rekompresseions-Therapie beendet und die Familie über die schlechte Prognose informiert. AB wurde künstlich beatmet und nach Australien

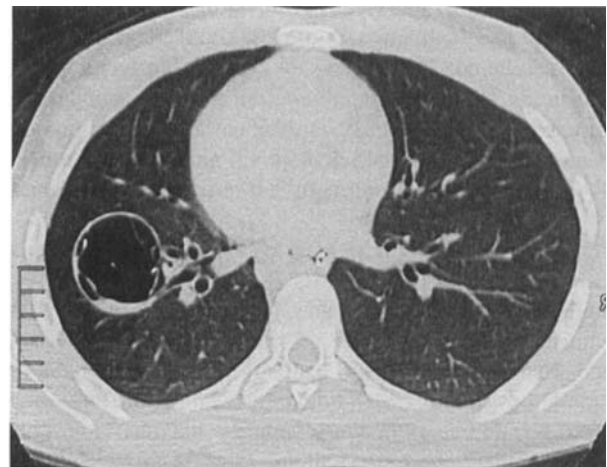
repatriert. Zwei Tage später wurde auf der Intensivstation der Hirntod bestätigt und lebenserhaltende Maßnahmen wurden abgesetzt.

### Diskussion

**Kausalität.** Die Krankheitsgeschichte von AB und seine Symptome machen eine zerebrale, arterielle Gasembolie (CAGE) als Diagnose sehr wahrscheinlich. Gas kann aus einer von zwei wichtigen Quellen in das arterielle System gelangen:

- Es tritt als Ergebnis eines pulmonalen Barotraumas in die Pulmonalvene ein, oder
- venöse Gasemboli gelangen über einen rechts-links-Shunt (z.B. offenes Foramen ovale oder über pulmonalen Gefäßbaum) in die arterielle Zirkulation [1].

Ganz überwiegend ist eine CAGE mit einem Überblähungsschaden der Lunge verbunden, welcher das Ergebnis des Luftanhaltens bei der Verwendung von Druckluft und/oder eines raschen Aufstieges ist. Im vorliegenden Fall waren die Aufstiege bei beiden Tauchgängen gut kontrolliert und langsam. Um zu entscheiden, ob die CAGE von einem pulmonalen Barotrauma ausging, muss die Anwesenheit der Bulla berücksichtigt werden.



**Abb. 2:** Computertomografie (axiale Sicht) zeigt eine Zyste.

Diese Bulla, eine große Lungenzyste (Abb. 2), war dickwandig und schien mit terminalen Luftwegen zu kommunizieren. Solche Zysten sind üblicherweise stabil und können entweder ventiliert oder nicht-ventiliert sein. Normalerweise haben sie in einer nicht-hyperbaren Umgebung keinen Effekt auf die Lungenfunktion oder die Atmungskenngrößen. Allerdings wird angenommen, dass manchmal ein Air-Trapping vorkommen kann und zwar auf der Basis der Gasdiffusion, eines Ventil-Mechanismus oder durch eine Volumenzunahme während des Aufstieges, wenn eine enge Einlass-Auslass-Öffnung vorliegt [2]. Wäre die Zyste bei AB im Vorhinein festgestellt worden, wäre er nahezu sicher



nicht tauchtauglich geschrieben worden. Dennoch gibt es unterschiedliche Vorstellungen darüber, ob eine solche Zyste tatsächlich ein erhöhtes Risiko für ein pulmonales Barotrauma darstellt [2,3]. Die fehlende, radiologische Evidenz für ein pulmonales Barotrauma in diesem Fall schließt dessen Vorkommen nicht aus.

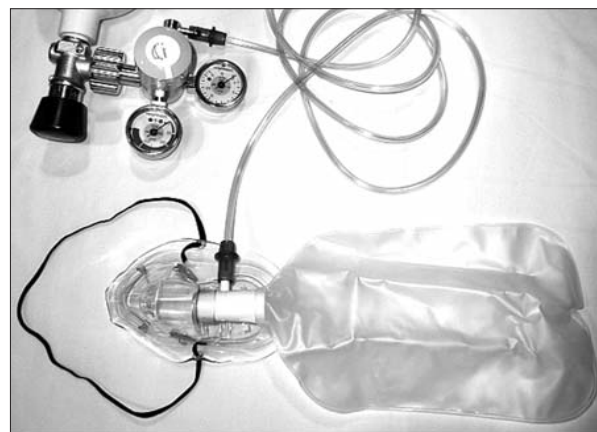
Eventuell hatte AB ein offenes Foramen ovale oder ein defektes atriales Septum. Aber ohne eine Autopsie bleibt diese Alternative spekulativ. Beide Tauchprofile führten nur über wenige Minuten auf die maximale Tiefe. Danach folgte ein langsamer Aufstieg entlang des Riffes. Ein derartiges Tauchprofil würde typischerweise nicht zu einer signifikanten Sauerstoffsättigung des Gewebes führen. Die als *cutis marmorata* beschriebene Veränderung und das von AB beschriebene Juckgefühl in der Brust zwischen den Tauchgängen könnte auf eine nicht aufgedeckte Dekompressions-Erkrankung der Haut zurück geführt werden, welche in Zusammenhang mit einem offenen Foramen ovale gebracht wird [4].

**Rettung und klinisches Management.** Es ist befremdlich, dass es auf dem Tauchboot keinen Sauerstoff gab. Eine rasche und effektive Erste-Hilfe-Gabe von hochkonzentriertem Sauerstoff kann häufig zum Verschwinden oder der Verbesserung von Symptomen zusammen mit einer verminderten Anzahl von Rekompessions-Behandlungen führen [5]. Unterlagen des asiatisch-pazifischen DAN beinhalten zahlreiche Fälle einer Verbesserung von CAGE-Symptomen, wenn nahezu 100 %iger O<sub>2</sub> sofort verabreicht wird. Es ist zu erwarten und an vielen Plätzen Standard-Vorsorge, eine angemessene O<sub>2</sub>-Ausrüstung und ausgebildete Hilfspersonen an Bord zu haben, wo immer Tauchen durchgeführt wird. Der Tauchanbieter verfügte auf der Basis über O<sub>2</sub>, wo allerdings lediglich eine Maske ohne Reservoir vorhanden war, welche eine fast 100 %ige O<sub>2</sub>-Versorgung nicht ermöglichte.

Eine unzureichende Kommunikation zwischen den verschiedenen Parteien führte zu langen Verzögerungen, bevor eine angemessene medizinische Beratung erfolgen und danach gehandelt werden konnte. Es wäre in jedem Fall besser gewesen, eine Taucher-Notfall-Hotline anzurufen (z.B. DAN, Diver Emergency Service in Australia). Der zuständige Arzt würde sicher die Bedeutung der Situation erkannt und ein angemessenes Management empfohlen haben, so wie es dann auch über die DAN-Hotline geschehen ist; allerdings 10,5 h nach dem Unfall.

Mediziner ohne Kenntnisse oder ohne Erfahrung der Tauchmedizin versagen häufig dabei, eine Dekompressions-Erkrankung sowie ihre potentielle Bedeutsamkeit und die wichtige Bedeutung von

hochkonzentriertem O<sub>2</sub> und einer raschen Rekompensation zu erkennen. Eine einfache Gesichtsmaske mit einem O<sub>2</sub>-Fluss von ungefähr 6 l/min im Krankenhaus würde vermutlich eine O<sub>2</sub>-Konzentration der Inspirationsluft von weniger als 40 % ergeben haben [6]. Die korrekte Wahl und Handhabung von O<sub>2</sub>-Versorgungssystemen sind in verschiedenen Publikationen gut beschrieben. Eine vernünftige Maske ist in Abb. 3 dargestellt [7,8]. Unglücklicherweise sind in vielen weniger entwickelten Ländern im asiatisch-pazifischen Raum O<sub>2</sub>-Versorgungssysteme recht limitiert.



**Abb. 3:** So genannte 'Non-rebreather mask' oder 'High concentration oxygen mask' mit Reservoirbeutel zur Verwendung mit konstant-dosiertem Sauerstoff (Einmal-Material). Ein Ventil verhindert die Rückatmung in den Reservoirbeutel, 2 Ausatemventile verhindern das Einatmen von Umgebungsluft. Lt. GTÜM-Leitlinie Tauchunfall schlechter als so genannte 'Demand-Systeme' und nur sinnvoll ab 15 l/min Constant-flow.

In Anbetracht von AB's kritisch neurologischem Zustand ist es recht unglücklich, dass er nicht intubiert und mit hochkonzentriertem O<sub>2</sub> und bei Normokapnie ventiliert wurde, lange bevor das letztlich getan wurde. Tatsächlich hätte eine basale Management-Strategie für einen Patienten mit schwerem zerebralen Schaden deutlich vor Beginn des Transfers nach Singapur begonnen werden müssen.

Die Entscheidung, in einer lokalen Kammer zu rekomprimieren oder zu einer anspruchsvolleren Kammer mit Intensiv-Versorgung zu überführen, ist besonders dann schwierig, wenn die lokalen Ressourcen begrenzt sind. Während wenig Zweifel darüber besteht, dass eine sofortige Rekompensation lebensrettend sein kann, besteht auch Evidenz darüber, dass eine lokale Rekompensation in kleinen Kammern und mit Medizinern, welche nur schwer mit komplexen Patienten umgehen können, zu schlechten Ergebnissen führen kann [9]. Im vorliegenden Falle hätte die Konsultation eines Pulmonologen oder eines vernünftig ausgebildeten

Radiologen gezeigt, dass die Zyste lediglich ein kleines Risiko für eine Rekompensation im Vergleich zu den negativen Ergebnissen einer signifikanten Gasembolie bedeutet. Darüber hinaus hatte AB zwar einen fluktuierenden Bewusstseinszustand, aber er war während der Zeit im lokalen Krankenhaus hämodynamisch stabil. Weil die Zeit bis zur Diagnose einer DCI durch den Marine-Taucherarzt beträchtlich war, bleibt es spekulativ, ob es zu einem besseren Ausgang hätte kommen können.

**Tauchtauglichkeits-Überlegungen.** Der Wert einer Tauchtauglichkeits-Untersuchung bleibt umstritten [10,11]. AB unterzog sich einer solchen Tauchtauglichkeits-Untersuchung, welche einen Röntgenthorax solange nicht fordert, solange es keine respiratorischen Symptome gibt. Tatsächlich werden oberflächige Bullae, welche wahrscheinlich eher pathologisch sind, üblicherweise nicht durch einen Röntgenthorax aufgedeckt. Wäre bei AB ein Röntgenthorax mit anschließendem CT durchgeführt worden, dann wäre er ziemlich sicher nicht tauchtauglich geschrieben worden. Wie bereits früher diskutiert ist es nicht klar, bis zu welchem Ausmaß eine stabile, dickwandige Zyste tatsächlich eine Bedrohung für ein pulmonales Barotrauma darstellt, oder ob sie in diesem Fall die Schuldige war. Ganz ähnlich wurde der Wert von prophylaktischen ASD/PFO-Untersuchungen in der Abwesenheit von Symptomen extensiv in der Literatur diskutiert [12-14]. Irgendeine Beziehung zwischen dem PFO und AB's Schädigungen bleibt rein spekulativ.

### Schlussfolgerungen

Dieser Fall beleuchtet insbesondere für solche Taucher, die in entfernte Regionen reisen, die Bedeutung

- von ausreichenden Informationen über Tauchunfälle und
- des Mitführens von Kontaktnummern tauchmedizinischer Hotlines, so dass ein sofortiger Rat eines Experten dann eingeholt werden kann, wenn Symptome nach dem Tauchen auftreten.

Dieser Fall verweist auch auf die Bedeutung einer besseren Erziehung im Hinblick auf die allgemeine medizinische Gemeinschaft beim Management von Tauchunfällen und auf die vorhandenen Optionen. Letztlich beleuchtet dieser Fall die Wirklichkeit auch insofern, als einige Taucher eine medizinische Tauchtauglichkeit erhalten, welche aus medizinischen Gründen nicht tauchen sollten. Das kann manchmal zu tragischen Konsequenzen führen.

### Lesenswerte Literatur

1. Neumann TS. Arterial gas embolism and pulmonary barotrauma. In: Brubakk AO, Neumann TS, editors. Bennett and Elliot's physiology and medicine of diving, 5th ed. Philadelphia: Saunders 2003:557-77
2. Germonpré P, Balestra C, Pieters T. Influence of scuba diving on asymptomatic isolated pulmonary bullae. *Diving and Hyperbaric Medicine* 2008;38: 206-11
3. Denison DM. Mechanics of pulmonary barotrauma. In: Elliott D, editor. Medical assessment of fitness to dive. Ewell: Biomedical Seminars; 1995:112-13
4. Wilmshurst PT, Pearson MJ, Walsh KP, Morrison WL, Bryson P. Relationship between right-to-left shunts and cutaneous decompression illness. *Clinical Sci* 2001;100:539-42
5. Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med* 2007;34:43-9
6. Leigh JM. Variation in performance of oxygen therapy devices. *Anaesthesia* 1070;25:210-22
7. Davis M. Oxygen therapy equipment: a theoretical review. *SPUMS Journal* 1998;28:165-72
8. Lippmann J. Oxygen first aid, 3rd edition. Ashburton: J L Publications 2006
9. Ross JAS, Sayer MDJ, Trevett AJ. The relationship between time to recompression treatment and clinical outcome for decompression illness treated in Scotland. *Undersea Hyperb Med* 2007;34:269
10. Meehan CA, Bennett MH. Medical assessment of fitness to dive – comparing an questionnaire and a medical-based interview approach. *Diving and Hyperbaric Medicine* 2010;40:119-24
11. Glen S. Three year follow up of a selfcertification system for the assessment of fitness to dive in Scotland. *Br J Sports Med* 2004;38:754-7
12. Torti SR, Billinger M, Schwerzmann M, Vogel R, Zbinden R, et al. Risk of decompression illness among 230 divers in relation to the presence and size of patent foramen ovale. *Eur Heart J* 2004; 25:1014-20
13. Cantais E, Lough P, Suppini A, Foster P, Palmer B. Right-to-left shunt and risk of decompression illness with cochleovestibular and cerebral symptoms in divers: case control study in 101 consecutive dive accidents. *Crit Care Med* 2003;31:84-8
14. Balestra C, Cronjé FJ, Germonpré Marroni A. PFO and the diver. Flagstaff AZ: Best Publishing Company 2007

### Korrespondenzadresse

John Lippmann, Director, DAN Asia-Pacific  
P.O. Box 384, Ashburton, VIC 3147  
Australia  
+61-(0)3-9886-9166  
[johnl@danasiapacific.org](mailto:johnl@danasiapacific.org)



## Kommentar zu Problemen beim Tauchen in entfernten Gegenden und unterentwickelten Ländern

G Hawkins

Der Tod des jungen Tauchers sollte in der Tauchgemeinde Resonanzen auslösen. Obwohl Tauchen ein relativ sicherer Sport ist, können unvorhersagbare Zwischenfälle auftreten. Der tragisch verlaufene Fall verweist auf zwei Aspekte:

- auch für Tauchurlaube sollten Pläne für standardmedizinische und tauchmedizinische Notfälle vorliegen und
- fitte, gesunde Menschen können trotz vorausgegangener Untersuchung sterben.

Menschen, welche sich teure Übersee-Urlaube und teure Ausrüstungen leisten, knausern bei Versicherungen. Üblicherweise deckt eine Reiseversicherung medizinische Kosten, Reiseverzögerungen, Stornierungen und verlorene Gegenstände bei relativ niedrigen Beiträgen. Und eine Versicherung und Mitgliedschaft für Taucher erleichtert das Management der Behandlung und die Rückführung eines kranken Tauchers beträchtlich. Ein erfahrener Versicherer von Tauchunfällen ermöglicht auch rasche Entscheidungen. Unglücklicherweise verging im vorliegenden Fall viel zu viel Zeit, bis ein Tauchunfall diagnostiziert und DAN-Amerika einbezogen wurde. Diese Verzögerung könnte dem jungen Mann das Leben gekostet haben, denn eine rasche Dekompression war zu jedem Zeitpunkt erforderlich.

Reisende müssen für den Notfall planen. In einigen Regionen gibt es keine Ärzte. Und selbst in Tauchregionen können nur sehr wenige Ärzte Tauchunfälle richtig diagnostizieren und therapieren. Nach der Entscheidung für einen Tauchurlaub in entfernten Gegenden sollte daher jede Notfall-Planung den Kontakt zu einem Taucher-Notdienst seines eigenen Landes vom Urlaubsort aus garantieren. Versicherungen werden selbst für Nicht-Versicherte mit Diagnosen helfen und versuchen, Hilfe zu organisieren. Allerdings wird die Logistik ungewöhnlich kompliziert, wenn es um eine Rückführung oder eine Überführung in ein besser ausgestattetes Krankenhaus geht. Darüber hinaus könnte die Rückführung in ein Land mit ungewöhnlich hohen Gesundheitskosten erfolgen.

Vor dem Tauchen sollte der Tauchveranstalter zur bordeigenen Ausrüstung – z.B. nach Erste-Hilfe-Koffer und O<sub>2</sub>-Flasche – befragt werden. Und die Flasche sollte voll sein und die Crew damit umgehen können. Beim Briefing sollten Notfall-Pläne angesprochen werden, und vor einer Serie von

### Beispiel: Transportkosten

*Der Transport eines verunfallten Tauchers von den Solomon-Inseln nach Australien mit einem Medevac Jet kostet 85.000 US\$.*

*Trägt die Versicherung davon 80 %, würde die Familie an einem Wochenende und auf der Stelle 17.000 US\$ übernehmen müssen, noch bevor das Flugzeug abgehoben hätte.*

Tauchgängen muss ein Transport-Plan bekannt sein, sollte es zu einer Verletzung oder zu einer Erkrankung kommen. Bei Bedenken: auf den Tauchgang verzichten und an einem anderen Tage tauchen!

Die meisten Länder bewegen sich in Richtung auf medizinische Selbstauskünfte. Auch Australien bewegt sich in Richtung auf die ISO-Standards (Selbstauskunft ist Standard), und es ist interessant, ob dadurch Morbidität und Mortalität in der australischen Tauchgemeinde ansteigen werden. Im Gegensatz zu einer schottischen Studie legt eine Studie an über 1000 Tauchkandidaten nahe, dass bei der Selbstauskunft vielleicht medizinische Probleme übersehen wurden, derentwegen einige Kandidaten nicht tauchtauglich geschrieben worden wären [1,2].

Die Crux liegt in dem Wort 'vielleicht', und der vorliegende Fall liefert ein gutes Beispiel. Wäre der junge Mann mit der großen Zyste in der Lunge ausgeschlossen worden? Die meisten Ärzte hätten ihn bei Kenntnis der Zyste ausgeschlossen. Hätte ich selbst bei AB routinemäßig einen Röntgenthorax gemacht? Wahrscheinlich nicht. Und das führt uns zum Kosten-Nutzen-Gleichgewicht, welches wir alle in der Medizin praktizieren, und das wir das Leben lang auf der Basis der Erfahrung verfeinern. Unglücklicherweise passieren manchmal 'guten' Leuten schlechte Dinge. Planung kann häufig die Konsequenzen eines 'schlechten Tages in der Tauch-Basis' entschärfen, und das bringt mich zurück zu meiner open-water-Tauch-Maxime: 'Plane Dein Tauchen und tauche Deinen Plan'.

### Lesenswerte Literatur

1. Mehan CA & Benett MH. Medical assessment of fitness to dive – comparing a questionnaire and medical-based interview approach. Diving and Hyperbaric medicine 2010;40:119-124
2. Glen S. Three year follow-up of a self certification system for the assessment of fitness to dive in Scotland. Br J Sports Med 2004;38:754-757

### Korrespondenzadresse

Glen Hawkins, FANZCA  
glen@hyperbarichealth.com

G. Hawkins – Diving Hyperb. Med. 2011;41(1):35

CAISSON 2011;26(2):23



## Decompression sickness in a vegetarian diver. Are vegetarian divers at risk? A case report

RA van Hulst<sup>1</sup> & W van der Kamp<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Diving Medical Center, Royal Netherlands Navy, The Netherlands

<sup>2</sup>Department of Neurology, Sint Elisabeth Hospital, Willemstad, Curaçao

We present a case of a diver who suffered decompression sickness (DCS), but who also was a strict vegetarian for more than 10 years. He presented with symptoms of tingling of both feet and left hand, weakness in both legs and sensory deficits for vibration and proprioception after two deep dives with decompression. The initial clinical features of this case were most consistent with DCS, possibly because of a vulnerable spinal cord due to cobalamin deficiency neuropathy. This case illustrates the similarities between DCS and a clinically defined vitamin B12 deficiency. The pathophysiology of vitamin B12 deficiency and common pathology and symptoms of DCS are reviewed.

**Keywords:** Decompression sickness; HBO; Vegetarian; Cobalamin; Vitamin B12

## Dekompressions-Krankheit bei einem tauchenden Vegetarier. Sind tauchende Vegetarier gefährdet? Ein Fallbericht

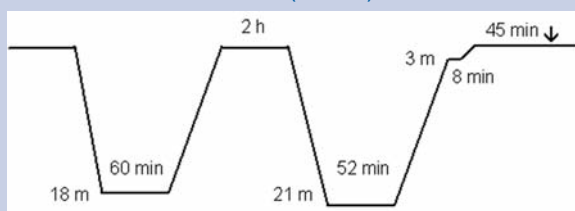
Es wird ein seit zehn Jahren streng vegetarisch lebender Taucher mit Dekompressions-Krankheit (DCS) beschrieben. Nach zwei tiefen Tauchgängen mit Dekompression klagte er bei der Aufnahme über Kribbeln in den Füßen, in der linken Hand, über Schwäche in beiden Beinen und Empfindungsverlust gegenüber Vibration und Propriozeption. Die initialen klinischen Merkmale dieses Falles stimmten sehr konsistent mit einer DCS überein, was vermutlich auf ein gefährdetes Rückenmark als Folge einer Cobalamin-Mangel-Neuropathie zurückzuführen ist. Der vorliegende Fall beschreibt Ähnlichkeiten zwischen einer DCS und einem klinisch definierten Vitamin-B12-Mangel. Die Pathophysiologie des Vitamin-B12-Mangels und die übliche Pathologie und die Symptome einer DCS werden beschrieben.

**Schlüsselwörter:** Dekompressions-Krankheit; HBO; Vegetarier; Cobalamin; Vitamin-B12

*Kommentar: JD Schipke*

### Fallbericht

Ein 36-jähriger, weißer, männlicher Tauchlehrer machte einen Tauchgang über 60 min auf 18 m und einen zweiten Tauchgang über 52 min auf eine max. Tiefe auf 21 m (Abb. 1). Die Oberflächen-



pause zwischen den beiden Tauchgängen betrug 2 h. Sein Tauchcomputer zeigte einen Dekompressions-Stopp von 8 min auf 3 m an. Dieser Stopp wurde durchgeführt. Ungefähr 45 min nach dem Tauchgang merkte der Tauchlehrer ein Kribbeln in den Füßen und der linken Hand,

Schwäche in beiden Beinen, Schmerzen im Ellenbogen des linken Armes und eine allgemeine Müdigkeit. Er begann, 100 % Sauerstoff zu atmen, und er rehydrierte sich mit 500 ml Wasser. Während des Transportes zu der Überdruckkammer atmete er 100 %igen Sauerstoff.

Die Ankunft an der Überdruckkammer erfolgte nach 6 h. Bei der Ankunft war er gut orientiert, hatte eine normale Sprache, eine normale Pupillenreaktion und eine normale kardio-pulmonale Untersuchung. Die neurologische Untersuchung war für die kranialen Nerven normal, die Reflexe beider Arme waren schwach, keine Reflexe in den Beinen, normale Stärke in Armen und Beinen, abnormale Empfindungen gegenüber Vibration und Propriozeption seiner Beine. Die Koordination war normal.

Der Patient wurde mit der US-Navy-Tabelle 6 behandelt (2,4 bar, 90 min). Diese Sitzungen fanden über vier Tage einmal täglich statt. Die

RA van Hulst & W van der Kamp  
UHM 2010;37(3):1818-184

CAISSON 2011;26(2):24-27

Symptome verbesserten sich graduell während der Behandlung, aber zwischen den Behandlungen kam es zu einem Rezidiv, welches insbesondere die sensorischen Symptome und die Schwäche in den Unterschenkeln betraf. Dieser Zustand hielt auch nach der letzten HBO-Behandlung an. Seine Krankengeschichte zeigt keine neurologischen Abnormalitäten, und er hatte keine neurologischen Zeichen oder Symptome in der näheren Vergangenheit.

Nachdem uns am Tage 4 der Behandlung Informationen über die vegetarische Ernährung erreichten, wurden zusätzliche hämatologische Labortests durchgeführt. Die Werte waren nicht normal und legten eine makrozytäre Anämie nahe:

- Vitamin-B12-Konzentration von 100 pmol/l (normal: 165-835 pmol/l),
- Folsäure 10,9 nmol (normal: 9,2-38 nmol),
- relative Eisensättigung 7 % (normal: 25-50 %),
- Serum-Eisen 4 µmol/l (normal: 12-30 µmol/l) und
- Ferritin 108 µg/l (normal: 50-300 µg/l).

Um eine Resorptionsstörung auszuschließen, wurde ein Schilling-Test durchgeführt, welcher negativ verlief. Die klinischen neurophysiologischen Untersuchungen für das ENG und für somatosensorische evozierte Potentiale (N. tibialis anterior) waren normal. Eine Polyneuropathie lag nicht vor. Nach Absprache mit der Inneren Medizin wurden 1,00 µg Cyanocobalamin intramuskulär über fünf Tage gegeben.

Wir führten diese parenteralen Injektionen wöchentlich während des ersten Monats durch und dann monatlich über den Zeitraum von drei Monaten. Innerhalb von vier Wochen war der Patient vollkommen von seinen restlichen neurologischen Symptomen befreit. Ihm wurde nahegelegt, Multivitamin-tabletten mit Vitamin-B12 täglich einzunehmen.

Weil es sich um einen beruflich tätigen Sport-Tauchlehrer handelte, wurde er mit Hilfe der transösophagealen Echokardiographie auch auf ein offenes Foramen ovale untersucht. Es fand sich kein Shunt. Seine Blutwerte waren nach vier Monaten wieder hergestellt, und er nahm nach sechs Monaten das Tauchen wieder auf.

## Einleitung

Die Dekompressions-Krankheit (DCS) präsentiert sich in einer großen Fülle von Zeichen und Symptomen. Zu diesen gehören Gelenkschmerzen, Haut- und kardiorespiratorische und neurologische Probleme. In Abhängigkeit von der Tauchzeit, der Tauchtiefe und dem Intervall bis zum Auftreten der Symptome, wird der Taucher entlang üblicher Tabellen mit Hyperbarem Sauerstoff behandelt.

Allerdings kann eine andere neurologische Krankheit, welche nichts mit dem Tauchen zu tun hat, nach der hyperbaren Behandlung auftreten. Zu dieser gehört z.B. eine progressive Ulnarislähmung, eine Guillain-Barré-Polyneuritis und Multiple Sklerose [1-3].

## Diskussion

Neurologische Zeichen und Symptome, welche sich akut nach einem Tauchgang präsentieren, sind häufig Manifestationen einer DCS, bei denen Sauerstoff und eine hyperbare Behandlung erforderlich werden [4]. Allerdings haben verschiedene neurologische Krankheiten und die neurologische DCS Gemeinsamkeiten. Daher können sie miteinander verwechselt werden [1-3, 5]. Nach bestem Wissen glauben wir, dass es sich hier um den ersten publizierten Fall eines tauchenden Vegetariers mit einem Vitamin-B12-Mangel in Kombination mit einer DCS handelt.

Vitamin-B12 – Cyanocobalamin – ist eine der vielen Cobalamine mit biologischer Aktivität im Körper. Cobalamine liegen umfangreich in Fleisch, Fisch und den meisten tierischen Nebenprodukten vor. Obwohl Gemüse üblicherweise dieses Vitamin nicht enthält, entwickeln strikte Vegetarier fast nie einen klinischen Mangel, weil nur 5 mg des Vitamin-B12 pro Tag benötigt werden. Eine angemessene Menge ist aber in Hülsenfrüchten vorhanden.

Der Intrinsic-Faktor, ein von gastrischen Parietalzellen sezerniertes Bindungsprotein, wird für die innere Absorption von B12 benötigt. Eine Resorptionsstörung wegen einer defekten Produktion des Intrinsic-Faktors ist wahrscheinlich die häufigste Ursache für einen B12-Mangel [6].

Ein Vitamin-B12-Mangel betrifft das Rückenmark, das Gehirn, Sehnerven und periphere Nerven. Der Mangel manifestiert sich graduell über Monate. Das Rückenmark ist typischerweise zuerst und häufig auch ausschließlich betroffen [7]. Die Patienten bemerken zunächst eine allgemeine Müdigkeit und Parästhesien (Kribbeln), einem Gefühl wie 'Eingeschlafen sein' und anderen vage beschriebenen Sensationen. Mit dem weiteren Fortschreiten der Krankheit wird der Gang unstet, und es entwickeln sich eine Steifigkeit und Schwäche der Glieder, insbesondere der Beine.

Im frühen Verlauf der Krankheit gibt es möglicherweise keine objektiven Zeichen. Im späteren Verlauf lassen sich Störungen der posterioren und lateralen Stränge des Rückenmarkes feststellen. Der Verlust des Vibrationsgefühles ist das häufigste, konsistente Zeichen. Es ist stärker in den Beinen betont und breitet sich oft in Richtung Rumpf aus. Der Lagesinn ist üblicherweise ebenfalls gestört. Die motorischen Zeichen, üblicherweise auf die Beine begrenzt, beinhalten einen Kraftverlust, Änderungen in den Sehnenreflexen und Klonus.

Bei Tauchern beginnt die spinale DCS häufig akut innerhalb einiger Stunden nach dem Auftauchen mit Taubheit und Schwäche in den Beinen. Die DCS ist häufig progressiv mit ansteigendem Grad für sensorische und motorische Ausfälle [5]. Diese Symptome legen eine Beteiligung des Rückenmarks mit einer Prädominanz der dorsalen und lateralen Stränge nahe. Histopathologische Studien ergaben für beide Krankheiten (DCS und Vitamin-B12-Mangel) Zentren von Myelin- und Axon-Zerstörungen in der weißen Substanz des Rückenmarks. Die am schwersten betroffenen Regionen sind die posterioren Stränge im thorakalen und zervikalen Bereich. Schäden werden aber ebenfalls in den lateralen Strängen gefunden. Die pathologischen Befunde für das periphere Nervensystem beinhalten eine axonale Degeneration und eine signifikante Demyelinisierung [8,9].

Die Mechanismen bei einer akuten DCS sind Bläschen, welche im arteriellen und venösen System eine vaskuläre Obstruktion verursachen und eine Freisetzung von Gasbläschen in die weiße Substanz des Rückenmarks und in der Folge Spongiosis, axonales Schwellen und Myelin-Degeneration [10,11].

Affen mit einer andauernden Vitamin-B12-Mangel-Diät entwickelten neuropathologische Veränderungen, welche nicht von denen bei Menschen zu unterscheiden waren [7]. Die Zeit, welche für die Produktion von neurologischen Veränderungen bei den Affen benötigt wurde (= 33-45 Monate) ist mit der Zeit vergleichbar, welche benötigt wird, um die Vitamin-B12-Speicher von Patienten mit einer Perniziösen Anämie zu entleeren. Bei dem hier beschriebenen Taucher ergab sich nach dem Schilling-Test keine Perniziöse Anämie.

Das Serum-Cobalamin sollte immer gemessen werden, wenn ein Vitamin-B12-Mangel vorliegen könnte. Serum-Konzentrationen von weniger als 100 pg/ml sind üblicherweise mit neurologischen Symptomen und Zeichen eines Vitamin-B12-Mangels assoziiert.

Das höchste Ziel bei der unmittelbaren Behandlung eines B-12-Mangels besteht darin, die Körperspeicher aufzufüllen und ein nachfolgendes Rezidiv so lange wie möglich für den Fall zu verhindern, dass die Patienten die Therapie später absetzen sollten [12]. Basierend auf empirischen Beobachtungen sollte 1 mg Vitamin-B12 pro Woche zwölf Wochen lang als initiale Therapie gegeben werden. Nach Beendigung der kompletten Serie kann der Patient auf 1 mg B12 alle drei Monate reduziert werden [12,13]. Im Allgemeinen verbessern sich alle neurologischen Zeichen und Symptome und zwar am stärksten in den ersten drei bis sechs Monaten der Therapie. Danach geht es langsamer weiter und zwar über ein Jahr oder sogar länger [7,12].

Kürzlich wurde die MR-Bildgebung eingesetzt, um eine subakute Degeneration als Folge eines Cobalaminmangels zu diagnostizieren. Es zeigte sich ein sehr typisches Muster mit T2-hyperintensiven Signal-Veränderungen (typischerweise begrenzt zum dorsalen Strang). Die MR-Bildgebung gestattet eine sehr frühe Differenzierung dieser Erkrankung von anderen Myelopathien [14,15]. Andererseits wurde die MR-Bildgebung bei Tauchern mit akut neurologischen DCS verwendet, um zerebrale und spinale Verletzungen zu zeigen. Aber diese Technik war relativ unsensitiv und war häufig nicht in der Lage, Verletzungen bei Patienten mit offensiblen neurologischen Zeichen und Symptome zu zeigen [5].

In dem hier vorgestellten Fall schlossen wir initial auf eine DCS, welche sich nach dem akuten Beginn von Symptomen auf provokante Dekompressions-Tauchgänge zurückführen ließ. Wir spekulieren, dass der Taucher wegen eines verletzlichen Rückenmarks gefährdet war, und dass diese Gefährdung auf einen lang anhaltenden Vitamin-B12-Mangel zurückzuführen war. Zusätzlich glauben wir auch, dass einige der Symptome in der Nachbehandlungs-Periode Manifestationen des B12-Mangels waren, welche durch die DCS verstärkt wurden.

### Schlussfolgerung

Taucherärzte sollten eine Vitamin-B12-Mangel zur Liste der Differentialdiagnosen bei der DCS hinzufügen, da sich die neurologischen Zeichen und Symptome ähneln. Wir glauben allerdings nicht, dass Vegetarier im Allgemeinen gegenüber einer DCS gefährdet sind. Sie sollten sich aber über ihren Ernährungsstatus im Klaren sein, und zwar insbesondere im Hinblick auf Vitamin-B12. Im Zweifel und besonders dann, wenn kein Supplement eingenommen wird, sollten Taucher eine Laboruntersuchung überlegen. Das gilt insbesondere für Tauchlehrer und für die Taucher, die häufig Dekompressions-Tauchgänge durchführen.





### Lesenswerte Literatur

1. Butler FK, Pinto CV. Progressive ulnar palsy as a late complication of decompression sickness. *Ann Emerg Med* 1986;15:738-741
2. Ditre L, Mase G, Marroni A. Guillain Barre Polyneuritis after multiday-multilevel diving in the Red Sea mimicking neurological decompression sickness; a case report. *J Hyperbaric Med* 1991;6:107-110
3. Moore JH, Jankosky CJ. Multiple sclerosis presenting as neurological decompression sickness in a US Navy diver. *Aviat Space Environ Med* 2003;74:184-186
4. Moon RE, Gorman DF. Treatment of the decompression disorders. In 'Physiology and medicine of diving', 5th edition. Eds. AO Brubakk, TS Neumann, 2003, Saunders, pg 600-650
5. Francis TJR, Mitchell SJ. Manifestations of decompression disorders. In 'Physiology and medicine of diving', 5th edition. Eds. AO Brubakk, TS Neumann, 2003, Saunders, pg 578-599
6. So YT, Simon RP. Deficiency diseases of the nervous system. In 'Neurology in Clinical Practice,' Vol II, Ed. WG Bradley et al. 1996, Butterworth-Heinemann, pg 1373-1387
7. Adam RD. Diseases of the nervous system due to nutritional deficiency. In 'Principles of neurology,' 6th edition. Ed RD Adams, M Victor, AH Ropper. 1997, McGraw-Hill, pg 1138-1166
8. Palmer AC, Calder IM, McCallum RI, Mastaglia FL. Spinal cord degeneration in a case of recovered spinal decompression sickness. *BMJ* 1981;283:88
9. Palmer AC, Calder IM, Hughes JT. Spinal cord degeneration in divers. *Lancet* 1987;1365-1366
10. Dick EJ, Broome JR, Hayward IJ. Acute neurological decompression illness in pigs: lesions of the spinal cord and brain. *Lab Anim Sci* 1997;47:50-57
11. Francis TJR, Mitchell SJ. Pathophysiology of decompression sickness. In 'Physiology and medicine of diving', 5th edition. Eds. AO Brubakk, TS Neumann, 2003, Saunders, pg 530-556
12. Savage DG, Lindenbaum J. Neurological complications of acquired cobalamin deficiency: clinical aspects, review. *Baillieres Clin Haematol* 1995, 8:657-678
13. Lindenbaum J. Subacute combined degeneration. In: Johnson RT & Griffin JW (eds) 1993, St Louis Mosby Year Book: 'Current therapy in neurological diseases,' pg 342-346
14. Krishna KK, Arafat A-SM, Ichaporia NR, Jain MM. MRI findings in cobalamin deficiency. *J Clin Neuroscience* 2003;10:84-85
15. Fritschi J, Sturzenegger M. Spinal MRI supporting myelopathic origin of early symptoms in unsuspected cobalamin deficiency. *Eur Neurol* 2003;49:146-150

### Korrespondenzadresse

Dr. R.A. van Hulst  
 ra.v.hulst@mindef.nl  
 ravhulst@planet.nl

Standardwerk.



Ch. Klingmann  
K. Tetzlaff (Hrsg.)

## Moderne Tauchmedizin

■ Handbuch für  
Tauchlehrer,  
Taucher und Ärzte

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachautoren

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

Empfehlung für Ärzte.



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

## Checkliste Tauchtauglichkeit

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

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachautoren

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

Sicherheit.



Hubertus Bartmann

## Der perfekte Tauchanzug

■ Handbuch für  
Tauchausbilder,  
Tauchshops  
und Taucher

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

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

Gentner Verlag • Buchservice Medizin

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



## Kommentierte Literatur: HBO-Therapie

### Hyperbaric Oxygen Therapy: Solution for difficult to heal acute wounds? Systematic review

AM Eskes<sup>1,2</sup>, DT Ubbink<sup>1,3</sup>, MJ Lubbers<sup>3</sup>, C Lucas<sup>4</sup>, H Vermeulen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Quality Assurance & Process Innovation, Academic Medical Center, University of Amsterdam, NL

<sup>2</sup>Amsterdam School of Health Professions, Amsterdam, NL

<sup>3</sup>Department of Surgery, Academic Medical Center, University of Amsterdam, Amsterdam, NL

<sup>4</sup>Department of Clinical Epidemiology, Biostatistics, and Bioinformatics, Academic Medical Center, University of Amsterdam, NL

Mit freundlicher Genehmigung durch: Creative Commons Attribution Noncommercial License s. auch: <http://www.thecochranelibrary.com/>

**Background.** Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) is used to treat various wound types. However, the possible beneficial and harmful effects of HBOT for acute wounds are unclear.

**Methods.** We undertook a systematic review to evaluate the effectiveness of HBOT compared to other interventions on wound healing and adverse effects in patients with acute wounds. To detect all available randomized controlled trials (RCTs) we searched five relevant databases up to March 2010. Trial selection, quality assessment, data extraction, and data synthesis were conducted by two of the authors independently.

**Results.** We included five trials, totaling 360 patients. These trials, with some methodologic flaws, included different kinds of wound and focused on different outcome parameters, which prohibited meta-analysis. A French trial (n = 36 patients) reported that significantly more crush wounds healed with HBOT than with sham HBOT [relative risk (RR) 1.70, 95% confidence interval (CI) 1.11-2.61]. Moreover, there were significantly fewer additional surgical procedures required with HBOT (RR 1.60, 95% CI: 1.03-2.50), and there was significantly less tissue necrosis (RR 1.70, 95% CI: 1.11-2.61). In one of two American trials (n = 141) burn wounds healed significantly quicker with HBOT (P < 0.005) than with routine burn care. A British trial (n = 48) compared HBOT with usual care. HBOT resulted in a significantly higher percentage of healthy graft area in split skin grafts (RR 3.50, 95% CI: 1.35-9.11). In a Chinese trial (n = 145) HBOT did not significantly improve flap survival in patients with limb skin defects.

**Conclusions.** HBOT, if readily available, appears effective for the management of acute, difficult to heal wounds.

**Keywords:** Cochrane Library; Acute wounds; Wound healing; HBO; Randomized, controlled study

### Hyperbare Sauerstoff-Therapie: Eine Lösung für akute, schwer heilende Wunden? Eine systematische Übersicht

**Hintergrund.** Die hyperbare Sauerstofftherapie (HBO) wird benutzt, um verschiedene Wundarten zu behandeln. Die möglichen guten und schlechten Effekte der HBO bei der Behandlung von akuten Wunden sind jedoch unklar.

**Methodik.** Ein systematisches Review wurde durchgeführt, um die Effektivität der HBO im Vergleich zu anderen Interventionen für die Wundheilung und nachteilige Effekte bei Patienten mit akuten Wunden zu bewerten. Um alle verfügbaren, randomisierten, kontrollierten Studien aufzufinden, suchten wir in fünf relevanten Datenbanken bis einschließlich März 2010. Die Auswahl der Studien, die Erfassung der Qualität, die Datengewinnung und die Datensynthese wurden von zwei der Autoren unabhängig voneinander durchgeführt.

**Resultate.** Insgesamt wurden fünf Studien mit zusammen 360 Patienten eingeschlossen. Diese Studien – mit einigen methodischen Schwächen – beinhalten verschiedene Arten von Wunden und fokussieren auf verschiedene Endstrecken, wodurch sich eine Meta-Analyse verbietet. In einer französischen Studie (n=36 Patienten) heilten signifikant mehr Quetschwunden mit der HBO als mit der Schein-HBO [relatives Risiko (RR) 1,70, 95 % Konfidenz-Intervall (CI) 1,11-2,61]. Zusätzlich wurden signifikant weniger chirurgische Eingriffe mit der HBO benötigt (RR 1,60, 95 % CI: 1,03-2,50), und es ergaben

AM Eskes, DT Ubbink, MJ Lubbers, C Lucas,  
H Vermeulen  
World J Surg 2011 35(3):535-542

CAISSON 2011;26(2):29-35



sich signifikant weniger Gewebnekrosen (RR 1,70, 95 % CI: 1,01-2,61). In einer der beiden amerikanischen Studien (n=141) heilten Verbrennungswunden signifikant schneller mit der HBO (p<0,005) als mit der üblichen Versorgung für Verbrennungen. Eine britische Studie (n=48) verglich die HBO mit der üblichen Versorgung. Die HBO ergab signifikant mehr gesunde Transplantatbereiche bei Spalthaut-Transplantaten (RR 3,50, 95 % CI: 1,35-9,11). In einer chinesischen Studie (n=145) verbesserte die HBO das Überleben von Lappen bei Patienten mit Hautdefekten an den Gliedmaßen nicht signifikant.

**Schlussfolgerung.** Die HBO, wenn sie einfach verfügbar ist, scheint für das Management akuter, schwer heilender Wunden effektiv zu sein.

**Schlüsselwörter:** Cochrane Library; HBO; Akute Wunden; Wundheilung; Randomisierte, kontrollierte Studien

*Kommentar: JD Schipke*

## Einleitung

Akute Wunden sind durch den Untergang der Integrität der 'Weichteil-Hülle' gekennzeichnet, welche jeden Teil des Körpers umgibt [1]. Sie sind meistens die Folge eines chirurgischen Eingriffes oder eines Traumas. Solche Wunden kommen häufiger als chronische Wunden vor [2]. Die meisten akuten Wunden heilen ohne Schwierigkeiten. Zu den Faktoren, welche die Heilung behindern, gehören ein niedriges, lokales Blut- und Sauerstoffangebot, Infektionen oder Schädigungen des Gefäßsystems. Wenn einer dieser erschwerenden Faktoren auftritt, können diese Wunden als potentielle Problemwunden mit einer verlängerten Heilung betrachtet werden. In diesen Fällen wird eine spezifischere Versorgung nötig.

Die Hyperbare Sauerstoff-Therapie (HBO) – 100 % Sauerstoff bei Drücken über 1 bar – könnte die Wundheilung unterstützen, indem sie einen signifikant erhöhten Sauerstoffanteil zu der Haut und dem umgebenden Gewebe liefert [3,4]. Aus diesem Grunde ist die HBO zur Behandlung für verschiedene chronische und akute Wunden eingesetzt worden [5-7]. Die HBO wurde für Patienten mit diabetischem Fuß effektiv eingesetzt, und sie vermindert signifikant größere Amputationen und verbessert die Chancen auf eine Heilung nach einem Jahr [6,8]. Zwei andere Cochrane-Reviews zeigten, dass der potentielle Wert der HBO für offene Brüche und Verbrennungen unklar ist [7,9]. Eine weitere Literaturübersicht ergab eine Evidenz, dass die HBO die Heilung bei arteriellem Ulkus, kalziphylaktischem Ulkus, refraktärem vaskulitischen Ulkus, bei der Osteomyelitis verbesserten ebenso wie die erfolgreiche 'Übernahme' von betroffenen Lappen und Transplantaten [10]. Allerdings schloss diese Übersichtsarbeit randomisierte, klinische Studien, nicht-randomisierte Studien, Kohorten-Studien, retrospektive Analysen und Fallberichte ein. Der Einschluss der letzteren Studien-Designs und die Tatsache, dass das Review von einem einzelnen Autor geschrieben wurde, könnten mit einem beträchtlichen Bias-Risiko behaftete Ergebnisse produzieren.

Die Evidenz im Hinblick auf die Effektivität der HBO bei akuten Wunden ist nie systematisch bewertet worden. Wir haben daher eine systematische Cochrane-Übersichtsarbeit durchgeführt, um die folgenden Fragen zu beantworten: Ist die HBO bei akuten Wunden im Hinblick auf die Wundheilung, die Nebenwirkungen, die Schmerzen und die Kosten effektiver als andere Behandlungsmodalitäten (z.B. übliche Versorgung, Schein-HBO, verschiedene HBO-Intensitäten oder unterschiedliche Anzahl von Sitzungen)?

## Methodik

**Protokoll.** Die Methodik für die Analyse und die Einschlusskriterien waren im Vorhinein spezifiziert und sind an anderer Stelle beschrieben [11]. In der vorliegenden Arbeit wurden die Methoden und Resultate entsprechend den Vorgaben der Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) zusammen gefasst [12,13].

**Auswahl-Kriterien.** In dieser Übersichtsarbeit sind alle randomisierten, kontrollierten Studien eingeschlossen, welche den Effekt der HBO als Behandlung für akute Wunden bei Erwachsenen bewerten. Diese Studien verglichen die HBO mit anderen Interventionen oder Schein-HBO-Behandlungen, oder sie führten Vergleiche zwischen verschiedenen Intensitäten der HBO oder verschiedenen vielen Behandlungen durch. Studien wurden dann eingeschlossen, wenn sie mindestens Wundheilung und/oder Nebeneffekte als Endpunkte hatten. Als sekundäre Endpunkte galten: Mortalität, Schmerz-Scores, Lebensqualität, Patienten-Zufriedenheit, Aktivitäten des täglichen Lebens, Zunahme des transkutanen Sauerstoffdruckes (tcpO<sub>2</sub>), Amputationsrate, Dauer des Krankenhausaufenthaltes und Kosten.

**Informationsquellen.** Randomisierte, kontrollierte Studien wurden in folgenden Datenbanken gesucht: Cochrane Wounds Group Specialised Register, Ovid Medline, Ovid Embase und EBSCO Cinahl

bis zum März 2010 und das Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) bis zur Ausgabe 1/2010 [11]. Darüber hinaus verwendeten wir unser Wunden-Netzwerk, um laufende oder nicht-publizierte Studien aufzufinden. Wir untersuchten darüber hinaus auch alle Literaturangaben nach zusätzlichen, relevanten Studien. Es wurde keine Sprache, kein Publikationsdatum oder kein Publikationsstatus ausgeschlossen.

**Studienauswahl.** Zwei Autoren dieses Reviews suchten unabhängig voneinander relevante Studien auf der Basis der Titel und der Abstracts zu diesen Artikeln aus. Die Autoren unterlagen keinen Einschränkungen z.B. im Hinblick auf das Journal, die Autoren, die Institutionen oder den Umfang oder die Richtung der Ergebnisse.

Die Volltextversionen der Artikel wurden beschafft, wenn sie die Einschlusskriterien erfüllten oder wenn eine zusätzliche Untersuchung im Hinblick auf die Auswählbarkeit nötig war. Die letztendliche Auswahl der Studien wurde erneut unabhängig von den gleichen Autoren durchgeführt. Ein dritter Autor wurde im Falle von Diskrepanzen hinzugezogen.

**Datensammlung.** Zwei Autoren extrahierten Charakteristika und Daten der eingeschlossenen Studien und fassten sie zusammen. Bei Unstimmigkeiten wurde zwischen diesen beiden Autoren diskutiert. Wurde keine Einigung erreicht, entschied ein dritter Autor. In einem Fall wurde ein Autor einer eingeschlossenen Studie kontaktiert, um fehlende Informationen zu erhalten. Dieser Autor antwortete jedoch nicht. Angaben von doppelt publizierten Studien wurden nur einmal eingeschlossen.

**Bias-Risiko bei individuellen Studien.** Die methodologische Qualität jeder Studie wurde ebenfalls von zwei Autoren unabhängig voneinander bestimmt. Um das Bias-Risiko zu erfassen, benutzten wir das Bewertungs-Werkzeug der Cochrane-Collaboration [14]. Dieses Vorgehen beinhaltet sechs Qualitätsmerkmale: Prüfsequenz-Generierung, verdeckte Zuweisung, Verblindung, inkomplette Ergebnisse, selektive Berichte und 'andere' potentielle Bias-Quellen [14]. Erneut wurde ein dritter Autor hinzugezogen, um Diskrepanzen zu schlichten.

**Datenelemente.** Von jeder eingeschlossenen Studie wurden folgenden Informationen extrahiert:

- Charakteristika der Studienteilnehmer und Einschluss- und Ausschlusskriterien
- Interventionsart (Art, Dosis, Dauer und Häufigkeit der Behandlung) gegenüber der Kontrollintervention und
- Art der Ergebnisse.

**Summenmaße und Methodenanalyse.** Quantitative Daten wurden in das Cochrane-Collaboration-System eingegeben und analysiert. Diese Aufgabe wurde von einem Autor übernommen und von einem anderen überprüft. Wir berechneten summarische Schätzungen der Behandlungseffekte mit einem 95 %igem Konfidenz-Intervall (95 % CI) für jeden Vergleich. Für kontinuierliche Ergebnismittelwerte wurden die mittleren Differenzen berechnet. Für dichotome Ergebnismittelwerte kalkulierten wir das relative Risiko (RR) und für die Anzahl der notwendigen Behandlungen (NNT) die Risikodifferenz.

## Resultate

**Studienselektion.** Die Suche in den fünf Datenbanken ergab insgesamt 137 Publikationen. Nach Aussortieren von 15 Duplikaten blieben 122 übrig. Davon wurden 115 Publikationen ausgeschlossen, weil es sich (1) nicht um randomisierte, kontrollierte Studien handelte, oder (2) weil es nicht um akute Wunden ging. Von den verbliebenen sieben Publikationen wurden zwei weitere ausgeschlossen, weil (1) keine klinischen Ergebnisse gemessen wurden, und (2) weil es sich nicht um Patienten sondern um Freiwillige handelte. Letztlich erfüllten also fünf Publikationen die Einschlusskriterien. Nach einer Literatursuche innerhalb dieser fünf Publikationen fanden wir keine weiteren Studien, und wir hatten auch keine Kenntnis von nicht-publizierten, relevanten, randomisierten, kontrollierten Studien.

## Charakteristika der eingeschlossenen Studien.

**Teilnehmer und Interventionen.** Vier der fünf Studien waren in englischer Sprache publiziert. Eine Studie wurde vom nationalen Übersetzungsinstitut aus dem Chinesischen ins Holländische übersetzt. Der Umfang der Studien variierte zwischen 16 und 135 Patienten; insgesamt handelte es sich um 360 Patienten. Die HBO wurde für verschiedene Indikationen verwendet: Quetschverletzungen [15], Verbrennungen [16,17], Spalthauttransplantate [18] und Lappentransplantate für Defekte der Haut von Gliedmaßen [19]. Die Druckkammertypen, die Dauer und die Häufigkeit der Behandlungen unterschieden sich zwischen den Studien. Die HBO wurde gegenüber anderen Behandlungen verglichen (Tab. 1).

**Primäre und sekundäre Ergebnisse.** In vier Studien war die Wundheilung das Primärziel. Diese wurde allerdings unterschiedlich erfasst. In einer Studie war die Dauer des Krankenhausaufenthaltes das primäre Ergebnis [16]. Nebeneffekte (einschließlich neuer chirurgischer Eingriffe und Amputationshäufigkeit) und Dauer des Krankenhausaufenthaltes wurden in nur zwei Studien beschrieben [15,16]. Die Mortalität wurde zweimal beschrieben [16,17]. Andere Ergebnisse wurden nicht berichtet (Tab. 1).

**Tab. 1:** Charakteristika der fünf eingeschlossenen Studien (KOF: gesamte Körperoberfläche).

Studie	Zahl der Patienten	Art der Wunde	Kammertyp	Druck	Behandlungsdauer	Kontroll-Be-handlung	Ergebnisse	Follow-up [Tage]
Bouachour [15] 1996 Frankreich	36 (18 vs. 18)	Quetsch-verletzungen	Mehrplatz	100 % O <sub>2</sub> bei 2,5 bar	90 min 2 x / Tag über 6 Tage Routine-Verbrennungs-Management plus HBO	Schein-HBO	Wundheilung Heilungsdauer Nebeneffekte Amputations-Häufigkeit Dauer Krankenhaus	bis zur kompletten Heilung
Brannen [16] 1997 USA	125 (63 vs. 62)	Ver-brennungen	nicht bekannt	%-O <sub>2</sub> nicht bekannt 2,0 bar	90 min 2 X /Tag 1. HBO innerhalb von 24 h min. 10 Sitzungen; max. 1 Sitzung pro % KOF-Verbrennung	Routine-Verbrennungs-Management	Aufenthaltsdauer Mortalität Zahl chir. Eingriffe	?
Hart [17] 1974 USA	16	Ver-brennungen	Monoplatz	100 % O <sub>2</sub> bei 2,0 bar	Routine-Verbrennungs-Management plus HBO 90 min alle 8 h während 1. Tag an den nächsten Tagen: 90 min alle 12 h bis zur Heilung	Routine-Verbrennungs-Management plus Schein-HBO	mittl. Heilungsdauer Mortalität Nebeneffekte Sicherheit d. Patienten	?
Perrins [18] 1967 UK	48 (24 vs. 24)	Spalthaut-transplantat	klinische, transparente Druckkammer (Vickers)	100 % O <sub>2</sub> bei 2,0 bar	180 min 2x am 1. Tag nächste 3 Tage 1x	normale Versorgung	komplettes Überleben	7
Xie [19] 2007 China	135 (45 in jeder Gruppe)	Lappen-transplantat	nicht bekannt	nicht bekannt	Minuten: unklar über 3 Tage 2x / Tag Gesamt: 6 oder 12 Sitzungen	Dexamethason oder lokale Heparin-Behandlung	Überleben des Lappens	7

**Bias-Risiko innerhalb der Studien.** Die methodologische Qualität war angemessen. Daher war die interne Validität vernünftig (Tab. 2). Nur eine Studie berichtete das Randomisierungs-Verfahren [17]. Deswegen konnten wir die verdeckte Zuweisung in den anderen Studien nicht bewerten. Bouachour et al. [15] und Hart et al. [17] verblindeten Behandler, Patienten und Outcome-Assessor gegenüber der Behandlung. Patienten und Behandler wurden in der Studie von Brannen et al. nicht verblindet, und die Verblindung des Outcome-Assessors war unklar [16]. Perrins verblindete den Chirurgen gegenüber der Behandlung [18], und bei Xie und Li wurde niemand verblindet [19]. Alle randomisierten Teilnehmer wurden in der Gruppe, welcher sie zugeordnet waren, in den Studien von Bouachour et al. [15]

und Xie und Li [19] ausgewertet. In der Studie von Perrins wurden zwei Patienten von der Analyse ausgeschlossen [18]. Nichtsdestoweniger konnten wir eine post-hoc Intention-to-treat-Analyse durchführen. In den Studien von Brannen et al. [16] und Hart et al. [17] blieb unklar, ob für alle Endpunkte eine Intention-to-treat-Analyse durchgeführt wurde. Hart et al. [17], Perrins [18] und Xie und Li [19] berichteten keine Charakteristika der Teilnehmer zu Studienbeginn. Deswegen ließen sich die Ausgangsdaten nicht miteinander vergleichen. Bouachour et al. [15] und Hart et al. [17] wurden durch ein Stipendium ihres Krankenhauses unterstützt. Diese Autoren hatten aber keinen finanziellen Interessenkonflikt im Hinblick auf das Studienergebnis.

**Tab. 2:** Qualitätserfassung für die eingeschlossenen Studien.

Studie	Prüf-sequenz-generierung? <sup>1)</sup>	verdeckte Zuweisung?	Verblindung			Aussteiger-anteil akzep-tierbar?	intention-to-treat Analyse? <sup>3)</sup>	free of selective reporting? <sup>4)</sup>	frei von anderem Bias?	finanzielles Interesse?
			Behandler	outcome assessor <sup>2)</sup>	Patient					
Bouachour [15]	unklar	unklar	ja	unklar	ja	ja	ja	unklar	ja	ja
Brannen [16]	unklar	unklar	nein	unklar	nein	unklar	unklar	unklar	nein	unklar
Hart [17]	ja	ja	ja	unklar	ja	unklar	unklar	ja	nein	ja
Perrins [18]	unklar	unklar	ja	unklar	nein	ja	nein	unklar	unklar	unklar
Xie [19]	unklar	unklar	nein	nein	nein	ja	ja	unklar	unklar	unklar
<b>total</b>	<b>20 %</b>	<b>20 %</b>	<b>60 %</b>	<b>0 %</b>	<b>40 %</b>	<b>60 %</b>	<b>40 %</b>	<b>20 %</b>	<b>20 %</b>	<b>40 %</b>

1) Regel, nach der Patienten zufällig einer Intervention zugeordnet werden; 2) derjenige, der das Ergebnis bewertet; 3) Es werden alle Patienten, die am Anfang der Studie in die Verum-Gruppe oder die Placebo-Gruppe aufgenommen wurden, am Ende auch in der Ergebnisauswertung berücksichtigt. Gegensatz: per-protocol-Analyse; 4) nichtsignifikante Unterschiede werden seltener berichtet als signifikante Unterschiede. Das wäre selective reporting





**Quantitative Daten.** Die Studien unterschieden sich im Hinblick auf die Wundtypen, die Kontrollbehandlungen und die Ergebnisgrößen deutlich voneinander. Daher war die klinische Heterogenität beträchtlich, so dass wir uns darauf konzentrierten, die individuellen Studienergebnisse, die Anwendbarkeit und die Limitierungen zu beschreiben; eine Meta-Analyse war nicht angebracht.

**Quetschverletzungen.** Bouachour et al. [15] studierten die HBO bei Patienten mit Quetschverletzungen. In dieser französischen Studie wurde bei 17 Patienten (94 %) eine komplette Wundheilung mit Hilfe der HBO gegenüber 10 Patienten (56 %) in der Schein-HBO-Gruppe erreicht ( $p < 0,05$ ; RR 1,70; 95 % CI: 1,11-2,61; number needed to treat (NNT): 3). Es wurden andererseits keine statistischen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Hinblick auf die Zeit bis zur kompletten Heilung gefunden:  $50,2 \pm 21,1$  Tage (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) gegenüber  $55,8 \pm 19,9$  Tage (mittlere Differenz: 5,60; 95 % CI: 19,00-7,80).

Bouachour et al. [15] verglichen auch die HBO gegenüber der Schein-HBO im Hinblick auf Nebeneffekte. Zwei zusätzliche chirurgische Eingriffe (bei einem Patienten) wurden in der HBO-Gruppe nötig im Gegensatz zu acht (bei sechs Patienten) in der Schein-HBO behandelten Gruppe (RR 1,60, 95 % CI: 1,03-2,50; NNT: 3). Darüber hinaus entwickelte ein Patient in der HBO-Gruppe gegenüber acht Patienten in der Schein-HBO-Gruppe nekrotisches Gewebe (RR 1,70, 95 % CI: 1,11-2,61; NNT: 3). Keine Amputationen wurden in der HBO-Gruppe nötig im Gegensatz zu zwei Amputationen in der Schein-HBO-Gruppe (RR 1,12, 95 % CI: 0,93-1,36). Keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ergaben sich für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes (mittlere Differenz: 0,50; 95 % CI: 9,96-8,96). Andere (sekundäre) Endpunkte wurden nicht berichtet.

**Verbrennungen.** Brannen et al. [16] und Hart et al. [17] studierten die HBO bei Verbrennungspatienten in den Vereinigten Staaten. Brannen et al. untersuchten nicht die Wundheilung sondern die Mortalität, für die sie keine Unterschiede zwischen der HBO und dem routinemäßigen Verbrennungs-Management fanden (RR 0,98, 95 % CI: 0,37-2,64). Es wurden auch keine signifikanten Unterschiede für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes oder die Zahl der notwendigen chirurgischen Eingriffe gefunden. Allerdings konnten die Autoren der vorliegenden Übersichtsarbeit nicht auf die Originaldaten zugreifen und diese daher nicht re-analysieren.

Hart et al. berichteten signifikant niedrigere Heilungszeiten für die HBO-Gruppe (Mittelwert:

19,7 Tage) im Vergleich zu der Schein-HBO-Gruppe (Mittelwert: 43,8 Tage) ( $p < 0,005$ ). Um dieses Ergebnis überprüfen zu können, fehlen Angaben zur Standardabweichung. Keine Todesfälle wurden berichtet. Drei Patienten in der HBO-Gruppe erlitten ein Sinus-Barotrauma, und ein Patient in der Kontrollgruppe hatte während der Behandlung eine vorübergehende Virämie.

**Spalthauttransplantat.** Perrins bewertete die HBO bei Patienten, die mit einem Spalthauttransplantat versorgt wurden [18]. In dieser britischen Studie bedeutete das komplette Überleben eine 'Annahme' des Transplantates mit 95 %. Patienten der HBO-Gruppe hatten einen signifikant höheren Prozentsatz des kompletten Überlebens ( $> 95$  % gesunde Transplantatfläche: RR 3,50; 95 % CI: 1,35-9,11; NNT: 2). Entsprechend fand der Autor bessere Ergebnisse für die HBO-Gruppe. Aber zwei Transplantationen (8 %) bei der HBO-Gruppe versagten vollkommen gegenüber keinem Ausfall in der Kontrollgruppe (RR 5,00; 95 % CI: 0,25-98,96). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Andere sekundäre Ergebnisse wurden für die Spalthauttransplantationen nicht berichtet.

**Lappentransplantation.** Xie und Li studierten die HBO bei Patienten mit Haut-Defekten an den Gliedmaßen. Es wurden Lappentransplantationen vorgenommen [19]. Bei dieser chinesischen Studie ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für das komplette Lappentransplantations-Überleben zwischen der HBO- und der Dexamethason-Gruppe (RR 0,50, 95 % CI: 0,19-1,35) und zwischen der HBO- und der Heparin-Gruppe (RR 0,42, 95 % CI: 0,16-1,09).

## Diskussion

Im Hinblick auf die Effektivität der HBO für das Management akuter Wunden gibt es auf der Basis eines robusten Studiendesigns einige Evidenzen. Es handelt sich allerdings nur um wenige Studien, und diese zeigten eine Reihe von methodologischen Schwächen. Die Resultate der fünf randomisierten, kontrollierten Studien ließen sich nicht poolen. Auf der Basis von individuellen Studiendaten scheint die HBO für Patienten mit Quetschverletzungen günstig zu sein, denn es wurden eine verbesserte Wundheilung und weniger Nebenwirkungen sowie Nekrose oder Bedarf für zusätzliche chirurgische Eingriffe berichtet. Auch Verbrennungen scheinen mit der HBO schneller zu heilen. Zusätzlich scheint die HBO die 'Annahme' von Spalthauttransplantaten zu verbessern. Andererseits ist eine vollständige Wundheilung für den Patienten am Wichtigsten. Daher ist eine unvollständige Transplantat-'Annahme' nicht sehr bedeutsam, wenn es nur zu einer Verminderung der Wundgröße kommt.

Unsere Befunde werden durch frühere Reviews von Goldmann [10] und Wang et al. [5] unterstützt. Diese Übersichtsarbeiten schlossen allerdings nicht-randomisierte, kontrollierte Studien ein. Es ließ sich aber schlussfolgern, dass die HBO als eine adjunkte Therapie für kompromittierte Hauttransplantate günstig sein kann. Im Gegensatz dazu basierte unser Review auf randomisierten Studien, und wir benutzten die Methodik der Cochrane Collaboration. Unser Review beinhaltet nur Studien mit hoher Wertigkeit und liefert damit robustere Evidenzen.

Das vorliegende Review beinhaltet zwei Studien, welche vor mehr als 35 Jahren veröffentlicht wurden. Andererseits hat sich die HBO-Technik, wenn es nur darum geht, Luft zu komprimieren, seit dieser Zeit nicht geändert. Wir denken also nicht, dass dieser zeitliche Abstand unsere Schlussfolgerungen beeinflusst.

Eine der eingeschlossenen Studien berichtet über größere Nebenwirkungen in beiden Behandlungsarmen [15]. Das lässt sich aber nicht biologisch begründen und kann damit wahrscheinlich nicht auf die HBO zurückgeführt werden. Von größeren, deskriptiven Studien wissen wir, dass ungefähr 20 % der Patienten milde Nebenwirkungen erleiden. Zu diesen gehören zu einem gewissen Umfang Barotraumen des Mittelohres, und 60-70 % der Patienten leiden an einer messbaren aber reversibel verschlechterten Myopie [20].

Die Evidenzen für den Nutzen der HBO bei chronischen Wunden sind im Vergleich zu akuten Wunden höher [6,8,21]. Chronische Wunden haben typischerweise eine geringe lokale Perfusion, wodurch die Wundheilung behindert ist. Hier kann die HBO entgegen wirken. Ganz Ähnliches gilt für ischämische akute Wunden – wie Quetschverletzungen – bei denen die HBO bei der Bewältigung der initialen Periode einer lokalen Ischämie effektiv sein kann. Andererseits sind akute Wunden

schwieriger mit der HBO zu behandeln. Das liegt an ihrer Dringlichkeit und der begrenzten Verfügbarkeit von HBO-Einrichtungen. Daher ist die Anwendung der HBO nur dann gerechtfertigt, wenn die Kosten akzeptabel sind und eine HBO-Einrichtung zum Aufnahme-Zeitpunkt vorhanden ist. Es wäre also mutig, die Routineanwendung der HBO für solche Wunden zu empfehlen. Zusätzlich sollte die Patientenselektion sorgfältig vorgenommen werden und in Übereinstimmung mit den lokalen Leitlinien für anerkannte und erstattungsfähige Indikationen für die HBO sein [22,23] (Tab. 3). Andererseits ist die HBO gut verfügbar in Russland, China, Kuba und in Nordamerika, wo mehr als 300 Einrichtungen bei der Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS) registriert sind; die HBO ist weniger gut in Europa und Australasien vertreten [24].

Weitere Evaluationen durch gut geplante und gut durchgeführte, randomisierte, kontrollierte Studien sind nötig, um die klinisch relevanten Effekte der HBO zu untermauern. Patienten, die sich für die HBO eignen, benötigen wiederholte Behandlungen und hängen von der HBO-Verfügbarkeit ab. Das scheinen wichtige Gründe zu sein, warum randomisierte, kontrollierte Studien mit der HBO, insbesondere für akute Wunden, schwer durchzuführen sind. Allerdings nimmt die Anzahl der HBO-Kammern zu. Damit wird die Verfügbarkeit der Behandlung ausgeweitet. Akute Bedingungen, die möglicherweise für zukünftige Studien von Interesse sein könnten, sind Lappen, die in der plastischen Chirurgie verwendet werden, Kalziphyllaxie und Kieferchirurgie, weil bei diesen Bedingungen das Sauerstoffangebot ernsthaft behindert sein kann. In solchen Fällen ist die Wundheilung risikoreich und Wundinfektionen können häufiger auftreten. Augenblicklich ist eine randomisierte, kontrollierte Studie in Arbeit, bei welcher untersucht wird, ob die HBO zusätzlich zur Behandlung von späten Strahlungsschäden des Unterkiefers effektiv ist (Osteo-

akute Indikationen	chronische Indikationen
Dekompressions-Krankheit	diabetisches Ulkus
Luft- oder Gasembolie	verzögerte Strahlungs-Schäden (Weichteil- und Knochennekrose)
CO-Vergiftung	Radiozystitis, Proktitis, Enteritis
Infektionen nekrotisierender Weichteile	Osteomyelitis (refraktär)
Quetschverletzungen, Kompartment-Syndrome und andere akute traumatische Ischämien	
Hauttransplantate und -lappen (kompromittiert)	
Gliedmaßen-Reimplantation	

**Tab. 3:** Anerkannte Indikationen für die HBO-Therapie in den Niederlanden ([www.cvz.nl](http://www.cvz.nl)).



radionekrose) (<http://www.clinicaltrials.gov/>). Im Augenblick gibt es keine Kosten-Nutzen-Studien [25], und die Transportlogistik könnte die Verwendung der HBO während einer frühen Phase der Wundheilung von akuten chirurgischen und traumatischen Wunden erschweren. Wenn allerdings eine HBO-Einrichtung vorhanden ist, dann legen die Evidenzen, welche in diesem Review gefunden wurden, die Anwendung für akute, schwer heilende Wunden nahe.

#### Lesenswerte Literatur

1. Lee CK, Hansen SL. Management of acute wounds. *Surg Clin North Am* 2009;89:659-676
2. Franz MG, Steed DL, Robson MC. Optimizing healing of the acute wound by minimizing complications. *Curr Probl Surg* 2007;44:691-763
3. Hunt TK, Ellison EC, Sen CK. Oxygen: at the foundation of wound healing-introduction. *World J Surg* 2004;28:291-293
4. Thackham JA, McElwain DL, Long RJ. The use of hyperbaric oxygen therapy to treat chronic wounds: a review. *Wound Repair Regen* 2008;16:321-330
5. Wang C, Schwaiblmair S, Berliner E, et al. Hyperbaric oxygen for treating wounds: a systematic review of the literature. *Arch Surg* 2003;138:272-279
6. Kranke P, Bennett M, Roeckl-Wiedmann I et al. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev* (2)CD004123, 2004
7. Villanueva E, Bennett MH, Wasiak J et al. Hyperbaric oxygen therapy for thermal burns. *Cochrane Database Syst Rev* (3)CD004727, 2004
8. Roeckl-Wiedmann I, Bennett M, Kranke P. Systematic review of hyperbaric oxygen in the management of chronic wounds. *Br J Surg* 2005;92:24-32
9. Bennett MH, Stanford R, Turner R. Hyperbaric oxygen therapy for promoting fracture healing and treating fracture non-union. *Cochrane Database Syst Rev* (1)CD004712, 2005
10. Goldman RJ. Hyperbaric oxygen therapy for wound healing and limb salvage: a systematic review. *PM R*. 2009;1:471-489
11. Eskes A, Ubbink DT, Lubbers M et al. Hyperbaric oxygen therapy for acute surgical and traumatic wounds. *Cochrane Database Syst Rev* (10)CD008059, 2010
12. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 2009;339:b2700
13. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg* 2010;8(5):336-341
14. Higgins JPT, Altman DG (eds). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*, Version 5.0.1 (updated September 2008). The Cochrane Collaboration, 2008; <http://www.cochrane-handbook.org>
15. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, et al. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma* 1996;41:333-339
16. Brannen AL, Still J, Haynes M, et al. A randomized prospective trial of hyperbaric oxygen in a referral burn center population. *Am Surg* 1997;63:205-208
17. Hart GB, O'Reilly RR, Broussard ND, et al. Treatment of burns with hyperbaric oxygen. *Surg Gynecol Obstet* 1974;139:693-696
18. Perrins DJ. Influence of hyperbaric oxygen on the survival of split skin grafts. *Lancet* 1967;1:868-871
19. Xie ZX, Li CY. Changes in arterial flow after flap grafting under various tensions. *Clin Rehabil Tissue Eng Res* 2007;11:5004-5005
20. Leach RM, Rees PJ, Wilmshurst P. Hyperbaric oxygen therapy. *BMJ* 1998;317:1140-1143
21. Londahl M, Katzman P, Nilsson A, et al. Hyperbaric oxygen therapy facilitates healing of chronic foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care* 2010;33:998-1003
22. Ligtenberg G, Kleijnen S, Staal P (eds). *CVZ-HBOT indications* (updated February 2009), 2009; <http://www.cvz.nl>
23. Sheffield PJ, Slade JB (eds). *UHMS Physician CME guidebook*. 6th edn (updated January 2010). Undersea and Hyperbaric Medical Society 2010; <http://www.uhms.org>
24. *Hyperbaric chambers in North and Central America: a directory of hyperbaric treatment chambers*. Durham: Undersea and Hyperbaric Medical Society Publications, 2001
25. Ritchie K, Baxter S, Craig J et al (eds). *HTA Programme: Systematic Review 2* (updated July 2008). NHS Quality Improvement Scotland 2008; <http://www.nhshealthquality.org>

#### Korrespondenzadresse

*D.T. Ubbink*  
*Department of Quality Assurance & Process Innovation*  
*Room A3-503, Academic Medical Center*  
*University of Amsterdam*  
*Meibergdreef 9, P.O. Box 22700*  
*Amsterdam 1100 DE*  
*The Netherlands*

## Tauch- und Reisemedizin

### The efficacy of low-dose intranasal scopolamine for motion sickness

RG Simmons, JB Phillips, RA Lojewski, Z Wang, JL Boyd, L Putcha

**Introduction:** Scopolamine is an effective motion sickness prophylactic, but oral and transdermal formulations are slowly absorbed. To enhance absorption and potentially efficacy, an intranasal formulation of scopolamine (INSCOP) was tested.

**Method:** There were 16 motion sickness susceptible subjects with an average age of  $23.5 \pm 3.0$  yr and an average score of  $11.3 \pm 4.7$  on the Modified Motion Sickness Susceptibility Questionnaire-Short Form who volunteered to participate in the study. Each subject was given 0.4 mg of INSCOP and a placebo in a randomized, double-blind crossover design and, at 40 min post-dose, experienced Coriolis cross-coupling in a staircase progression until moderate nausea. Efficacy data and cognitive, physiological, and alertness assessments were collected during baseline control and throughout experimental testing.

**Results:** Intranasal scopolamine significantly increased the mean number of head movements tolerated [INSCOP  $275.9 \pm 120.5$ , Placebo  $230.7 \pm 76.4$ ;  $t(15) = 2.21$ ]. Estimation of medication absorption via plasma concentration indicated the drug was absorbed relatively rapidly to measurable levels by 15 min post-administration. Diastolic blood pressures and heart rate were significantly lower after administration of INSCOP compared to placebo. No significant cognitive or medication side effects were reported. Subjects reported no significant decrease in alertness as indicated by the Karolinska Sleepiness Scale.

**Conclusions:** Results of the current study strongly suggest that intranasal scopolamine is efficacious for the treatment of motion sickness in susceptible individuals with no significant cognitive or sedative effects. Intranasal delivery offers a promising alternative for use in dynamic operational environments without cognitive detriment or increased side effects.

**Keywords:** Motion sickness; Coriolis cross-coupling; Clinical trials

### Die Wirksamkeit von niedrig dosiertem, intranasalen Skopolamin bei Reisekrankheit

**Hintergrund:** Skopolamin ist ein effektives Prophylaktikum gegen Kinetose. Orales oder transdermales Skopolamin wird aber nur langsam absorbiert. Um die Absorption und damit die Effektivität zu erhöhen, wurde die intranasale Applikation von Skopolamin getestet.

**Method:** Die Untersuchungen wurden an 16 Kinetose-empfindlichen Freiwilligen ( $23,5 \pm 3,0$  Jahre) durchgeführt. Die Probanden erreichten auf dem Modified Motion Sickness Susceptibility Questionnaire (Kurzform) Werte von  $11,3 \pm 4,7$ . In einer randomisierten, doppel-blinden Studie mit cross-over Design wurden jedem Probanden 0,4 mg intranasales Skopolamin oder Placebo verabreicht. Vierzig Minuten nach der Gabe wurde ein Desorientierungstrainer (Coriolis cross-coupling) solange mit ansteigender Intensität eingesetzt, bis sich eine moderate Übelkeit einstellte. Zu Kontrollbedingungen und während des experimentellen Protokolles wurden Daten zur Effizienz und zur Aufmerksamkeit ebenso gesammelt wie kognitive und physiologische Daten.

**Ergebnisse:** Intranasales Skopolamin erhöhte die Anzahl der tolerierten Kopfbewegungen ( $276 \pm 121$  vs  $231 \pm 76$ ;  $p < 0,05$ ). Die über die Plasmakonzentration abgeschätzte Absorption ergab messbare Konzentrationen bereits 15 min nach Gabe. Der diastolische Blutdruck und die Herzfrequenz nach Skopolamin waren gegenüber Placebo signifikant niedriger. Es kam zu keinen berichtenswerten kognitiven Veränderungen oder Nebenwirkungen. Die Probanden berichteten auch keine verminderte Aufmerksamkeit (Karolinska Sleepiness Scale).

**Schlussfolgerungen:** Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass intranasales Skopolamin bei der Behandlung von Kinetose-sensiblen Personen effektiv ist und dabei keine signifikanten kognitiven oder sedativen Effekte auslöst. Die intranasale Gabe scheint eine viel versprechende Alternative für den Einsatz in einer dynamischen, operationalen Umgebung zu sein, ohne dabei kognitive Nachteile oder erhöhte Nebenwirkungen auszulösen.

**Schlüsselwörter:** Bewegungskrankheit; Desorientierungstrainer; Kinetose; Studie

RG Simmons, JB Phillips, RA Lojewski, Z Wang, JL Boyd, L Putcha – *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2010;81(4):405-412(8)

CAISSON 2011;26(2):36-39

Kommentar: JD Schipke



## Einleitung

Reisen über Land, Wasser und in der Luft nehmen zu, während Ausflüge in den Weltraum bisher kein Massenproblem darstellen.

Ein gewisser Prozentsatz der Reisenden leidet unter der Reisekrankheit (Abb. 1). Zur Prävention wird traditionell ein Anticholinergikum (= Skopolamin) verwendet. Für einen Erfolg ist die Geschwindigkeit wichtig, mit welcher die Wirkung beginnt. Wichtig ist aber auch die Dosierung und damit der Versuch, unerwünschte Nebenwirkungen zu minimieren.



**Abb. 1:** Motion sickness (Bewegungskrankheit; Reisekrankheit; Kinetose). Die Bewegungskrankheit ist ein Schwindelgefühl mit und ohne Übelkeit, die dadurch zustande kommt, dass der Körper nicht an bestimmte Bewegungsempfindungen gewöhnt ist. Verbunden ist das Auftreten mit Unbehagen und Schwindel, Blässe, kaltem Schweiß und gegebenenfalls Würgereflex und Erbrechen sowie Koordinationsstörungen.

**Applikationsformen.** Die höchste Plasmakonzentration nach **oral** verabreichten Skopolamin wird nach etwa 1-2 h erreicht. Danach hält der therapeutische Effekt etwa 4-6 h an. Dieser erwünschte Effekt wird von einer problematischen Nebenwirkung begleitet: Müdigkeit. Parallel dazu sind Probleme die First-Pass-Elimination und im ungünstigen Fall Medikamenten-Verlust durch Erbrechen.

Wird das Skopolamin **transdermal** appliziert, benötigt es für die Absorption etwa 8 h. Sollte das Medikament über mehrere Tage angewendet werden, können sich physiologische und kognitive Funktionsstörungen ergeben.

Will man die Absorptionszeit, die Effizienz und die Bioverfügbarkeit erhöhen und die Nebenwirkungen reduzieren, dann bietet sich die **intranasale** Applikation an. Diese Applikationsform wurde bereits häufig in Studien untersucht. In keiner dieser Studien wurde allerdings untersucht, welche kognitiven Einschränkungen sich in der Folge ergeben.

## Probanden und Methoden

Die 16 gesunden Teilnehmer verfügten über eine gültige Flugtauglichkeit. Sie waren allerdings gegenüber der Reisekrankheit anfällig. In der prospektiven, randomisierten, doppelblinden und Placebo-kontrollierten Studie wurden Untersuchungen mit Hilfe eines Desorientierungs-Trainers durchgeführt. Mit diesem System werden die Probanden kombiniert vertikal und horizontal rotiert. Wir kennen das von der Kirmes. An zwei unterschiedlichen Tagen wurde der gleiche Testablauf durchgeführt. Die Desorientierungs-Belastung wurde stufenweise gesteigert.

An einem Versuchstag erhielten die Probanden Skopolamin (0,4 mg intranasal) und am zweiten Versuchstag Placebo. Es gab drei unterschiedliche Versuchs-Endpunkte: (1) Über 1 min anhaltende moderate Übelkeit, (2) Bitte um Beendigung der Stimulation oder (3) maximale Rotationsgeschwindigkeit (= 40/min). Die Wirkung von Skopolamin oder Placebo wurde über die Anzahl der von den Probanden tolerierten Kopfbewegungen erfasst.

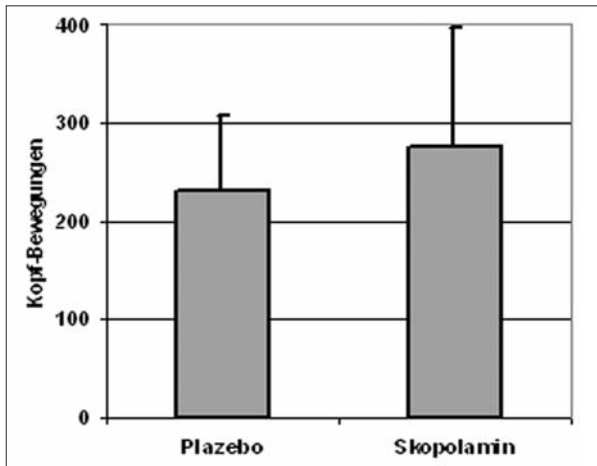
Die durch den Desorientierungs-Trainer ausgelösten Symptome wurden mit Hilfe eines Symptomberichtes erfasst (Pensacola Motion Sickness Questionnaire). Die kognitiven Funktionen wurden mit Hilfe einzelner Tests objektiviert (Automated Neuropsychological Assessment Metrics Readiness System; Automated Neuropsychological Assessment Metrics). Der Einfluss des intranasalen Skopolamins auf die Aufmerksamkeit wurde ebenfalls erfasst (Karolinska Sleepiness Scale).

Die Bioverfügbarkeit zu verschiedenen Zeitpunkten (= Plasmakonzentration) wurde ebenso erfasst wie Blutdruck und Herzfrequenz.

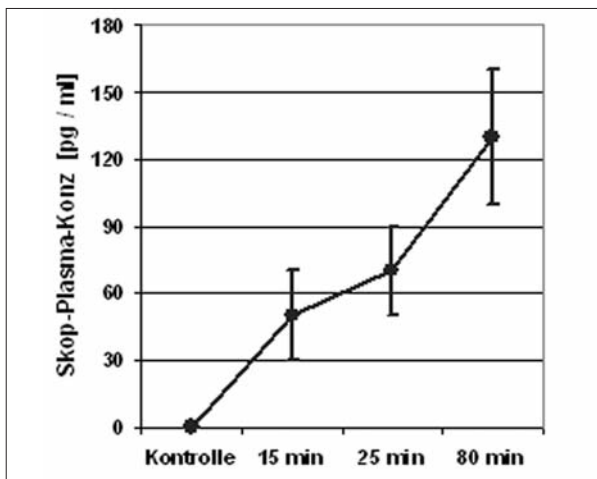
## Ergebnisse

Durch die intranasale Applikation von Skopolamin-Gel wurden statistisch mehr Kopfbewegungen toleriert als nach Placebo (Abb. 2).

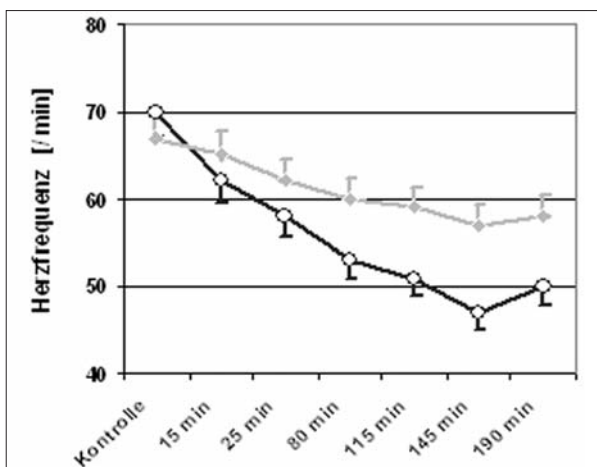
Es bestand ein Zusammenhang zwischen der Skopolamin-Dosis und der Anzahl der tolerierten Kopfbewegungen. Bei elf von 15 Teilnehmern war Skopolamin nach 15 min im Plasma messbar (Abb. 3). Der Abfall der Herzfrequenz während des Experimentes war in der Skopolamin-Gruppe größer als



**Abb. 2:** Die Toleranz gegenüber dem Desorientierungstrainer – ausgedrückt als tolerierbare Bewegungen mit dem Kopf – wurde durch intranasales Skopolamin signifikant erhöht, \* $p < 0,05$ .



**Abb. 3:** Intranasales Skopolamin wird rasch absorbiert. Bei 11 von 16 Teilnehmern war die Substanz bereits 15 min nach Applikation in Plasmaproben messbar.



**Abb. 4:** Die mittlere Herzfrequenz der Probanden sank während des Protokoll. Die Herzfrequenz-Abnahme bei den Skopolamin-Probanden (offene Kreise) war ab dem Messpunkt '80 min' signifikant umfangreicher als bei den Placebo-Probanden (geschlossene Rauten), \* $p < 0,05$

in der Placebo-Gruppe (Abb. 4). Es ergaben sich im Hinblick auf die Aufmerksamkeit und die kognitive Funktion keine signifikanten Unterschiede.

### Zusammenfassung

Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass niedrig dosiertes, intranasales Skopolamin-Gel schnell und sicher gegen die Reisekrankheit wirkt. Die rasche Absorption lässt sich an der Abnahme der Herzfrequenz einerseits und dem Anstieg der Plasmakonzentration andererseits fest machen. Die gemessene Plasmakonzentration scheint effektiv zu sein und liegt offenbar so niedrig, dass Nebenwirkungen nicht eintreten.

Die in dieser Arbeit beschriebenen Ergebnisse im Hinblick auf die Effektivität und das Absorptionsverhalten stimmen mit der bisherigen Literatur gut überein. Neu an dieser Arbeit ist die Erkenntnis, dass die intranasale Applikation zu keinen relevanten Nebenwirkungen führt und damit gut verträglich ist.

### Lesenswerte Literatur

1. Ahmed, S, Sileno, AP, deMeireles JC, Dua R, Pimplaskar HK, et al. Effects of pH and dose on nasal absorption of scopolamine hydrobromide in human subjects. *Pharm Res* 2000;17:974-7
2. Brown JH, Taylor P. Muscarinic receptor agonists and antagonists. In: Hardman JG, Limbird LE, Gillma AG, eds. *The pharmacologic basis of therapeutics*, 10th ed. Europe: McGraw-Hill Education 2001;148-53
3. Buckey JC, Alvarenga DL, Mackenzie TA, Wang Z, Das H, et al. Intranasal scopolamine for motion sickness. [Abstract] *Aviat Space Environ Med* 2008; 79:306
4. Chien YW, Su KSE, Chang S, eds. *Nasal systemic drug delivery*. New York: Informa Healthcare 2008; 39-78
5. Chinn HI, Hyde RW, Milch LJ. Prevention and treatment of motion sickness by intranasal medication. *Pro Soc Exp Biol Med* 1955;90:666-9
6. Elsmore TF, Reeves DL. ANAM readiness evaluation system (ARES): user's guide. Chula Vista, CA: Activity Research Services 2004
7. Gibaldi M, Perrier D. *Pharmacokinetics*, 2nd ed. New York: Marcel Dekker 1982
8. Golding JF. A short questionnaire to assess motion sickness susceptibility (MSSQ-short): normative values, reliability, and predictive validity. *Proceedings of the XXXVII International Symposium of Otoneurology* 2003 May 29-31; Saint-Etienne, France
9. Golding JF. Motion sickness susceptibility. *Auton Neurosci* 2006;129:67-76
10. Heer M, Paloski WH. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures. *Auton Neurosci* 2006;129:77-9
11. Hixon WC, Niven JI. Directional differences in visual acuity during vertical nystagmus. Pensacola, FL: Naval Aerospace Medical Institute 1969. Report No. NAMI-1079; NASA Order No. R-93



12. Hutchins CW Jr, Kennedy RS. Clinical problems in aviation medicine. Relationship between past history of motion sickness and attrition from flight training. *Aerospace Med* 1965;36:984-7
13. Kaida K, Takahashi M, Akerstedt T, Nakata A, Otsuka Y, et al. Validation of the Karolinska Sleepness Scale against performance and EEG variables. *Clin Neurophysiol* 2006;117:1574-81
14. Kennedy RS, Odenheimer RC, Baltzley DR, Dunlap WP, Wood CD. Differential effects of scopolamine and amphetamine on microcomputer-based performance tests. *Aviat Space Environ Med* 1990;61:615-21
15. Klöcker N, Hanschke W, Toussaint S, Verse T. Scopolamine nasal spray in motion sickness: a randomized, controlled, and crossover study for the comparison of two scopolamine nasal sprays with oral dimenhydrinate and placebo. *Eur J Pharm Sci* 2001;13:227-32
16. Koller G, Satzger W, Adam M, Wagner M, Kathmann N, et al. Effects of scopolamine on matching to sample paradigm and related tests in human subjects. *Neuropsychobiology* 2003;48:87-94
17. Nachum Z, Shahal B, Shupak A, Spitzer O, Gonen A, et al. Scopolamine bioavailability in combined oral and transdermal delivery. *J Pharmacol Exp Ther* 2001;296:121-3
18. Parrott AC. Transdermal scopolamine: a review of its effects upon motion sickness, psychological performance, and physiological functioning. *Aviat Space Environ Med* 1989;60:1-9
19. Putcha L, Cintron NM, Tsui J, Vanderploeg JM, Kramer WG. Pharmacokinetics and oral bioavailability of scopolamine in normal subjects. *Pharm Res* 1989;6:481-5
20. Putcha L, Tietze KJ, Bourne DW, Parise CM, Hunter RP, Cintron NM. Bioavailability of intranasal scopolamine in normal subjects. *J Pharm Sci* 1996;85:899-902
21. Simmons RG, Phillips JB, Lojewski RA. Efficacy of intranasal scopolamine gel for motion sickness treatment in aviation candidates. Pensacola, FL: Naval Aerospace Medical Research Laboratory 2009. DTIC Technical Report ADA503148
22. Simmons RG, Phillips JB, Lojewski RA, Lawson BD. A comparison of intranasal and oral scopolamine for motion sickness prevention in military personnel. Pensacola, FL: Naval Aerospace Medical Research Laboratory 2008. DTIC Technical Report ADA488231
23. Stott JRR, Barnes GR, Wright RJ, Ruddock CJS. The effect on motion sickness and oculomotor function of GR 38032F, a 5-HT<sub>3</sub>-receptor antagonist with anti-emetic properties. *Br J Clin Pharmacol* 1989;27:147-57
24. Tonndorf J, Hyde RW, Chinn HI, Lett JE. Absorption from nasal mucous membrane: systemic effect of hyoscine following intranasal administration. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1953;62:630-41
25. Wood CD, Graybiel A. Evaluation of sixteen anti-motion sickness drugs under controlled laboratory conditions. *Aerosp Med* 1968;39:1341-4

#### **Korrespondenzadresse**

*CDR Rita G. Simmons, Ph.D., MSC, USN  
Executive Officer, NAMRU-Dayton  
2568 5th Street/Bldg 851  
Wright Patterson AFB, OH 45433  
ph: 937-938-3866 DSN-798  
cell: 937-477-2045  
rita.simmons@wpafb.af.mil*

## Aus der Gesellschaft

### In Memoriam Oskar F. Ehm

J Wenzel

Am 27. April 2011 verstarb Dr. O. F. Ehm im Alter von 91 Jahren in seinem Haus in Heidelberg. Die deutschsprachige Tauchmedizin verliert damit einen prominenten Vertreter, der über ein halbes Jahrhundert wesentliche Impulse für unsere immer noch junge Wissenschaft gegeben hat. Seine Ideen und sein Wirken haben Generationen von Taucherärzten geprägt; darüber hinaus hat er in erheblichem Umfang auch die tauchmedizinische Ausbildung von Tauchlehrern und interessierten Tauchern beeinflusst.

Grundlage für diesen Einfluss war sein Buch, der EHM: Die erste Ausgabe erschien 1965, zunächst in Kooperation mit dem damaligen Marineoberstabsarzt Klaus Seemann, unter dem Titel 'Sicher tauchen'. Der Text vermittelte in un-nachahmlichem Erzählstil die wesentlichen Themen der Tauchmedizin, deren Kenntnis für den sicheren Unterwasseraufenthalt unerlässlich ist. Erschienen in der Reihe 'Müllers Tauchsportbücher', war das vordringliche Ziel eine allgemeinverständliche Darstellung der gesicherten Fakten und ihrer physiologisch-medizinischen sowie technischen Hintergründe ohne Verzicht auf wissenschaftliche Genauigkeit – eben ein 'Leitfaden der Tauchmedizin für Sporttaucher, Berufstaucher und Ärzte'.

Bei der Neuauflage im Jahre 1974 – nun ohne Seemann, der sich aufgrund seiner beruflichen Entwicklung mehr auf das militärische und gewerbliche Tauchen konzentrierte – lautete der Titel des Buches 'Tauchen – noch sicherer'. Es wurde mit wechselnden Koautoren bis zur mittlerweile 10. Auflage immer wieder überarbeitet und neu aufgelegt, um den jeweils neuesten Kenntnisstand zu berücksichtigen, ohne die ursprüngliche Zielsetzung aus dem Blick zu verlieren. Der EHM war insofern niemals nur Fachbuch, sondern immer auch spannende Lektüre. Noch bis wenige Wochen vor seinem Tode war O.F. Ehm mit der Vorbereitung der elften Auflage beschäftigt, bis ihn ein erneuter Krankenhausaufenthalt zum Abbruch seiner Arbeit zwang.



Die tauchmedizinischen Aktivitäten waren dabei immer nebenberuflicher Art; O.F. Ehm war seit 1961 als Internist in eigener Praxis in Heidelberg niedergelassen. Die ihm vorrangig wichtige publizistische Tätigkeit war eng verwoben mit Gremienarbeit und Mitwirkung in wissenschaftlichen Fachgesellschaften. Nach ersten Kontakten mit dem Sporttauchen in Frankreich und Italien wurde er ab 1957 in verschiedenen Tauchclubs als Gründungsmitglied und Präsident tätig, war von 1960 bis 1968 Verbandsarzt des VDST und ab 1967 Mitglied der medizinischen Kommission der CMAS, sowie deren Präsident von 1980 bis 1983. Er wurde im Gründungsjahr 1973 Mitglied der EUBS, 1974 der UHMS, und war Gründungs- und Vorstandsmitglied der GTÜM und 1990-1993 ihr Präsident.

Neben allen genannten 'trockenen' Aktivitäten war er aber auch ein leidenschaftlicher Sporttaucher, der praktisch alle interessanten Tauchgebiete der Welt bereist hat. Er trainierte bis ins hohe Alter in seinem Verein und stand seinen um Jahrzehnte jüngeren Kollegen um nichts nach. Diese persönliche Erfahrung floss auch in seine Tätigkeit als zunächst Vorsitzender, später Ehrenvorsitzender des Tauchtauglichkeits-Ausschusses der GTÜM ein: Mit steigendem Alter konnte er guten Gewissens die Altersgrenzen für das Sporttauchen immer weiter ausdehnen...

Seine publizistische Tätigkeit im Dienst der Tauchmedizin lässt sich auf seine exzellenten französischen Sprachkenntnisse zurückführen, die durch seine französischstämmige Ehefrau weiter gefördert wurden. Während die einschlägige Literatur bis in die 1960er Jahre im deutschen Sprachraum noch ein Mauerblümchendasein fristete, gab es in Frankreich schon eine Reihe von hervorragenden Wissenschaftlern und Ärzten, die inspiriert durch Cousteau und die Beziehung zum Mittelmeer frühzeitig die neu entstehenden Unterwasseraktivitäten zum Anlass nahmen, auch begleitende wissenschaftliche Untersuchungen anzustellen





und reichhaltig zu publizieren. Diese Voraussetzungen und die Notwendigkeit, den deutschsprachigen Tauchern die erforderlichen Kenntnisse zu vermitteln, führte ab 1961 zu mehreren Artikeln in der Zeitschrift 'Neptun' und schließlich zur Abfassung des Buches, gefolgt von vielen Zeitschriftenartikeln und Memoranden sowie zwei weiteren Büchern. Nach Gründung der GTÜM konzentrierte sich seine publizistische Arbeit vorwiegend auf die Gestaltung des CAISSON, für dessen Redaktion er bis 1994 mit verantwortlich zeichnete.

Obwohl seine Arbeiten überwiegend in deutscher Sprache abgefasst waren, genoss er auch im internationalen Geschehen hohes Ansehen. Sein Lebenswerk wurde von der UHMS mit dem Charles W. Shilling Award geehrt, der ihm 2001 verliehen wurde. Für seine Verdienste im tauchsportlichen Bereich erhielt er 2010 die Goldene Ehrennadel des VDST.

Hinter all dem stand ein liebenswürdiger, bescheidener Mann von scharfem Verstand und hoher rhetorischer Begabung, der zuhören aber auch widersprechen konnte, und der bis ins hohe Alter seine geistige Regsamkeit und Unabhängigkeit zu bewahren wusste. Seine eigene Lebensgeschichte – Studienbeginn 1939, Kriegsteilnahme, mehrjährige Gefangenschaft – hat sicherlich zu dieser

Haltung beigetragen; er übernahm niemals unreflektiert Koryphäenwissen, sondern musste immer auch in der Lage sein, Argumentationsketten nachzuvollziehen oder mit eigenem Erfahrungsschatz zu bereichern. In seinen letzten Lebensjahren behinderte sein rapide nachlassendes Hörvermögen zunehmend seine überschäumende Diskussionsfreude, sodass er sich mehr und mehr aus dem öffentlichen tauchmedizinischen Leben zurückziehen musste.

Er war geborgen in einem fürsorglichen familiären Rahmen, lebte mit seiner zweiten Frau in enger Nachbarschaft zur Familie einer von zwei Töchtern und nahm bis zuletzt regen Anteil an den Aktivitäten seiner Kinder und Enkelkinder.

Wir trauern mit seiner Familie um einen guten Freund, hervorragenden Kollegen – und nicht zuletzt auch Mentor, der unseren eigenen Weg in die Tauchmedizin entscheidend mitbestimmt hat.

*Jürgen Wenzel, Uwe Hoffmann, Mitherausgeber des EHM*

**Korrespondenzadresse**

*Prof. Dr. J Wenzel  
DLR, Institut für Flugmedizin  
51147 Porz-Wahnheide  
juergen.wenzel@dlr.de*

## Protokoll

Mitgliederversammlung der GTÜM e.V. am 19.03.2011 in Regensburg

### TOP 1: Bericht des Präsidenten

Beginn der ordentlichen Mitglieder-Versammlung um 17:30 Uhr. Es sind 51 stimmberechtigte Mitglieder anwesend. Der Präsident eröffnet die Versammlung und begrüßt die Anwesenden.

Der Präsident präsentiert die im CAISSON veröffentlichte Tagesordnung. Es gibt keine Einwände gegen die Tagesordnung.

Herr Dr. Welslau/Wien erstattet seinen Bericht:

### Vorstand, Ausschüsse und Sachgebiete seit Oktober 2005

#### **Engerer Vorstand**

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| - Dr. Wilhelm Welslau | - Präsident   |
| - Dr. Jochen Freier   | - Vizepräsident und Ausschussvorsitz 'HBO-Therapie' |
| - Dr. Peter Müller    | - Sekretär und Ausschussvorsitz 'Weiterbildung'     |
| - Dr. Karin Hasmler   | - Schatzmeisterin                                   |

#### **6 Beisitzer des Erweiterten Vorstands**

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| - Dr. Karl-Peter Faesecke    | - Ausschussvorsitz 'Hyperbare Arbeitsmedizin'                    |
| - PD Dr. Christoph Klingmann | - Webmaster für <a href="http://www.gtuem.org">www.gtuem.org</a> |
| - Dr. Hendrik Liedtke        | - ohne Aufgabenbereich   |
| - PD Dr. Claus M. Muth       | - Ausschussvorsitz 'Tauchmedizin'                                |
| - Dr. Tim Piepho             | - verantwortlich für die Taucherarztliste                        |
| - Dr. Volker Warninghoff     | - Ausschussvorsitz 'Technik'                                     |

#### **Weitere satzungsgemäße Vorstandsmitglieder**

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| - Dr. Christian Heiden     | - Vorsitzender des VDD e.V. |
| - Prof. Dr. Jochen Schipke | - Redakteur des CAISSON     |

#### **Weitere Ausschüsse und Sachgebiete**

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| - Dr. Ulrich van Laak | - verantwortlich für Druckkammer-Listen |
| - Benno Scharpenberg  | - Sachgebiet Recht                      |
| - PD Dr. Kay Tetzlaff | - Ausschussvorsitz 'Tauchtauglichkeit'  |

#### **Nicht-ehrenamtlich Beschäftigte**

- |                  |  |
|------------------|--|
| - Dunja Hausmann | - Geschäftsstelle  |
| - Andrea Campen  | - Literatur-Dokumentarin für Literaturdatenbank 'GTUEMLIT' |

#### **Veränderungen im Vorstand seit der Wahl in 2008**

Anfang 2010 legt PD Dr. Klingmann wegen Auslandsaufenthalt seine Funktion als Webmaster zurück, die Funktion wird von Dr. Welslau übernommen.

#### **Was ist von Oktober April 2008 bis März 2011 passiert?**

##### **Geschäftsstelle**

- 2008 wird die Geschäftsstelle von Frau Dunja Hausmann übernommen,
- 2008 wird eine neue Mitglieder-Verwaltungs-Software eingerichtet, mit welcher Rechnungen und Rundschreiben deutlich einfacher und preiswerter erstellt und verwaltet werden können.
- Mit Stand 18.3.2011 hat die GTÜM 1003 Mitglieder.

##### **CAISSON**

- Die Dezember-Ausgabe des CAISSON wurde heuer im 5. Jahr auf der BOOT-Messe in Düsseldorf an Messebesucher und Tauchsportverbände verteilt.
- Der CAISSON wird weiterhin regelmäßig auch an alle Mitglieder der Österreichischen ÖGTH versendet. Die ÖGTH erstattet der GTÜM die anteiligen Erstellungs- und Versandkosten.
- Die Schweizerische SUHMS hatte für insgesamt 3 Jahre bis 2009 einmal jährlich den Caisson für ihre Mitglieder erhalten (Abrechnung analog zur ÖGTH). Es handelte sich jeweils um die 4. Ausgabe im Jahr, an welcher sich den SUHMS auch aktiv beteiligte. Seit 2010 wünscht die SUHMS keinen CAISSON mehr.



### **Internet-Auftritt**

- Die GTÜM-Website <www.gtuem.org> wird seit Frühjahr 2007 durchschnittlich von 210 Besuchern täglich angeklickt (max. 950 Besucher/Tag).
- Einrichtung eines geschützten Mitglieder-Bereiches mit Zugang:
  - a) zum jeweils aktuellen Caisson als PDF und
  - b) zur Literaturdatenbank GTUEMLIT
- Die beliebtesten Downloads:
 

o Rückenprogramm für Taucher	2.500 x seit 12/2008
o PDF-Präsentation zur Leitlinie Tauchunfall	2.900 x seit 05/2008
o PDF-Präsentation ‚Einführung i.d. Tauchmedizin‘	11.000 x seit 09/2007
o Flyer zur Checkliste Tauchtauglichkeit	11.900 x seit 12/2008
o Tauchtauglichkeits-Zertifikat	61.000 x seit 12/2008
o Tauchtauglichkeits-Bogen	66.000 x seit 12/2008

### **Workshops und Kongresse**

- 2008 April: 1. Gemeinsamer Kongress mit ÖGTH und SUHMS in Heidelberg  
(Organisation: PD Dr. Klingmann)
- 2009 März: GTÜM-Workshop (Druckluftarbeit) in Hamburg  
(Organisation: Dr. Faesecke)
- 2010 Jan.: GTÜM-Workshop (Tauchmedizin) auf der BOOT-Messe in Düsseldorf  
(Organisation: Dr. van Laak, DAN Europe)
- 2010 Nov.: GTÜM-Workshop (Tauchmedizin) in Kiel  
(Organisation: PD Dr. Koch, Dr. Warninghoff)
- 2010 Nov.: 'Arbeiten unter Druck'-Workshop in Kooperation mit ÖGTH in Wien  
(Organisation Dr. Prohaska, ÖGTH)
- 2011 März: 2. Gemeinsamer Kongress mit ÖGTH und SUHMS in Regensburg  
(Organisation: Dr. Braumandl)

### **Leitlinien-Arbeit**

- 2008: LTU-Übersetzung ins Englische und Veröffentlichung in 'Diving and Hyperbaric Medicine', Verbandsorgan von EUBS (European Underwater and Baromedical Society) und SPUMS (South Pacific Underwater Medical Society).
- 2008: Fertigstellung der 'Checkliste Tauchtauglichkeit' Offizielle Vorstellung auf der BOOT-Messe in Düsseldorf.
- 2010-2011: Arbeit der Expertengruppe zur Überarbeitung der Leitlinie Tauchunfall unter Leitung von Dr. Frank Hartig.

### **Weitere Aktivitäten**

- 2008 Wechsel der CAISSON-Druckerei zur Kostenreduktion
- 2008 HBO-Arbeitsgruppe im G-BA (Gemeinsamer Bundesausschuss): Verabschiedung der letzten verhandelten Indikationen 'Diabetisches Fußsyndrom', 'Verbrennung' und 'idiopathische Hüftkopfnekrose'
- 2008-2010 Literaturdatenbank 'GTUEMLIT': Einpflege (fast) aller Beiträge bisheriger EUBS-Kongresse (incl. Volltext-PDF) und von Artikeln, die im SPUMS-Journal (bis 2007) / DHM (ab 2008) erschienen (incl. Volltext-PDF, nur Artikel, die älter als 1 Jahr sind)
- 2009 Beteiligung an der ECHM (European Committee for Hyperbaric Medicine)-Task force zur Überarbeitung der europäischen tauch- und hyperbarmedizinischen Ausbildungs-Curricula in Abstimmung mit der EDTC (European Diving Technology Committee)
- 2009 EBAss (Europäischer Verband des HBO-Assistenzpersonals)-Ausbildungsprogramm für Assistenzpersonal: Anerkennung des Programms durch ECHM
- 2009 GTÜM/ÖGTH: Gegenseitige Anerkennung von Kursen, die von der jeweils anderen Organisation bereits anerkannt wurden ohne weitere Prüfung. Dies wurde möglich durch eine Angleichung der ÖGTH-WBO an die GTÜM-WBO (Weiterbildungsordnung).

### **Laufende Arbeiten, die in der Wahlperiode bis 2011 fertig gestellt werden sollten**

- 2009/10 Anpassungen der GTÜM-WBO (siehe nächster Absatz)
- 2010/11 Implementierung eines Programms zur Studienförderung
- 2010/11 Bestreben einer offiziellen Anerkennung der Qualifikation 'Tauchmedizin'

Herr Dr. Müller/Speyer stellt im folgenden die vom Vorstand der GTÜM beschlossenen Änderungen der Weiterbildungsordnung genauer vor:

- Die Laufzeit der Diplome wird auf 5 Jahre verlängert, das Jahr Kulanz wird abgeschafft, die geforderten 16 UE Fortbildungspunkte aus GTÜM-Kongress/-Workshop oder anderen anerkannten Kongressen bleiben.
- Die Refresherkurse in der jetzigen Form werden ab 01.01.2012 abgeschafft. Es werden danach nur noch Refresherkurse anerkannt die eigenständig organisiert sind und entsprechende Inhalte vermitteln. Der Bewertungsbogen wie für die Diplom-Kurse wird jetzt eingefordert.
- Wenn nach Ablauf von 5 Jahren nicht die erforderlichen 16 UE absolviert wurden ist ein erneuter höchstqualifizierende Diplom-Kurs erforderlich.
- Es wird gefordert über jeden Kurstag eine Anwesenheitsliste mit Unterschrift der Teilnehmer nach Kursende innerhalb eines Monats an die Geschäftsstelle zu senden.
- Die Veranstalter sind dafür verantwortlich, die Teilnehmer auf ihre Pflichten hinzuweisen.
- Die neue Regelung (5 Jahre Diplomgültigkeit, Wegfall der 1-jährigen Kulanzregelung nach Ablauf der Diplomgültigkeit) gilt für alle GTÜM-Diplome, welche ab dem 01.01.2011 erstmals ausgestellt werden oder verlängert werden.
- Für alle GTÜM-Diplome, welche bis zum 31.12.2010 erstmals ausgestellt wurden oder verlängert wurden, gelten die bisher gültigen Bestimmungen der GTÜM-Weiterbildungsordnung (3 Jahre Diplomgültigkeit plus 1-jährige Kulanzregelung nach Ablauf der Diplomgültigkeit).

Darüber hinaus wurde festgehalten, dass die Voraussetzungen für die Diplome nicht verbesserungsbedürftig sind. Es gibt jetzt genügend Möglichkeiten an ein Diplom I/IIa/IIb zu kommen und diese aufzufrischen. Momentan werden ausreichend Kurse auf allen Ebenen angeboten.

#### TOP 2: Bericht des Schatzmeisters

Frau Dr. Hasmler/Murnau stellt den Geschäftsbericht der GTÜM in den Jahren 2008 bis 2010 vor. Anschließend beantwortet sie Fragen zum Bericht im Detail.

#### TOP 3: Bericht der Kassenprüfer

Frau Dr. Hasmler/Murnau stellt den Geschäftsbericht der GTÜM in den Jahren 2008 bis 2010 vor. Anschließend beantwortet sie Fragen zum Bericht im Detail.

#### TOP 4: Entlastung des Vorstandes

Herr Dr. Heiden/Traunstein stellt den Antrag auf Entlastung des Vorstandes. Das Ergebnis der offenen Abstimmung lautet:

- Dafür 43 Mitglieder
- Dagegen 0 Mitglieder
- Enthaltungen 8 Mitglieder

Der Präsident bedankt sich im Namen des gesamten Vorstandes.

#### TOP 5: Wahl des neuen Vorstands

Herr Dr. van Laak/Kronshagen wird als Wahlleiter vorgeschlagen, er steht zur Verfügung und wird hierzu gewählt, nachdem keine weiteren Vorschläge eingehen. Als Wahlhelfer stellen sich Herr Dr. Klingmann/Bremen und Herr Dr. Kemmer/Murnau zur Verfügung.

Für den engeren Vorstand werden vom alten Vorstand vorgeschlagen:

1. Wahl des Präsidenten, Vorschlag: Herr Dr. Wilhelm Welslau/Wien, er steht zur Verfügung.
2. Wahl des Vize-Präsidenten, Vorschlag: Herr Dr. Peter Müller/Speyer, er steht zur Verfügung.
3. Wahl des Sekretärs, Vorschlag: Herr Priv.-Doz. Dr. Andreas Koch/Kiel, er steht zur Verfügung.
4. Wahl des Schatzmeisters, Vorschlag: Frau Dr. Karin Hasmler/Murnau, sie steht zur Verfügung.

Es gibt keine weiteren Vorschläge für Kandidaten. Es wird vorgeschlagen den gesamten engeren Vorstand en bloc in offener Wahl zu wählen. Der Wahlleiter fragt die anwesenden Mitglieder ob das so gewünscht wird, dies ist bei einer Enthaltung der Fall. Es wird der gesamte engere Vorstand en bloc per Handzeichen gewählt. Das Ergebnis der offenen Abstimmung lautet:

- Dafür 46 Mitglieder
- Dagegen 0 Mitglieder
- Enthaltungen 5 Mitglieder

Alle Kandidaten nehmen die Wahl an.





5. Wahl der Beisitzer, Vorschläge in der Reihenfolge wie vorgeschlagen: Herr Dr. Faesecke/Hamburg, Herr Priv.-Doz. Dr. Jüttner/Hannover, Herr Dr. Michaelis/Wiesbaden, Herr Dr. Warninghoff/Kronshagen, Herr Dr. Freier/Hofheim, Frau Dr. Amelunxen/Kiel. Alle Kandidaten stehen zur Verfügung, die bisher nicht im GTÜM-Vorstand vertretenen Kandidaten stellen sich kurz vor. Es erfolgt der Antrag auf eine Abstimmung en bloc in offener Wahl, dieser Antrag wird bei 4 Enthaltungen angenommen.

Das Ergebnis der offenen Abstimmung lautet:

- Dafür 43 Mitglieder
- Dagegen 0 Mitglieder
- Enthaltungen 8 Mitglieder

Die gewählten Kandidaten nehmen die Wahl an.

#### TOP 6: Wahl der Kassenprüfer

Als Kassenprüfer werden Herr Dr. Förster/München und Herr Dr. Siekmann/Aachen vorgeschlagen. Es gibt keine weiteren Vorschläge für Kandidaten. Da keine geheime Wahl gewünscht wird erfolgt die Wahl per Handzeichen. Das Ergebnis ist einstimmig für beide Kandidaten bei 2 Enthaltungen. Beide haben die Wahl schriftlich vorab angenommen.

Herr Dr. van Laak/Kronshagen gratuliert dem neuen Vorstand zur Wahl und übergibt die Versammlungsleitung an den neuen Präsidenten. Herr Dr. Welslau/Wien bedankt sich bei allen für die Mithilfe bei der Wahl des neuen Vorstandes.

#### TOP 7: Verschiedenes

Die Frage einer Aktualisierung der Abrechnungsempfehlung der GTÜM e.V. zur Tauchtauglichkeitsuntersuchung wird noch ausführlicher diskutiert. Herr Dr. Heiden/Traunstein stellt den Antrag den dazugehörigen Passus nicht zu veröffentlichen. Über diesen Antrag wird weiter diskutiert bis ein Antrag zur Geschäftsordnung die Diskussion beendet. In offener Abstimmung wird der Antrag mit 21 Stimmen dafür, bei 17 Enthaltungen und 18 Gegenstimmen (zu diesem Zeitpunkt sind 56 Mitglieder anwesend) angenommen.

Nachdem keine weiteren Anträge gestellt werden schließt der Präsident die Versammlung. Sie endet um 18:50 Uhr.

Regensburg, den 20.03.2011

*Dr. med. Peter HJ Müller,  
Sekretär (alt) der GTÜM e.V.*

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

## Leserbriefe

*Leserbrief zum Beitrag JD Schipke: 'Stehen wir vor einem neuen Paradigma: Inaktivitäts-Physiologie?'*  
CAISSON 2011;26(1)

Lieber Herr Kollege Schipke!

Da Sie 'stark an Leserreaktionen interessiert' sind (CAISSON 2011;26(1)S.41), erlaube ich mir folgende Überlegungen zu Ihrem Beitrag 'Aufgelesen' in Heft 1/2011, S. 45 ff:

Welchen Sport meinten Sie, speziell in der Zusammenfassung? Etwa Bobfahren, Boxen, Hammerwerfen, Kugelstoßen, Skispringen, Stabhochsprung, Ringen usw.? Ich vermute angesichts der weit verbreiteten Pauschalempfehlungen zum 'Sporttreiben' keinen Übersetzungsfehler, aber einen Gedankenfehler. Solche Studien, in denen pauschal von Sport gesprochen wird, können Sie getrost auch in der Pfeife rauchen.

Als Facharzt für Physiologie halte ich eine Beschränkung auf physiologische Überlegungen gerade beim Ausdauersport – um den es ja wohl gehen sollte – für deplaziert, da unerwünschte Nebenwirkungen weit verbreitet sind: Gerade Übergewichtige mit Metabolischem Syndrom sind als kardiale Risikopatienten bei falscher Intensität Herzinfarkt-gefährdet, hinzu kommen die typischen akuten und chronischen Schäden an Knochen und Gelenken. Und inwieweit Ausdauersport prophylak-

tisch und erst recht therapeutisch gegen Adipositas hilft, hängt sehr von den Genen und vom Essverhalten ab.

Sport, nach Art und Intensität unter Berücksichtigung von Indikation und Kontraindikationen betrieben, kann für verschiedene Bedürfnisse sehr hilfreich sein, aber nicht der Sport an sich. Es sollte immer noch die alte ärztliche Maxime gelten: Nil nocere (der Arzt – auch als Autor – sollte in seinem Tun dem Patienten nicht schaden).

Mit freundlichen Grüßen und voller Sympathie für Ihr Engagement bei der Zeitschrift CAISSON  
Ihr

*Prof. i. R. Dr. med. H.-V. Ulmer*  
Facharzt für Physiologie, Inst. f. Sportwissenschaft  
Saarstrasse 21, 55099 Mainz  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Sport/physio/>



*HV Ulmer*

Lieber Herr Ulmer,

haben Sie vielen Dank für Ihren Leserbrief.

Die schwedischen Autoren des Originalbeitrages wollen im Grunde nichts zum Thema 'Wir müssen Sport treiben' sagen. Sie machen aber nachdrücklich darauf aufmerksam, dass exzessive Untätigkeit – z.B. Sitzen vor dem Fernseher – Vorgänge auslöst, die die Prävalenz des Metabolischen Syndroms erhöht.

Diese bisher nicht geklärten Vorgänge sollten nach Meinung der Autoren Gegenstand eines neuen Teilgebietes innerhalb der Physiologie werden: Inaktivitätsphysiologie.

Als Vermeidungsstrategie wird nun nicht so sehr 'Sport treiben' vorgeschlagen sondern angeregt, lange Sitzphasen durch eine muskuläre Aktivität zu unterbrechen. Das kann bereits durch Aufstehen, kurzes Herumlaufen oder Stufensteigen

erreicht werden. Solche Bewegungen bieten sich ganz natürlich für die schwer zu ertragenden Werbe-Unterbrechungen bei kommerziellen Sendern an. Moderate körperliche Betätigungen auszuüben geht dann in Richtung eines solide etablierten Teilgebietes der Physiologie: Leistungsphysiologie.

Soweit gehen die Schweden aber nicht. Sie wollen lediglich lange Phasen körperlicher Inaktivität mit einer vernünftigen muskulären Aktivität unterbrechen.

JD Schipke



*JD Schipke*

## Veranstaltungshinweise



### 37. Annual Meeting of EUBS European Underwater and Baromedical Society

24. 08. - 27. 08. 2011 Gdansk (Danzig)

[www.eubs2011.org](http://www.eubs2011.org)

Anerkannt mit 16 UE für GTÜM-Diplome 'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'  
Anerkannt als Fortbildung für GTÜM-Diplome 'Druckkammerarzt' und 'Tauch- und Hyperbarmedizin'

#### Conference highlights

- Diving physiology and medicine, non-dysbaric disorders
- Research in deep diving and dysbaric diving disorders
- Basic research and clinical hyperbaric medicine
- Hyperbaric safety, technology and organisation

### Tauchmedizinische Fortbildung 12 Seminar für Tauchmedizin

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

Veranstalter: Tauchsportverband Nordrhein-Westfalen e.V.

Anerkannt mit 8 UE für GTÜM-Diplome  
'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'

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

(zur Anmeldung: 'Sachabteilungen: Medizin' -  
'Medizinseminar Essen 2011')



### Tauchmedizin-Symposium 2011

So, 27. 11. 2011 in Speyer

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

Anerkannt mit 8 UE für GTÜM-Diplome  
'Tauchtauglichkeits-Untersuchung' und 'Taucherarzt'

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



## Kurse

### Wichtiger Hinweis in eigener Sache:

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

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

### Universität Düsseldorf

**Kontakt:** Dr. T. Muth / S. Siegmann  
Inst. Arbeits- und Sozialmedizin  
Heinrich-Heine-Universität  
D-40225 Düsseldorf  
Tel.: 02 11/8 11 47 21

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

### Baromedizin – Tauchmedizinische Fortbildung von konkret

**Kontakt:** Institut für Fort- und Weiterbildung  
Horbacher Straße 73  
D-52072 Aachen  
Tel.: 02 41/9 00 79 20  
Fax: 02 41/9 00 79 24  
[info@baromedizin.de](mailto:info@baromedizin.de)  
[www.baromedizin.de](http://www.baromedizin.de)

**Thema:** GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit  
**Termin:** 23. 06. - 26. 06. 2011  
**Ort:** HBO-Zentrum Euregio Aachen

### Druckkammerzentrum Murnau

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

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

### Institut für Überdruck-Medizin Regensburg

**Kontakt:** Institut für Überdruck Medizin  
Im Gewerbepark A45  
D-93059 Regensburg  
Tel.: 09 41/4 66 14-0  
Fax: 09 41/4 66 14-22  
[melanie.matousek@hbo-regensburg.de](mailto:melanie.matousek@hbo-regensburg.de)  
[www.HBO-Regensburg.de](http://www.HBO-Regensburg.de)

**Thema:** GTÜM-Kurs I – Tauchtauglichkeit  
**Termin:** 30. 09. - 02. 10. 2011  
**Ort:** Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

**Thema:** Tauchmedizin-Refresher  
(8/16 UE für GTÜM-Diplom I und IIa)  
**Termin:** 01. 10. - 02. 10. 2011  
**Ort:** Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

**Thema:** GTÜM-Kurs IIa – Taucherarzt  
**Termin:** 03. 10. - 08. 10. 2011  
**Ort:** Inst. für Überdruck-Medizin Regensburg

### taucherarzt.at – Wien

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

**Thema:** Tauchmedizin-Workshop  
(inkl. 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa)  
**Termin:** 14. 02. - 22. 02. 2012  
**Ort:** Malediven, M/S Nautilus Two





## ANSCHRIFTENLISTE GTÜM – Stand Juni 2011

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

## Hinweise für Autoren & Impressum

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

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

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

Absatzformat: Blocksatz  
Silbentrennung: keine  
Literaturverzeichnis: Nummerieren  
Medium: E-Mail: [caisson@gtuem.org](mailto:caisson@gtuem.org)  
CD und DVD

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

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

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

## CAISSON

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

### Redaktion

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

### Herausgeber

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

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

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

Auflage 1.200; der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.  
Alle Zuschriften an die Redaktionsadresse. Kürzungen vorbehalten.

Versand:

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

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

## Anzeige

## HAUX-QUADRO Systeme: Neue Möglichkeiten für die HBO

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



## Zu guter Letzt

### Der die Flasche reitet

JD Schipke

Fast alle kennen das. Das Gewicht von Flasche und Blei auf der Wirbelsäule. Nach längeren Tauchgängen tut der Rücken mehr oder weniger weh. Bei den Tauchgängen 2 und 3 werden die Zähne zusammengebissen. Aber beim Nachttauchgang, der Nummer 4 am selben Tage, wird es ganz unerträglich.

Das Problem ist seit langem bekannt. Daher taten sich kürzlich – einer langen Tradition entsprechend – die großen Tauchsportverbände zusammen. Das Ergebnis: der neue Kurs 'Flaschenreiten'.

Bei den Amerikanern ist schon bald der 'certified back-bone-prevention-diver' für nur wenige Dollar erhältlich.

Und im europäischen Raum wird mit Beginn der Sommersaison der Kurs 'ménager la colonne vertébrale pendant la plongée' angeboten. Für die deutsche Variante ist ein einführendes Lehrbuch mit dem Titel 'Tauchen mit der Wirbelsäule' in Arbeit, welches auch das Flaschenreiten bei Wechselatmung und während Notaufstieg bereits umfassend und mit reicher Bebilderung verständlich macht.



Ein bitterer Tropfen: die Tec-Szene beteiligt sich bisher nicht. Es entstanden Verwerfungen darüber, welche der zahlreichen Flaschen geritten werden sollte.

Einigkeit bestand allerdings darüber, dass die Argonflasche aus dem Rennen ist.

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

Jahrgang 26

Inhalt

Juni 2011 Nr. 2

Gerätetauchen: Was bringt die Zukunft? <i>JD Schipke</i>	2
<b>Editorial</b>	3
<b>Tauchen</b>	
Lärm im Helm von Berufstauchern, <i>R Paulsen</i>	5
Mach' mit: mach' Tauchen noch sicherer! <i>A Salm</i>	5
<b>Tauchtauglichkeit</b>	
Tauchtauglichkeit von Kindern und Jugendlichen: Vorschlag für einen neuen Untersuchungsbogen, <i>C Beyer et al.</i>	7
<b>Buchbesprechung</b>	
'Tauchen ohne Angst' von Monika Rahimi, <i>R Kuffemann</i>	9
<b>Kommentierte Literatur: Tauchen</b>	
Dominance in cardiac parasympathetic activity during real recreational SCUBA diving, <i>F Chouchou et al.</i>	10
Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver, <i>J Lippmann et al.</i>	18
Kommentar zu Problemen beim Tauchen in entfernten Gegenden und unterentwickelten Ländern, <i>G Hawkins</i>	23
Decompression sickness in a vegetarian diver. Are vegetarian divers at risk? A case report, <i>RA van Hulst et al.</i>	24
<b>Kommentierte Literatur: HBO-Therapie</b>	
Hyperbaric Oxygen Therapy: Solution for difficult to heal acute wounds? Systematic review, <i>AM Eskes et al.</i>	29
<b>Reise- und Tauchmedizin</b>	
The efficacy of low-dose intranasal scopolamine for motion sickness, <i>RG Simmons</i>	36
<b>Aus der Gesellschaft</b>	
In Memoriam Oskar F. Ehm, <i>J Wenzel</i>	40
Protokoll - Mitgliederversammlung der GTÜM e.V. am 19.03.2011 in Regensburg	42
<b>Leserbriefe</b>	
Leserbrief zum Beitrag 'Stehen wir vor einem neuen Paradigma: Inaktivitäts-Physiologie?', <i>HV Ulmer</i>	46
Antwort zum Leserbrief Ulmer, <i>JD Schipke</i>	46
<b>Veranstaltungshinweise</b>	
37. Annual Meeting of EUBS (European Underwater and Baromedical Society), Gdansk (Danzig)	47
Tauchmedizinische Fortbildung 12 – Seminar für Tauchmedizin, Essen	47
Tauchmedizin-Symposium 2011, Speyer	47
<b>Kurse</b>	48
<b>Anschriftenliste GTÜM</b>	49
<b>Hinweise für Autoren &amp; Impressum</b>	50
<b>Zu guter Letzt</b>	51