



Stellungnahme zu Covid & Tauchen - GTÜM, DLRG, VDST
Vorträge der letzten GTÜM-Tagung - Teil 2
Medical Devices Directive (MDR) & HBO-Druckkammern
Heller-Mager-von Schrötter (HMvS)-Preis 2020-2021

UNOSSTERU

Editorial



Sehr geehrte Leserinnen,
sehr geehrte Leser,

Druckkammern für Bergsteiger

Der Titel dieses CAISSON zeigt eine Besonderheit: eine „Druckkammer“ zur Therapie von Akuter Höhenkrankheit (Acute Mountain Sickness, AMS), Höhen-Lungenödem (High Altitude Pulmonary Edema, HAPE) und Höhen-Hirnödem (High Altitude Cerebral Edema, HACE). Auf die Krankheitsbilder kann ich hier nicht näher eingehen, bei Interesse bitte selbst nachschlagen!

Das Interessante für Hyperbarmediziner ist die „Druckkammer“, oder der „Überdrucksack“ (im englischen „Gamow Bag“). Die flexible Druckkammer ist aufgrund ihres geringen Gewichts transportabel und kann z.B. mit einer Fuß-Luftpumpe aufgepumpt werden. Erhöht man so den Innendruck z.B. um 0,2 bar, so kann man in ca. 4000 m Höhe (Luftdruck ca. 0,6 bar) einen Luftdruck erreichen, der einer deutlich geringeren Berghöhe entspricht (ca. 0,8 bar entsprechend ca. 2000 m). Durch den erhöhten Luftdruck und den ebenfalls gestiegenen pO₂ können Symptome der o.g. Krankheitsbilder gebessert werden.

Die US-amerikanische Food & Drug Administration (FDA) hat diese „Druckkammern“ als Medizinprodukt freigegeben – allerdings ausschließlich für die Indikation „altitude sickness“ und ausschließlich mit dem Füll- und Atemgas Luft [1].

Druckkammern für „milde HBO“

Weltweit häufen sich in den letzten Jahren Veröffentlichungen und Berichte über „Druckkammern“ für sehr unterschiedliche Verwendungen, die man als „milde HBO-Therapie“ zusammenfassen kann. Diese „Druckkammern“ ähneln sehr der „Druckkammer“ auf dem

Titelbild dieser CAISSON-Ausgabe. Die wichtigen Unterschiede: 1.) Diese „Druckkammern“ werden nicht für die Notfall-Behandlung teilweise lebensbedrohlicher Erkrankungen in „remote locations“ angeboten, sondern für ein sagen wir einmal ‚erstaunlich großes Anwendungsspektrum‘. 2.) Die Atemluft wird mit Sauerstoff zumindest angereichert, z.B. mit kleinen elektrisch betriebenen so genannten Sauerstoff-Konzentratoren. Achtung: Beide Punkte sind durch die o.g. FDA-Zulassung in keiner Weise abgedeckt!

EU-Recht: Medical Devices Regulation

Auch in Europa verbreiten sich zunehmend „Druckkammern“ für die „milde HBO“. Die FDA hat in Europa allerdings nichts zu sagen.

Aber seit etwas über einem Jahr gibt es zumindest in der EU etwas Neues und sehr wirksames: die „Medical Devices Regulation“ (MDR). Zum Leidwesen von Medizinprodukte-Herstellern, da es sehr mühsam ist, die neuen Bestimmungen zu erfüllen; im Fall „Druckkammern für milde HBO“ zum Glück aber sehr Schlagkräftiges im Hinblick die Sicherheit von Patienten und Anwendern.

Bei genauerem Hinsehen dürfte kaum eine der angebotenen Druckkammer-Konstruktionen für „milde HBO“ in der Lage sein, die Hürden der MDR zu meistern. Interessant ist, dass für viele dieser „Druckkammern“ eine Anerkennung als Medizinprodukt in der EU nie versucht wurde. Man deckt das gern mit dem Mäntelchen zu, dass man ja nur „Wellness“ und keine „Medizin“ mache.

Hier muss etwas geschehen! Im Interesse der Sicherheit von Patienten und Anwender! Und zwar in der gesamten EU! Die Erfahrungen tödlicher Druckkammer-Unfälle und die daraus resultierenden Sicherheitsbestimmungen dürfen nicht einfach ignoriert werden, und zwar aus wirtschaftlichen Gründen.

Bitte lesen sie hierzu den Artikel auf S. 22.

Ihr

[1] <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/hyperbaric-oxygen-therapy-get-facts>



22
MDR & Medizin-
produkt Druck-
kammer

32
MDR & Medical
Device Hyper-
baric Chamber



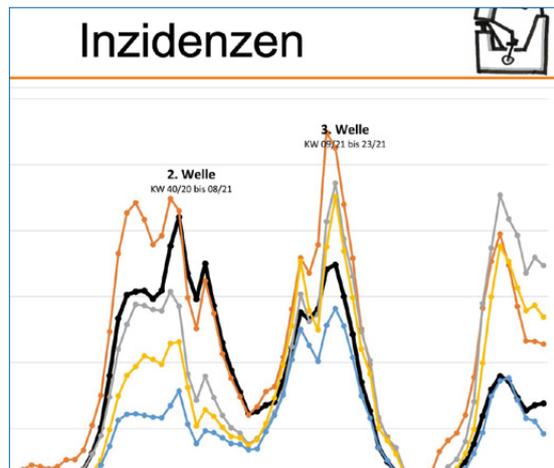
10
Milz und Meer



14
Tanganjika - das
große Grün



48
Auswirkungen
von Sauerstoff-
angereichertem
Atemgas



64
COVID-19 &
Tauchtauglich-
keit bei Kindern
& Jugendlichen

Zum Titelbild:

Der Titel zeigt eine „Druckkammer“ zur Therapie von Akuter Höhenkrankheit (Acute Mountain Sickness, AMS), Höhen-Lungenödem (High Altitude Pulmonary Edema, HAPE) und Höhen-Hirnödem (High Altitude Cerebral Edema, HACE). Dieser „Überdrucksack“ (im englischen „Gamow Bag“) ist eine flexible Druckkammer mit luft- und druckdichten Reißverschlüssen, die aufgrund ihres geringen Gewichts transportabel ist und z.B. mit einer Fuß-Luftpumpe aufgepumpt werden kann. Erhöht man so den Innendruck z.B. um 0,2 bar, so kann man in einer Berghöhe von ca. 4000 m (Luftdruck ca. 0,6 bar) einen Luftdruck erreichen, der einer deutlich geringeren Berghöhe entspricht (ca. 0,8 bar entsprechend ca. 2000 m). Durch den gestiegenen Luftdruck und den (gemäß Gasgesetz von Dalton) ebenfalls gestiegenen pO₂ können Symptome der o.g. Krankheitsbilder gebessert werden. Die US-amerikanische Food & Drug Administration (FDA) hat verschiedene Baumuster dieser „Druckkammern“ als Medizinprodukt freigegeben – allerdings ausschließlich für die Indikation „altitude sickness“ und ausschließlich mit dem Füll- und Atemgas Luft [Web-Link s. Editorial].

Inhalt

03 **EDITORIAL**
Wilhelm Welslau

05 **Impressum & Hinweise für Autoren**

TAUCHMEDIZIN

06 **Stellungnahme zu Covid & Tauchen**
GTÜM, DLRG, VDST

10 **Milz und Meer**
Lucia Donat, Jochen D. Schipke

14 **Tanganjika - das große Grün**
Barbara Pose

HYPERBARMEDIZIN

22 **MDR & Medizinprodukt Druckkammer**
Wilhelm Welslau, Roswitha Prohaska

32 **MDR & hyperbaric chambers**
Wilhelm Welslau, Roswitha Prohaska

AKTUELLES

42 **Selbsteinschätzung Dekostress**
Andreas Fichtner (HMvS-Preis 2020/21)

48 **Oxygen-enriched air & ventilation**
Fabian Möller (HMvS-Preis 2020/21)

58 **Auswirkungen von Sauerstoff-
angereichertem Atemgas**
André Zenske

62 **Divers Return After COVID-19
(DRACO) - DAN-Langzeitstudie**
Frauke Tillmans

67 **Untersuchung auf Residuen nach
SARS-CoV-2 Infektion**
Andreas Koch

68 **Vertigo bei Kindern und Jugend-
lichen & Tauchtauglichkeit**
Andreas Glowania

74 **COVID-19 & Tauchtauglichkeit bei
Kindern und Jugendlichen**
Karsten Theiß

79 **Lungenfunktion bei Kindern &
Jugendlichen nach SARS-CoV2**
Peter Ahrens

81 **GTÜM-Untersuchungsbogen für
Kinder & Jugendliche 2.0**
Christian Beyer

84 **WPW-Syndrom und Tauchtauglich-
keit im Kindes-Jugendalter**
Christian Beyer

87 **Nachrufe**

88 **Kongress-Ankündigungen**

89 **Kursangebote**

91 **Zertifizierte Veranstaltungen**

92 **GTÜM-Adressen**

Impressum & Hinweise für Autoren

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

redaktion: Dr. Wilhelm Welslau, Dornbacherstrasse 17, A-1170 Wien, Tel.: +43 (0)699 1844 2390, caisson@gmx.net

herausgeber: PD Dr. Lars Eichhorn (Vorstand der GTÜM), c/o BG-Unfallklinik Murnau, Prof. Küntscher-Straße 8, D-82418 Murnau
Tel.: +49 (0)8841 48 2709, gtuem@gtuem.org

Geschäftsstelle: GTÜM e.V., Susanne Keller, c/o BG-Unfallklinik Murnau, Prof.-Küntscher-Straße 8, D-82418 Murnau
Tel. +49 (0)8841 48 2167, Fax +49 (0)8841 48 2166, gtuem@gtuem.org

Satz, Layout: medien@19, Paderborn, dagmar.venus@gmx.de, www.dvenus.de, **Lektorat:** taucherarzt.at, Wien, **Druck & Versand:** Druckerei Marquart GmbH, Aulendorf, Auflage 2.000

caisson erscheint 2 bis 4x jährlich, etwa zur Mitte der Monate Januar, April, Juli und Oktober. Redaktionsschluss: 15. Feb., 15. Mai, 15. Aug. und 15. Nov.

Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

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

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



DLRG



Stellungnahme

Murnau/Bad Nenndorf/Offenbach, den 21.07.2022

Empfehlungen zur Rückkehr zum Tauchsport nach einer Infektion mit SARS-CoV2 (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit III-2022

Vorbemerkungen

Bei einer Infektion mit dem Erreger SARS-CoV2 erlischt zunächst eine vorhandene Tauchtauglichkeit. Die (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit nach Ende der Erkrankung sollte anhand der Krankheitsschwere erfolgen und an dem hier vorgestellten dreistufigen Vorgehen ausgerichtet sein. Für die (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit werden im Folgenden Handlungsempfehlungen gegeben, welche nunmehr den Wissensstand im 3. Quartal 2022 darstellen.

Seit der Formulierung der ersten Version der Empfehlung ist das Wissen um die Genesung nach Infektion mit einer der aktuellen Omikron-Varianten gewachsen: insgesamt spricht Vieles dafür, dass gerade bei Geimpften schwere Verläufe sehr selten sind und eine relativ zügige Rekonvaleszenz nach überstandener Infektion zu erwarten ist.

Aus diesem Grund werden in diesem Update die Empfehlungen zur Wiedererlangung der Tauchtauglichkeit nach SARS-CoV2-Infektion aktualisiert. Unabhängig hiervon muss aber nach wie vor beachtet werden, dass auch bei initial geringer Symptomatik verlängerte und auch verzögerte Rekonvaleszenz auftreten kann, sowie ein sogenanntes Long-Covid-Syndrom – eine möglicherweise chronischinflammative Covid-Nacherkrankung mit teilweise protrahiertem Verlauf. Diese Aspekte sollten grundsätzlich mit betrachtet

werden, wenn die Frage der Rückkehr zum Tauchsport beantwortet werden soll.

In der Formulierung der Empfehlungen wird der Impfstatus der/des Betreffenden auch weiterhin nicht gesondert betrachtet werden. Dennoch sollte es aber Beachtung finden, dass vollständig Geimpfte generell mildere Verläufe zu haben scheinen, auch mit einem geringeren Risiko für Post- und Long-Covid, soweit die aktuelle Datenlage Schlussfolgerungen zulässt.

Empfehlung für das Procedere

Fallgruppe A

Zeitpunkt 1: Positiver Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2

Verlauf der Infektion ohne oder mit nur sehr milder Symptomatik (ähnlich Schnupfen)

Zeitpunkt 2: frühestens 10 Tage nach vollständigem Abklingen aller Symptome und fortbestehender Beschwerdefreiheit:

Schriftliche Selbstauskunft/Selbstabfrage des Tauchers zur vollständigen Beschwerdefreiheit und Einhaltung der Genesungsfrist von 10 Tagen gemäß zur Verfügung gestelltem Formblatt.

Wenn die Genesungsfrist eingehalten und die fünf Aussagen des Fragebogens vollständig positiv beantwortet werden konnten, dann ist die Tauchtauglichkeit wieder gegeben.

Die unterzeichnete Erklärung legt die/der Sporttaucher:in zu seiner Tauchtauglichkeitsbescheinigung, um diese bei Bedarf vorweisen zu können. Zur Wiedererlangung der Tauchtauglichkeit ist für berufliche Taucher:innen und Einsatztaucher:innen die Zusendung dieser un-

Empfehlungen zur (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit nach stattgehabter Infektion mit SARS-CoV2



DLRG



Fallgruppe

A Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2 keine oder sehr milde Symptome (ähnlich Schnupfen)

negativer Test / Ende der Isolierung keine relevanten Restbeschwerden

ab 10 Tagen Beschwerdefreiheit

Mindeststandard der Empfehlung

- schriftliche Selbstauskunft/Selbstabfrage zu den Unterlagen
- Tauglichkeit wieder gegeben, wenn folgende 5 Aussagen positiv beantwortet werden
- **1: ich fühle mich fit und kann meinen Alltagsaktivitäten beschwerdefrei und uneingeschränkt nachkommen.**
- **2: ich verspüre keine außergewöhnliche oder auffallend frühzeitige Erschöpfung und/oder Müdigkeit**
- **3. Ich verspüre keine Störung der Wahrnehmung oder des Denkens**
- **4: Ich habe weder Husten noch Luftnot oder Beschwerden beim Atmen.**
- **5: Ich habe weder Brustschmerz noch Herzstolpern oder Herzrasen.**
- anderenfalls ist sich beim Taucherarzt zu melden
- Berufstaucher, Einsatztaucher o.ä. melden sich immer und grundsätzlich beim Taucherarzt
- weitere Untersuchungen werden dann besprochen/eingeleitet

bei unauffälligem Gesamtbefund: (un)eingeschränkte Tauchtauglichkeit wieder gegeben

B Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2 milde bis deutlichere Symptome (ähnlich Grippe)

negativer Test / Ende der Isolierung noch mögliche Restbeschwerden

ab 4 Wochen nach Abklingen aller Restbeschwerden

empfohlener Umfang der taucherärztlichen Begutachtung

- tauchmedizinischer Untersuchungsbogen (GTÜM/ÖGTH)
- tauchsportärztliche Untersuchung
- Ruhe-EKG
- einfache Lungenfunktionsuntersuchung (LuFu)
- *gegebenenfalls weitere Diagnostik wie z.B.*
- Belastungs-EKG
- Bodyplethysmographie, DLCO
- low-dose HR-CT Thorax (ohne KM)
- Labor: Routine plus hs-Troponin und NT pro-BNP, evtl. D-Dimere
- Hier Achten auf Post- und ggf. Long-Covid!

bei unauffälligem Gesamtbefund: (un)eingeschränkte Tauchtauglichkeit wieder gegeben

C Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2 **schwerere Symptome** jeglicher Art, z.B. Krankenhausaufenthalt

negativer Test / Ende der Isolierung je nach individuellem Verlauf der Genesung (Post- / Long-Covid?)

mindestens 3 Monate nach Genesung

empfohlener Umfang der taucherärztlichen Begutachtung

- tauchmedizinischer Untersuchungsbogen (GTÜM/ÖGTH)
- tauchsportärztliche Untersuchung
- Ruhe-EKG
- Belastungs-EKG
- Bodyplethysmographie, DLCO
- low-dose HR-CT Thorax erwägen (ohne KM)
- Labor: Routine plus hs-Troponin und NT pro-BNP, evtl. D-Dimere
- Echokardiographie
- gegebenenfalls weiterführende Diagnostik
- Hier Achten auf Post- und ggf. Long-Covid!

gegebenenfalls Wiedererlangung der Tauchtauglichkeit möglich

terzeichneten Erklärung an den betreuenden Taucherarzt und eine Kontaktaufnahme zur Vorstellung notwendig. Eine tauchmedizinische Untersuchung ist in diesem Fall zur Erlangung der Tauchtauglichkeit ggf. nach aktueller Maßgabe der zuständigen Organisation gefordert.

Fallgruppe B

Zeitpunkt 1: Positiver Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2

Verlauf der Infektion mit ausgeprägter Symptomatik (ähnlich Grippe) und/oder noch fortbestehender Symptomatik nach Ende der Isolation.

Mindestens 4 Wochen nach Abklingen aller Restbeschwerden Untersuchung auf (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit möglich.

Wenn sich in dieser Untersuchung ein unauffälliger Gesamtbefund ergibt, dann ist wieder uneingeschränkte Tauchtauglichkeit gegeben.

Umfang der ärztlichen Diagnostik:

- Tauchmedizinischer Untersuchungsbogen der GTÜM/ÖGTH - tauchsportliche Untersuchung
- Ruhe-EKG
- einfache Lungenfunktionsuntersuchung (LuFu)
- gegebenenfalls weitere Diagnostik wie Belastungs-EKG, Bodyplethysmographie, DLCO, Echokardiographie
- Labor: Routine plus hs-Troponin und NT pro-BNP) Low-dose HR-CT Thorax erwägen (ohne KM)
- hier Achten auf Post- und ggf. Long-Covid

Fallgruppe C

Zeitpunkt 1: Positiver Nachweis der Infektion mit SARS-CoV2

Verlauf der Infektion mit über Fallgruppe B hinausgehende schwerwiegendere Gesamtsymptomatik jeglicher Art, z.B. Krankenhausaufenthalt

Hier Procedere je nach individuellem Verlauf der Genesung ohne/mit Post- oder LongCovid

Mindestens 3 Monate (ärztliche Einschätzung) nach vollständiger Genesung Untersuchung auf (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit möglich. Gegebenenfalls ist eine Wiedererlangung der Tauchtauglichkeit möglich.

Umfang der ärztlichen Diagnostik:

- Tauchmedizinischer Untersuchungsbogen der GTÜM/ÖGTH - tauchsportliche Untersuchung
- Ruhe-EKG
- Belastungs-EKG
- Bodyplethysmographie, DLCO
- Echokardiographie
- gegebenenfalls weiterführende Diagnostik wie Labor: Routine plus hs-Troponin und NT pro-BNP
- Low-dose HR-CT Thorax (ohne KM)
- Cardio-MRT

- hier Achten auf Post- und ggf. Long-Covid

gez.

PD Dr. med. Lars Eichhorn, Präsident GTÜM

PD Dr. med. Stefan Linsler, Bundesbeauftragter Tauchmedizin DLRG

Dr. med. Heike Gatermann, Fachbereichsleiterin Medizin VDST

Weiterführende Links

- https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/020-027I_S1_Post_COVID_Long_COVID_2022-08.pdf
- Aktuelle Empfehlungen von DAN zu Tauchen und Corona vom Februar 2022 <https://www.daneurope.org/de/-/tauchtauglichkeit-nach-covid>
- aktuelles Positionspapier „Return to Sport“ <https://www.zeitschrift-sportmedizin.de/empfehlungen-zum-return-to-sport-nach-covid-19-expertenkonsensus/>
- Stellungnahme der DLRG, GTÜM und VDST zu Tauchen nach COVID19-Erkrankung vom April 2020 <https://www.gtuem.org//images/download/covid19/20200424-gemeinsame-stellungnahme-tauchenund-covid19-gt-m-dlrg-vdst.pdf>
- Stellungnahme der DLRG, GTÜM und VDST zu Tauchen nach COVID19-Erkrankung vom März 2021 https://www.gtuem.org//images/download/covid19/2022_03_stellungnahme_tauchennach-covid_032022.pdf

Erklärung zur Selbstauskunft

Name:

Geb.-Datum:

Adresse:

Liebe Tauchkameradin, Lieber Tauchkamerad!

Eine Infektion mit Coronavirus muss nach vorliegender weltweiter Datenlage immer noch deutlich anders bewertet werden als ein möglicherweise ansonsten vergleichbarer grippaler Infekt. Dies hat zur Folge, dass nach einer Coronainfektion die Tauchtauglichkeit zunächst erloschen ist und wiedererteilt werden muss.

Nun hat sich im Laufe der ersten Halbjahres 2022 eine Verschiebung des Erregers hin zum Omikron-Stamm ergeben, was glücklicherweise – und insbesondere bei vollständig Geimpften – in der Regel mit einem deutlich leichteren Gesamtverlauf der Erkrankung einhergeht.

Deshalb wird Ihnen die Möglichkeit eröffnet, nunmehr durch eine Selbstauskunft die Tauchtauglichkeit wiederzuerlangen, sofern Sie seit mindestens 10 Tagen wieder völlig beschwerdefrei sind.

Bitte denken Sie daran, auch zum Schutz Ihrer Tauchkameraden, ebenfalls den negativen Coronatest abzuwarten.

Wenn alle nachfolgenden Aussagen mit Sicherheit auf Sie zutreffen, dann steht es Ihnen frei, die abschließende Erklärung zu unterzeichnen.

- Ich fühle mich fit und kann meinen Alltagsaktivitäten wieder beschwerdefrei und uneingeschränkt nachkommen.

-Ich verspüre keine außergewöhnliche oder auffallend frühzeitige Erschöpfung und/oder Müdigkeit -Ich verspüre keine Störung der Wahrnehmung oder des Denkens

-Ich habe weder Husten noch Luftnot oder Beschwerden beim Atmen

-Ich habe weder Brustschmerz noch Herzstolpern oder Herzrasen

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Infektion mit dem Coronavirus mit nur Leichter (Schnupfen-ähnlicher) Symptomatik durchgemacht habe und nunmehr seit mindestens 10 Tagen vollkommen beschwerdefrei bin. Ich fühle mich persönlich wieder voll tauchtauglich und habe keine weiteren diesbezüglichen Fragen an meinen Taucherarzt.

Diese Angaben mache ich nach bestem Wissen.

Ort, Datum, Unterschrift

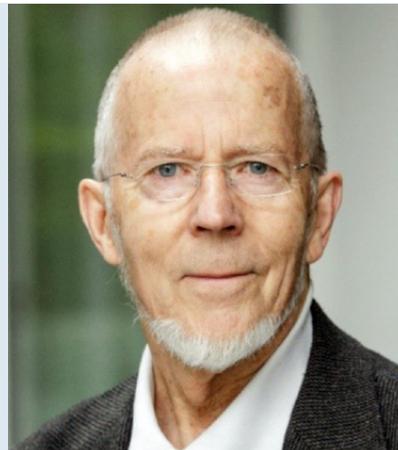
Milz und Meer*



Autorin

Dipl. Biol.
Lucia Donat

Institut für Aquakultur
und Kreislauf-
wirtschaft (IfA)
Düsseldorf



Autor

Prof. Dr. rer. nat.
Jochen D. Schipke

Wildenbruchstrasse 10
40545 Düsseldorf
j.schipke@gmx.org

Letztlich geht es um die Hypoxie. Sie wird in der Medizin nicht gern gesehen. Physiologische Anpassungen an hypoxische Bedingungen konnten bisher nur bei Hochlandbewohnern untersucht werden.

Das ist für den forschenden Mediziner nicht genug. Durch den beachtlichen Aufschwung des Apnoe-Tauchens entwickelt sich vielleicht jetzt eine weitere Population, die sich freiwillig regelmäßig einer Hypoxie aussetzt. Mit Untersuchungen ob und welche Adaptionen sich hier manifestieren, muss vermutlich noch ein wenig gewartet werden.

Anders ist das mit dem Volk der Bajau, das einen deutlichen Zeitvorsprung hat. Lange bevor

Indonesien, die Philippinen und Malaysia unabhängige Staaten wurden, haben die Bajau die südostasiatischen Meere befahren. Diese See-Nomaden sind seit mehr als 1000 Jahren Unterwasserjäger und, wie es aussieht, hat eine natürliche Selektion sie zu hervorragenden Apnoe-Tauchern gemacht: Was ist passiert?

Laut einer Studie in der Zeitschrift Cell sind für die erstaunlichen Leistungen der Bajau Varianten zweier Gene verantwortlich. Das ist jetzt nicht Prüfungs-relevant, aber es scheinen das BDKRB2- und das PDE10A-Gen betroffen zu sein. Der erste Kandidat hat mit dem Tauchreflex zu tun. Nicht nur löst dieser eine Bradykardie, eine periphere Vasokonstriktion, eine Bronchokonstriktion, sondern auch eine

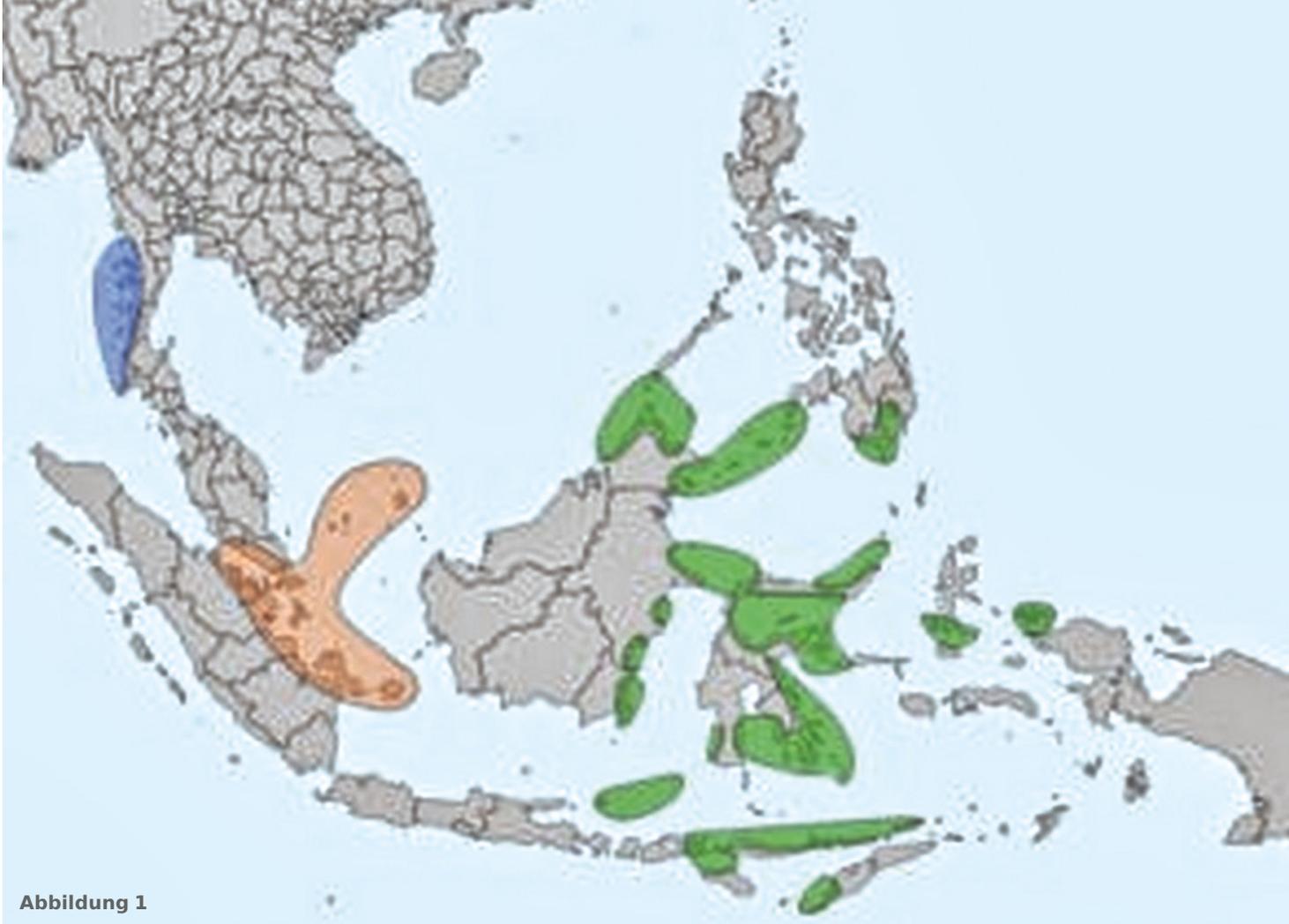


Abbildung 1

Milzkontraktion aus. Kontrahiert die Milz, werden oxygenierte Erythrozyten ausgeschüttet: das Sauerstoffangebot wird erhöht, die Tauchzeit wird erhöht.

Wo wir gerade bei der Milz sind. Die zweite Gen-Variante (PDE10A) veranlasst die Schilddrüse, vermehrt Hormone auszuschütten, und damit das Wachstum der Milz in der Kindheit zu regulieren. Die Milz der glücklichen Bajau ist daher im Durchschnitt 50 % größer als die der bäuerlichen Saluans in der Nachbarschaft.

Die Milzkontraktion als eine Komponente des Tauchreflexes wurde erstmalig bei den Amas, den japanischen Perlen-Taucherinnen, beobachtet. Bei einer Kontraktion werden etwa 150 ml Erythrozyten ausgeschüttet (andere Autoren berichten sogar von ≤ 250 ml; Bacovic et al, 2005), was den Sauerstoffgehalt um bis zu 10% erhöht. Auch bei Elite-Apnoetauchern zeigte sich, dass diejenigen mit den größeren



Saluan



PDEA100



Bajau

Abbildung 2

Bei den Bajau wurde in der PDEA10-Region ein Einzelnukleotid-Polymorphismus (SNP) gefunden. SNPs sind geerbte und vererbare genetische Varianten, welche durch die Variation nur eines einzelnen Basenpaares in einem komplementären DNA-Doppelstrang entstehen.

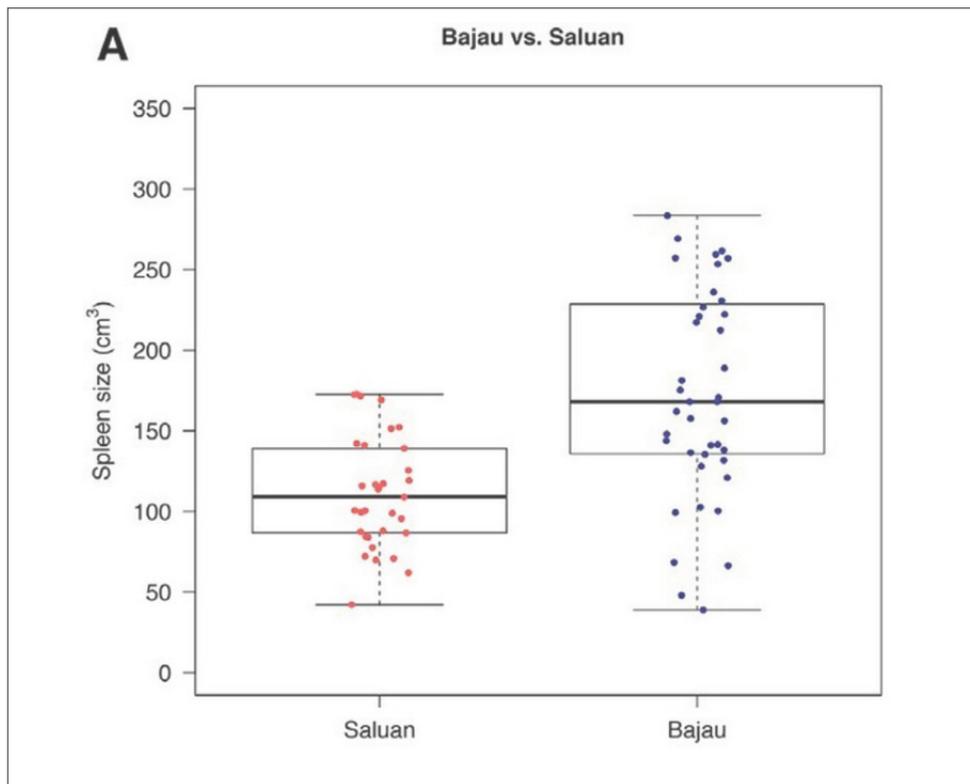


Abbildung 3

Milzen (580 ml) auch bessere Apnoeleistungen erreichten als kleinmilzige Mitbewerber (270 ml) (Shagatay et al, 2012).

Zurück zu den Bajau. Die Existenz dieses Volkes von Jägern und Sammlern hängt ganz entscheidend von den Fischen, Oktopussen und Schalentieren ab, die während der Apnoetauchgänge erbeutet werden. Und ausschließlich mit hölzernen Masken und einem Speer werden Tiefen von 70 m oder Apnoezeiten von bis zu 13 min erreicht. Innerhalb eines Arbeitstages sind die Bajau bis zu 60 % unter Wasser. Mit diesem Wert sind sie der Seeotter ganz nahe.

Mit etwas Training und der richtigen Ausrüstung, z.B. Flossen, sollten die Bajau daher zügig eine Reihe von AIDA Apnoe-Weltrekorden einstellen können. Allen voran den der statischer Apnoe, den Stephane Mifsud 2009 mit 11 min 35 s aufstellte.

Eine ganz andere und wenig elegante Art der Adaptation hat mit dem Ohr-Barotrauma zu tun. Um das Tauchen und die Jagd im Meer zu erleichtern, durchstechen sich jugendliche Bajau oftmals das Trommelfell. Viele ältere Bajau sind deshalb schwerhörig.



Abbildung 4

In der Studie von Dr. Llado standen mögliche, durch Apnoe-Tauchen verursachte, genetische Selektionen im Vordergrund. Ähnliche Selektionen haben einst bewirkt, dass heute die meisten Europäer – im Gegensatz zu den Chinesen – Alkohol und auch Milch im Erwachsenenalter gut vertragen. Die neueren Befunde bei Apnoe-Tauchern – Adaptationen gegenüber Hypoxie – könnten dem forschenden Mediziner ein neues, spannendes Betätigungsfeld ermöglichen.

Sollte sich der Leser, der bis hier durchgehalten hat, an den außergewöhnlichen, genetisch bedingten Unterwasser-Visus von Thai-See-Nomaden-Kindern erinnern, dann müsste ab jetzt das entsprechende Engramm adaptiert werden. Der verbesserte Visus war ein Trainingseffekt infolge wiederholter Tauchgänge und konnte von europäischen Kindern sicher

reproduziert werden. Wie in vielen Bereichen, nimmt diese Fähigkeit ganz einfach mit zunehmendem Alter ab.

Welche weitreichenden Einflüsse wiederholte Hypoxie bis sogar auf die Gen-Ebene hat, dafür sind die Bajau ein besonderes Beispiel. Wie aber Selektion, Mutation und Umwelt als Antwort auf Hypoxie genau zusammenspielen, bleibt ein ungelöstes Rätsel.

Literatur

*Llado M.A. et al, Physiological and Genetic Adaptations to Diving in Sea Nomads, Cell 2018; 173 (3);569-580

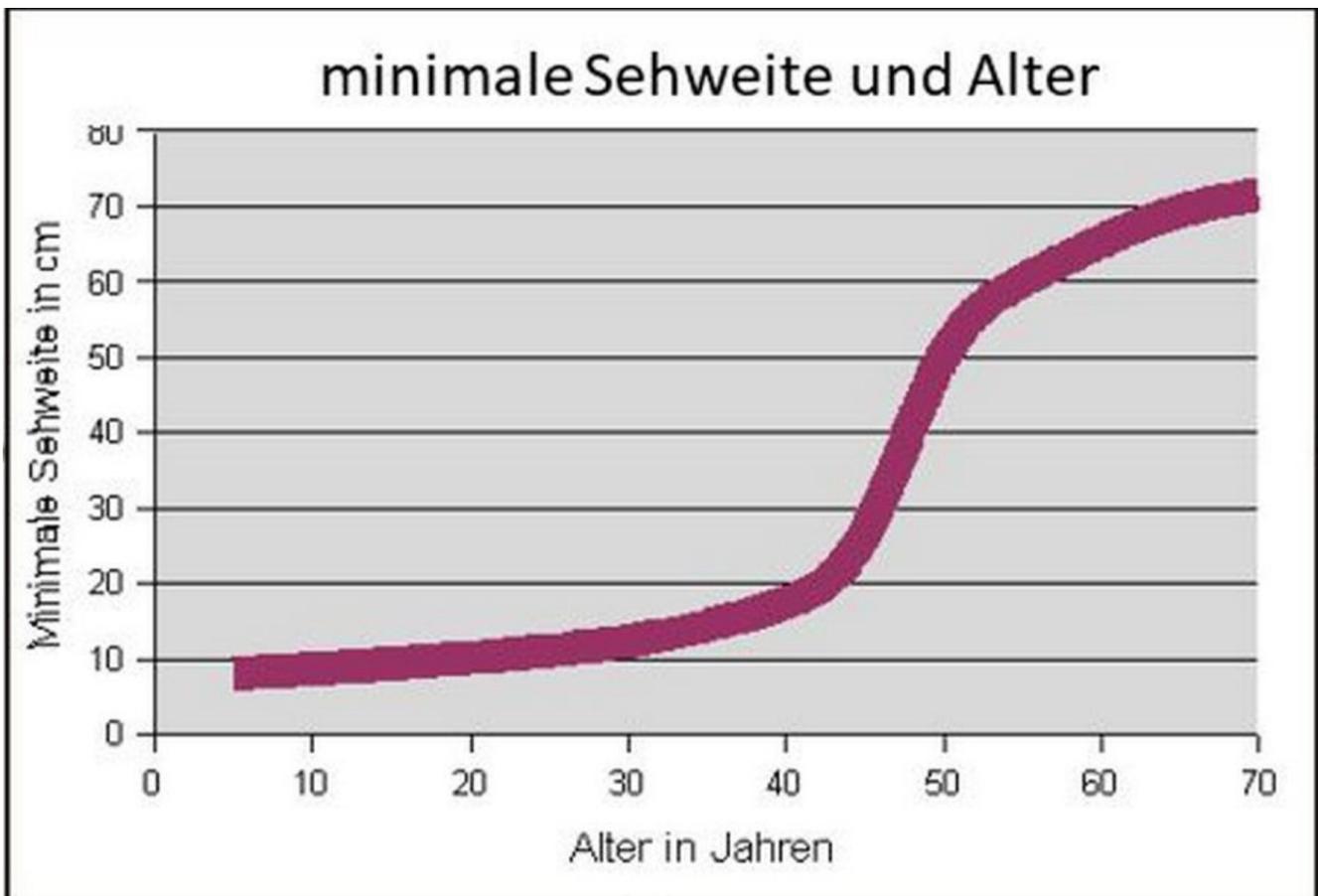


Abbildung 5

Tanganjika – das große Grün



Autorin

Barbara Pose •

Fachärztin für •
Allgemeinmedizin, •
M.P.H., Osteopathin, •
Taucherärztin, •
Expatriert in Burundi •
2009-2014 •

barbara@pose-frette.de •

Lock down April 2021, viralbedingte visuelle Depression - seit 2 Jahren kein Tauchgang! Auf der Nautilus Two in den Malediven beginnt nächste Woche die Taucharztfortbildung. Ich kann nicht teilnehmen, Beinbruch; 2019 war diese Tauchsafari unsere 18 Jahre verspätete Hochzeitsreise. Der Redakteur der Caisson hat mich damals um einen Bericht über mein abgelegenes, weitgehend unbekanntes Tauchrevier am Ende der Welt gebeten, das seit Beginn des Tauchsports als Breitensport in den 60er Jahren sicher weniger als 10.000 Taucher gesehen hat. 2019 fehlte mir die Zeit, aber jetzt ist der Bericht fällig als Hoffungsstrahl auf unbekannte Tiefen in einer nahen Zukunft.

Ich berichte über den längsten Süßwassersee der Welt, aus dem Weltraum erinnert er an einen Feuerwurm, der den Grabenbruch entlangkriecht. Es ist

die grösste Süßwasserreserve Afrikas und erstreckt sich bei nur durchschnittlich 50km Breite von Burundi im Norden über 673km – die Distanz zwischen Berlin und Wien - nach Süden, wo sie das sambische Ufer an der Grenze zu Tansania erreicht.

Afrika - wer träumt da nicht von Safari und einer Fotojagd auf die «Big Five». Aber wieso hat man die grossen Wasserhelden: Flusspferd und Krokodil nicht berücksichtigt, die «Big Seven» hört sich doch auch gut an?

Während Blauwasserjäger vor der Ostküste Afrikas ausreichend Marineparks und Tauchbasen finden, sieht die Situation im Inneren des Kontinents für Süßwassertaucher anders aus. Krokodile und Flusspferde beanspruchen Flüsse und Seeufer für sich, die nötige Infrastruktur zum Tauchen fehlt völlig – man kann nicht einmal schnell seine Pressluftflasche irgendwo befüllen...

Nach 2 Jahren Tauchen vor den teilweise von Dynamitfischerei zerstörten Korallenriffen Tansanias, wo meine Tauchkarriere 2005 begann, hatten wir 3 Jahre in Äthiopien gedarbt: schöne mineralische Seen konnten mangels Sicht und Infrastruktur nicht betachtet werden, das Meer durch den Bruderkrieg mit Eritrea nicht in Wochenendreichweite, auch die Reise nach Djibouti nichts für einen kurzen Sprung ins blaue Nass.

Als ich 2009 ein Stellenangebot als Gesundheitssystemspezialistin für ein Projekt der Schweizer Entwicklungshilfe in Burundi annahm, war die zweite Sorge meines Mannes – gleich nach der Schulfrage - „Kann man da tauchen?“ Und er fand die Webseite des Tanganjika Diving Club (T.D.C.) des Tauchclubs in Bujumbura, auf dessen Logo ein Taucher sich gegen die aufgerissenen Mäuler eines Krokodils rechts und eines Flusspferds links verteidigt. Dieser Tauchsektion des «Cercle nautique» in Bujumbura, die damalige Hauptstadt von Burundi, kurz C.N.B., gehörten wir bis 2014 zuletzt als Präsidentin und Schatzmeister



Abbildung 1:
Neolamprologus brevis nutzt die Schneckengehäuse im Sand als Schutz für seine Brut (Foto: Saskia Marijnissen)

an und mit unserem Weggang hat er seine Aktivität einstellt.

Burundi ist fern bunter Korallenriffe und doch voller bunter Schätze im grössten Bergsee der Welt. Die Wasseroberfläche des geschätzt 20 Millionen Jahre alten Sees liegt 782m über dem Meeresspiegel – jeder «dive» ist ein Höhentauschgang bei angenehmen tropischen Temperaturen von 26-28 Grad bis auf 40 Meter Tauchtiefe!

Im Süden (Sambia) und Osten: Kigoma (Tansania) ist das Wasser meist klar, in Kigoma wurde George, der Ex-Fischer, durch ein UN-Projekt mit Alufaschen und Kompressor ausgestattet, in Sambia dokumentiert das Internet eine Lodge mit einer Tauchbasis. Im Norden dagegen spielt die Natur und die Expansion des Menschen dem Tauchbesessenen so manchen Streich und raubt ihm häufig die Sicht. Doch jeder Tauchgang belohnt mit den Stars der Aquaristen: bekannten Neons, filigranen feengleichen fast durchsichtigen Fischen, in allen Farben leuchtend oder schwarz-weiss gebändert in Quer- oder Längsstreifen wie Zebras oder mit federgleichen langen Bauchflossen ausgestattet, die am Ende mit gelb leuchtenden Punkten aufwarten, um die Weibchen zu bezirzen. Die Verkäufer haben Ihnen markante

verkaufsfördernde Etiketten verpasst: «Prinzessin von Burundi» *Neolamprologus brichardii*, es gibt auch den Kaiser, Prinz, König und Lord des Sandes. «prince du sable». Brichard im Genetiv findet man an vielen Fischnamen, Pierre Brichard ist ein Naturforscher und einer der ersten Kategorisierer und Beschreiber dieser Seebewohner. Seine Tochter mittlerweile selbst in den Sechzigern hat 2014 beim Akklimatisieren von Fischen für den Export einen Unfall mit einem Hippo überlebt.



Abbildung 2:
Flusspferd im Delta der Ruzizi-Mündung (Foto: Barbara Pose)

Meine kleinen Helden des köstlichen Nass im artenreichsten See der Welt sind die Maulbrüter: Fische, die ihre Nachkommenschaft in den Mund nehmen, um sie vor hungrigen Angreifern zu schützen und die es fertigbringen – irgendwie – die Kleinen nicht zu verschlucken. 95% der Fische des Tanganjika-sees gehören zu dieser Familie und sind dort endemisch. Als Abkömmlinge mariner Vorfahren gelang es ihnen am besten, sich der starken Mineralisierung anzupassen. Aquarienliebhaber kennen sie als Buntbarsche oder Cichliden. Vier Jahre hatte ich die Gelegenheit ihnen sonntags einen nachbarschaftlichen Besuch abzustatten – im grössten Süßwasseraquarium der Welt, dem Tanganjikasee, dem «grossen Grün».

Der See ist der zweitiefste See der Welt und hat im Norden eine maximale Tiefe von 1470 Metern, unterhalb einer Tiefe von 200 Metern ist das Wasser ohne Sauerstoff und höhere Lebensformen. Unter den Buntbarschen erreicht der grösste: *Boulengerochromis microlepis* eine Maximallänge von 90 cm, ein geschätzter Speisefisch, fischfressend, unter Wasser aggressiv sein Nest verteidigend, gelb leuchtend. Die Spezies ist in der Lage in Brutzeiten die weiten Sandebene vor Gatumba in eine endlose Kraterlandschaft voller Nester zu verwandeln. «Koupi» nennt man ihn im sambischen Süden, in Burundi «Kuhe» oder «coûets» (Quhä prononciert). 160 bekannte Maulbrüterspezies gibt es im Tanganjikasee, doch am langen wenig zugänglichen kongolesischen

Ufer gibt es noch weitere unbekanntere Arten zu entdecken. Die meisten Arten treten regional begrenzt auf, da sie das Freiwasser nicht überwinden sondern lieber in «Ihrer Bucht» verbleiben. Deshalb kann sich der pflanzenfressende, steinabschabende «Stonekisser» *Petrochromis* von Mangara nicht mehr mit dem *Petrochromis* vom sambischen Ufer verpaaren – die Vettern treffen sich allenfalls im Aquarium. Im See gibt es nur wenig Flora – aber für jede Ernährungsnische hat sich ein Spezialist herausgebildet. Die zahlenmässig nächstgrösste Fisch-Population sind die bodennah lebenden nachtaktiven Stachelaale, die *Mastacembele* (pl.). Diese Knochenfische sind essbar und zeigen sich dem Sonntagstaucher auch am Tag, wenn sie sich von einem Versteck zum andern schlängeln.

Aber es gibt auch grössere schwerere Fische, die Anglerherzen erfreuen und den Sportfischerwettbewerben im CNB einen Sinn verleihen: drei verschiedene Arten Nilhechte (Lates....) sowie Karpfen und Riesenbarsche («*tilapia*»). Die drei Lates-Arten kommen als 'mukeke', 'nonzi' und 'sangala' letzterer auch «*Capitaine*» genannt auf den Tisch. Käseüberbackener 'Sangala' war mein erklärtes Lieblingsgericht.

Eine der vielen Welsarten, *Mapterus electricus*, gibt sogar elektrische Impulse ab. Leider tut er das auch dann, wenn der Wahlschluss der Götter ihm unerwartet eine neue Lebensspanne zuerkannt hat, und die Sonntagstaucher vorbeischickt, um ihn aus einem verlorenen Fischer-

netz frei zu schneiden. Die kleinen Katzenwelse dagegen sind ein Exportschlager, in der Einzahl *Synodontis multipunctatus*, sie wuseln putzig bodennah unter Felsvorsprüngen herum, ernähren sich von Flora und reinigen so manchen Stein und manche Aquarienwand mit ihren saugnapf-ähnlichen Mündern.

Auch diverse Wirbellose erfreuen virtuelle Abenteuerluste: Krabben, Ringelwürmer, Muscheln, die sich um vor dem Vernaschen geschützt zu werden, im Sandboden eingraben. Sogar Quallen hat der See



Abbildung 3:
Boulengerochromis microlepis, der grösste der endemischen Maulbrüter
(Foto: Barbara Pose)



Abbildung 4:
Einheimische Fischer vor der Küste Burundis (Foto: Laurent Frette)

hervorgebracht: diese zwei Zentimeter Durchmesser grossen Süßwasserquallen *Limnocoñida tangenicae*, hüllen den Taucher im Frühling, wenn sie blühen, in ein Meer von Seifenblasen, die sich im Spiel der Wellen wiegen und durch brennende Gesichter beim anschließenden Umtrunk flüchtige Erinnerungen hinterlassen.

Gelbgrüne Schwämme bewachen Felsen, weissgelbe die Überreste diverser Pirogen, die sich den Tauchern zum Vergnügen als Wracks strandnah auf 3-5 Metern als Orientierungspunkt und Anker für den Safety-stop anbieten. Aber auch Geisternetze die durch Bleigewichte am Boden halten und gleichzeitig von aufwärtsstrebenden Korkkörper der Greiftaue nach oben aufgestellt werden und «wie im Wurf kreisende Lassoschlingen zwischen dem «Oben» und «Unten» tunnelartig aufgespannt stehen, neigen zur Transformation in geisterhafte repetitive Skulpturen der Moderne durch Anlegen eines weissgrünen Schwammkleides.

Die Bewohner Burundis leiden an der Stagnation Ihrer Wirtschaft nach 15 Jahren Bürgerkrieg und der See leidet mit. Die Armut seiner Anrainer macht aus ehemaligen Farmern und Kriegsflüchtlingen, die nach Repatriierung ihre Scholle besetzt vorfanden, Fischer ohne Tradition und Verständnis für dieses Habitat. Reguläre Netze verschonen Jungtiere je nach der gewählten Maschengrösse. Aber das Fischen mit

improvisierten Wurfnetzen aus Moskitonetzen dezimiert die ufernah bebrüteten Jungtiere.

Der See dient als Müllablageplatz ebenso wie als Fäkaliengrube. Ufernah – unser Tauchrevier – ist die Anwesenheit des Menschen allgegenwärtig durch improvisierte Anker, die, wenn man sie nach dem Fischen nicht losbrechen kann, an Ort und Stelle zurückgelassen werden. Anker aus Fahrradfelgen, Autoreifen, in Plastik eingewickelte Steine. Kein Tauchgang ohne Einsammeln von ausgedienten Turnschuhen, zerstörten Flip-Flops, Kardan-Wellen, Stossdämpfern...

Überall gibt es Geister-Netze, die von Fischern zurückgelassen wurden, weil sie es nicht schafften, sie wieder einzuziehen. Auf jedem Tauchgang gilt es Netze unschädlich zu machen oder Fische und Krabben, die sich in Ihnen verfangen haben, zu retten.

Die Süßwasser-Krabben *Platyteñhusa spp. Tanganyika* haben es den Maulbrütern abgeguckt und betreiben ausgeprägte Brutpflege statt ihre Nachkommen den immerhungrigen Nilbarschen und carnivoren Cichlids zu überlassen – sie tragen Ihre Kinder an der Panzerunterseite herum. Sie sind ausserdem diejenigen, die am meisten unter den verlorenen Netzen der einheimischen Fischer leiden – ihre kantigen Körper bleiben im Netz hängen und all die winkligen Beine und Scheren finden keinen Weg hinaus. Sie werden nicht verzehrt und sterben



Abbildung 5:
Die endemische Süßwasserkrabbe *Platytylphusa* spp. Tanganjika betreibt Brutpflege (Foto: Saskia Marijnissen)

irgendwann in Wochen oder Monaten, wenn der Netz-Kokon so fest und undurchdringlich wird, dass die Krabbe sich nicht mehr ernähren kann oder ein Krabbenfresser sie erlöst.

Mein Mann zeigt mir einen aktuelle Youtube-Film über die Überschwemmungen in Bujumbura (12.4.2021): das Flugzeug folgt im Tiefflug der Küstenlinie von Bujumbura-Zentrum am Nord-Ost-Ende des Sees gelegen und wirtschaftliches Zentrum von Burundi, in Richtung von Uvira, am Fusse der Itombwe-Berge, in denen Che Guevara 1965 nach feudal unterdrückten Afrikanern suchte, welche eine Revolution gegen ihre Unterdrücker beginnen sollten. Uvira ist nur 25 km entfernt am Nordwestende des Sees gelegen und ethnisch und geografisch zum Kongo gehörig. Die Grenze liegt nach Passieren der Naturreserve des Rusizi-Deltas, vor dessen Küste der Club zwei Wracks versenkt hat.

Dieses Jahr, 2021, sind die Frühjahres-Überschwemmungen nach der Regenzeit aussergewöhnlich hoch: Bujumburas Strände sind verschwunden. In den seenahen Wohngebieten von Kabondo steht das Wasser auf der Strasse und dringt in die in Afrika nicht unterkellerten Häuser ein. Die Anfahrt zu un-

seren Tauchplätzen, die am Ufer entlang-führende Nationalstrasse N°3 ist spurlos verschwunden und zum wiederholten Male zerstört. Jede Verbindung in Burundi Süden muss über das Hochplateau erfolgen. Doch wohin sind die Neusiedler des Küstenstreifens, die das Ufer dicht besiedeln, geflohen? Bujumbura wächst beständig angesichts der entwurzelten Kriegs-Rückkehrer! Bei Beenden dieses Berichts (25.4.2021) ist der Grenzort zu Uvira hin, vor dessen Ufer die beiden Clubwracks liegen, die man in einem Tauchgang erreichen kann, Gatumba völlig überschwemmt, das Wasser steht in der gemauerten Schule, viele Lehmhütten und Felder sind zerstört. Woher dieses ungewöhnliche Hochwasser? - der Grabenbruch meldet sich regelmäßig auch mit seismischer Aktivität.

Der Yachtclub Burundis, der C.N.B., hat eine altehrwürdige Geschichte, seit den 30er Jahren des 20ten Jahrhunderts am Nordostende des Sees im Herzen der Hauptstadt neben dem Handelshafen gelegen, vereinte er Sportangler, Segler und Freizeitkapitäne auf Motoryachten meist am Wochenende. Das jährliche Pirogen-Rennen war das gesellschaftliche Ereignis im Herbst - nachdem nach der Sommerpause alte und neue Expatrierte ins kleine "Land der tausend Hügel" zurückgekehrt sind. Seit ca. 1990 gibt es eine Tauchsektion, die uns «Nachfolgern» einen Film über Ihre Tauchgänge ohne Jackett mit den alten «Klosetdeckeln» hinterlassen haben.

Zwischen 2009-2014 hatte der Club nur noch 5 regelmäßige Taucher und diverse unregelmäßige Mittaucher und Besucher, für die der Club in eingeschränkten Mengen Material zur Verfügung stellen konnte. Getaucht wurde nur noch sonntagsmorgens und gelegentlich an Feiertagen. Samstage sind morgens bis 10 Uhr durch die staatlich verordnete „obligatorische Freiwilligenarbeit“ der Staatsbürger blockiert, die zwar im städtischen Raum kaum befolgt wird und auch Expatrierten nicht betrifft, aber außerdem mit einem Fahrverbot einherkommt, das es den Tauchern verwehrt zu den Tauchgründen zu fahren.

Am Strand von Bujumbura selbst kann man nicht tauchen: zu viele Wellen, zu viel Sand, zu viel Verschmutzung. **Tauchen in Burundi ist für Frühaufsteher.**

Sonntag um 7:30 treffen sich die Taucher und packen am Club-Container ihr Material ein: Flaschen, Masken etc. und dann geht es mit dem Auto Richtung Süden oder bei wenig Wind, Schönwetterwolken vor den Itombwe-Bergen und Sonnenschein nach Gatumba zu den Wracks. Frühes Tauchen erleichtert den Einstieg vom Ufer aus und erhöht die Chancen auf eine gute Sicht. Im Laufe des Vormittags kommt Wind auf, der landwärts weht: von Südsüdost nach Nordnordwest und im Gefolge kommen die Wellen. Ich konsultiere meine Erinnerungen an den ersten Dezembersonntag 2009, an dem ich nach drei Jahren Tauchabstinenz durch meine neuen Tauchclubkollegen am späten Vormittag zu einem Tauch-Refresher am Nordufer eingewiesen wurde, mein allererster walk-in Tauchgang:

«Meine rechte Hand ist fest in die von Sandrine gekrallt, meine linke ist irgendwo vor meinem Gesicht - jedenfalls nicht zu sehen! Ich nehme sie wahr, aber ein Strom von Sand versperrt die Sicht zwischen Tauchermaske und Hand. Schwerfällig tapse ich mit den Flossen ins trübe Nass und versuche der Kraft der Wellen zu widerstehen bis ich endlich mit dem Schnorchel unter Wasser stehe. Mit Technik hat dieser Tauchgang nichts zu tun, auch mein Mann wird er wie ein Blinder geleitet und festgehalten, während wir die Masken abnehmen und das Wiederaufsetzen und Ausblasen üben. Ein Notaufstieg aus 2 Metern Wassertiefe ohne dass man die Richtung der aufsteigenden Luftblasen sehen und einen blauen Himmel erahnen könnte, ist sinnlos. Wir sind in einem Sandsturm unter Wasser gefangen.»

Lange habe ich mit diesem Revier gekämpft, das so anders ist als das grosse Blau – und aus Grün und noch mehr Grün. Ich war anfangs so sehr mit Atmen und Orientieren beschäftigt, dass lange keine entspannte Freude aufkam zumal die Zahl der Mittaucher bis 2014 immer weiter abnahm, trotz des organisierten Open Water und Advanced Open Water Kurses mit meinem Tauchlehrer Hannes aus Tansania, der mich auch in Bujumbura zum Dive-master qualifizierte, um Refresher-Kurse anbieten zu können.

Erst die Anfertigung einer Erinnerungsfibel aus aktuellen und ererbten und im Internet «geklaute» Fotos der wundersamen Welt der Maulbrüter hat mir die Namen und die Schönheit meiner «indigenen Nachbarn» offenbart, so dass jeder Tauchsonntag zu einem Besuch bei Bekannten und Freunden wurde.

Bei stark reduziertem Mitgliederstamm wurden wir 2009 sofort voll in die vakanten Clubfunktionen ka-

tapuliert: mein Mann wird zum Wartungstechniker des Material, meine Ausbildung als Ärztin bringt mir die Verantwortung für den Notarztkoffer mit der Sauerstoffflasche - und mit der Zeit finde ich auch die Abfüllfirma für den Sauerstoff, sie beliefert auch die Spitäl Burundis, die für einen Tauchunfall nicht ansprechbar sind. Es gibt Sauerstoff, aber selbst in der Anästhesie nicht regelhaft einen Defibrillator.

Mein neuer Tauchkollege Philippe vermittelt den Kontakt mit Alois.

Vor den Belgischen Kolonisatoren gehörte Burundi zum kaiserlichen Imperium der Deutschen und der eine oder andere deutsche Vorname bei den Einheimischen und die eine oder andere Einrichtung zeugen von diesem Erbe. Die GTZ (heutige giz) hat Ende der 90er Jahre in Kollaboration die Trinkwasserleitung für Bujumbura ermöglicht und da das Wasser aus dem See kommt, gibt es eine schnell alternde Tauchertruppe mit einem dringenden Materialbedarf, die nachdem sie vor vielen Jahren die Ansaug-Leitung bis 200m vor dem Ufer verlegt hat, Wartungsarbeiten an derselben durchführt, so es der Kompressor erlaubt. Alois ist der Chef der lokalen Tauchergruppe und hat den Schlüssel zur Dekompressionskammer. Es gibt im Hafenbecken von Bujumbura ein Comex-Caisson, die ich besuchen darf.

Doch die im Hafen liegende Zwei-Platz-Dekompressionskammer, kann keinesfalls als Rettungsinsel für einen Tauchunfall gelten, fiel die Instandhaltung doch diversen Budgetkürzungen oder -neuorientierungen zum Opfer und ist nicht funktional und wohl unrettbar verloren. Nach einem fernsehreifen Ballerinatanz - von Boot zu Boot schwebend - erreichten wir endlich das in 3ter Reihe vertäute Floss im Handelshafen mit dem Caisson. Die Kautschukmanschetten zerbröselten in meinen Händen, der Kompressor wurde seit 10 Jahren nicht gewartet und nicht genutzt. Der ärztliche Universitätslehrer, der in der Bedienung der Kammer und als Begleitperson ausgebildet wurde, unterrichtet auch in den Anrainernstaaten Physiologie und ist im Notfall nicht einsatzbereit.

Für Tauchen in Burundi gibt es kein Sicherheitsnetz, auch Ausfliegen ist im Fall des Dekompressionsunfalls schwierig, die Berge um den See, verlangen einen Anstieg um weitere 800-1000m und verstärken das Ausperlen des Stickstoffs.

Tauchen innerhalb von Sicherheitsstandards ist unter diesen Umständen das Wichtigste im Club.

Einige Tauchplätze wurden von Vorgängern benannt - das «Aquarium» zeugt von vielen Fischen und



Abbildung 6:

Wrack-Tauchen vor Gatumba verlangt GPS-Navigation und Anreise mit Bootsmann und Piroge (Foto: Martine & Leo Reyntjens)

einem Bootswrack, der Einstieg ist mitten im Dorf. In der Tiefe finden sich Stellen an denen warme Gasblasen gen Himmel steigen. Alles unser Graben nach einer Muschel oder Krabbe war erfolglos und wir vermuten, dass aus der Tiefe Methangase aufsteigen, Zeichen unterirdischer seismischer Aktivität. «Magara» entspricht dem Ortsnamen des Dorfes am Einstiegspunkt einer wunderbaren Sandebene mit Geisternetzen auf 25-35 Metern Tiefe und guter Sicht in einer spukigen Umgebung. Aber die meisten Plätze sind einfachheitshalber nach dem Kilometerstein benannt, an dem die Autos am Strassenrand parken. Der erste Tauchplatz ist km 27,5 ab Bujumbura Zentrum. Die Zeitspanne, um dort anzukommen, ist völlig unbestimmt. Die Regenzeit zerstört regelmässig die Asphaltstrasse, ab und zu rutscht ein Strassenabschnitt in den See ab, Kriechtempo mit 20 km/h ist nicht selten. Ausserdem sind die Strassen voller Kirchgänger im Sonntagsstaat mit bunten Regenschirmen aus China gegen die heissen Sonnenstrahlen, singend und schwatzend, begleitet von singenden Kindern.

Nach dem Parken des Autos am Straßenrand sammeln sich sofort Afrikaner jeden Alters neugierig um die Weißen (wir haben auch afrikanische Mittaucher, aber die „Muzungu“ sind in der Mehrzahl). Mit einem Passanten wird ein Entgelt für eine einstündige Autowache vereinbart, um Kinder und sonstige Neugierige abzuhalten. Die alles entscheidende erste Information, ob wir an diesem Tauchplatz bleiben werden, hängt davon ab, ob ein Flusspferd in der

Nähe gesichtet wurde. Diese Information wird umgehend eingeholt. Weltweit sind diese bulligen Pflanzenfresser für 200 Tote pro Jahr verantwortlich und so sehr wir uns aus der Ferne auch an Ihrem Anblick erfreuten, einen Zusammenstoß unter Wasser mit dieser Spezies versuchten wir unter allen Umständen, zu vermeiden. Krokodile gibt es auch im See, aber in der Regel vermeiden sie bewohnte Gebiete und lagern eher am Flussufer. Bücher über die Fische und das Tauchen im See aus den 50er Jahren (Pierre Brichard) geben Empfehlungen für den schlimmsten Fall: da Krokodile keine Schlüsselbeine haben und nur mit globalen Seitbewegungen auf ein Objekt zu schwimmen können, ist der Vorschlag aus dem Sichtfeld seitlich wegzuschwimmen und oder sich drohend zu gebärden/also mit den andern Tauchern gemeinsam eine gefährdende Position einzunehmen. Krokodile haben nicht umsonst erdgeschichtlich als Spezies so lange überlebt. Bei Bedrohung ziehen sie sich angeblich zurück. Ganz anders das herbivore Flusspferd, ein echter Angreifer und Draufgänger. Die Empfehlung lautet, in die Tiefe abtauchen, ein Flusspferd läuft gerne unter Wasser am Ufer lang.

Der Tanganjikasee hat zwei Haupt-Habitats, die sich dem Taucher erschließen: die felsige Uferzone, in denen sich Jungtiere gut vor fleischfressenden Artgenossen verstecken können und ausgedehnte Sandflächen mit vereinzelt solitären Felsen. Unabhängig von den Untergründen in 10 bis 20m Wassertiefe ist die Kinderstube der maulbrütenden

Barsche. Aufgrund der morphologischen Verwandlung mit Punkten und Streifen, kann man bei Jungtieren häufig nicht so recht sagen, was sie als erwachsene Tiere „werden wollen“. Nichtsdestotrotz ist es faszinierend von einer Jungtierschule umringt zu sein. Es gibt nacht- und tagaktive Fische, aber leider kann man aufgrund der Sicherheitslage (Banditismus!) keine Nachttauchgänge unternehmen.



Abbildung 7:

Neothauma tanganyicense werden postmortem zu Zufluchthöhlen für kleine Maulbrüterweibchen und ihre Brut während die wesentlich größeren Männchen den Harem außen umrunden und verteidigen (Foto: Saskia Marijnissen)

Das Sandhabitat ist ein Besonderes: in ihm finden sich Abkömmlinge der Spezies *Neothauma tanganyicense*, Wasserschnecken, deren Schneckenhäuser erst postmortem zu Architekten einer weltweit einzigartigen Lebensnische werden. Während das Meer solche Kalkinseln schnell zersetzt, führen die Mineralien zu ihrer Strukturverfestigung und machen sie zu Behausungen für Maulbrüter zwischen 5 und 15cm Länge. Dass grössere Männchen hat in mehreren Häuschen ein Weibchen, einen Harem, den er eifersüchtig bewacht. Manche Arten vermögen sogar bewohnte Häuschen zu deplazieren. Die Bewohner heissen *Neolamprologi brevis* und *Lamprologi ocellatus* und einige Arten mehr... Aber auch der *Boulengerochromis microlepis* liebt sandige Areale zum Brüten.

Während der See sich Richtung Kongo und Atlantik westwärts entleert hat er 4 Zuflüsse aus Osten und Norden aus den umliegenden Bergen. Der für uns im Norden bedeutsamste ist der Ruzizi.

Die Mündung des Ruzizi, der das Wasser des 800m höher gelegenen Kivusees in den Tanganyikasee leitet, bringt Schwebstoffe und Sediment, welches häufig eine geisterhafte weisse Nebelschicht vor Gatumba in 10-20m Wassertiefe bildet. Das Nord-

bassin ist flach und fällt nur langsam in die Tiefe ab, auch 150m vom Ufer ist noch kein Abfall in die oben beschriebene Untiefe erfolgt. Das Delta ist auch ein beliebter Treffpunkt der Flusspferde. Wenn wir mit der Piroge nach GPS zu den Wracks fahren, statten wir ihnen stets einen Nachttauchgangs-Besuch ab. Bei Durchqueren des Deltas beeindruckten die sedimentreichen Fremdgewässer, die sich wie Wolken im Seewasser auftürmen und vermengen. Das Delta ist voller Mitbringsel, die Vögeln einen guten Fang garantieren. Fischreier lauern auf den Strohinseln und fischen blitzschnell mit Präzision. Der Fluss bringt ab und an auch eine tierische oder menschliche Leiche.

Vor Gatumba hat der Club 2008 zwei Wracks versenkt, damit das Sandmeer mehr

als kleine Fische zu bieten hat und in der Hoffnung darauf, dass weitere sich ansiedeln. Dieses Konzept ist aufgegangen. Das erste kleine Motorboot ist die Meduse auf 9,2m Tiefe und wer Ihrer Kiellinie Richtung Kongo folgt, findet nach 30 Minuten Flossenschlag den auf 12,4m Tiefe liegenden Mercator. Das Tauchen in dieser geringen Tiefe, bei der die Sonne und das Spiel Ihrer Strahlen dem Tanz der Fische in nichts an Schönheit nachsteht, ist jedesmal ein Vergnügen, nebst dem Nervenkitzel: «finden wird die Boote?».

Noch einmal Gatumba tauchen, noch einmal an der Wand....

Das grosse Grün wartet auf mich.

Die neue "Medical Devices Regulation" in der EU - Auswirkungen auf das Medizinprodukt Druckkammer



Autoren

Dr. Wilhelm Welslau •
•
FA Arbeitsmedizin, •
• Sportmedizin •
• Tauch- & Hyperbarmedizin •
• Consultant (GTÜM) •
• Level III Expert in •
• Baromedicine (ECHM) •
• Vorstandsmitglied der •
• GTÜM, ÖGTH und ECHM •
•
welslau@gmx.at •
www.taucherarzt.at

Von der MDD zur MDR

Den meisten ist es wegen Corona nicht wirklich aufgefallen, und tatsächlich hat sich das Inkrafttreten der „Medical Devices Regulation“ (MDR, Medizinprodukte-Verordnung) [1] aufgrund der Corona-Pandemie um ein Jahr von 2020 auf 2021 verschoben. Tatsache ist aber, dass die „Medical Devices Directive“ (MDD, Medizinprodukte-Richtlinie) [2] in der EU am 26. Mai 2021 durch die neue MDR ersetzt wurde. Ab diesem Datum ist die MDR in allen EU-Mitgliedsstaaten unmittelbar geltendes Recht.

Dies ist eine große Änderung, da die Anforderungen der alten EU-„Richtlinie“ MDD in jedem EU-Mitgliedsland in nationales Recht umgesetzt werden mussten, bevor sie geltendes Recht wurden. Wie alle EU-„Verordnungen“ (im Gegensatz zu „Richtlinien“) verlangt die neue MDR keine solche Überleitung, sie hat bereits unmittelbar Rechtscharakter in jedem EU-Mitgliedsland.



Autoren

Dr. Roswitha Prohaska •
•
Ärztin f. Allgemeinmedizin, •
• Arbeitsmedizin •
• Tauch- & Hyperbarmedizin •
• Consultant (ÖGTH) •
• Level III Expert in •
• Baromedicine (ECHM) •
• Präsidentin der ÖGTH •
•
prohaska@gmx.org •
www.taucherarzt.at

Nationale Regelungen zur MDR

Trotzdem sind nationale Regelungen notwendig, die z.B. festlegen, welche Behörde im jeweiligen EU-Mitgliedsland zuständig ist und welche Strafen und Bußgelder festgelegt werden, da dies Aufgaben der einzelnen Länder sind, die nicht durch eine EU-Verordnung festgelegt werden können.

In Deutschland erfolgt dies beispielsweise durch das „Medizinprodukte-Durchführungsgesetz“ (MPDG) [3]. In Österreich erfolgt die Umsetzung der MDR im „Medizinproduktegesetz 2021“ (MPG 2021) [4]. Jedes EU-Mitgliedsland hat seine eigene nationale Verordnung erlassen, um zuständige nationale Behörden zu benennen und Sanktionen und Bußgelder festzulegen - aber neben diesen

nationalen Gesetzen hat auch die MDR EU-weit Rechtscharakter.

Dieser Artikel bezieht sich nicht nur auf die EU-Verordnung MDR, sondern auch auf die mit der MDR verknüpften deutschen und österreichischen Vorschriften sowie auf die deutschen und österreichischen „zuständigen Behörden“ für die MDR (s.u.). Bitte beachten Sie, dass es für jedes EU-Mitgliedsland entsprechende nationale Vorschriften und zuständige Behörden für die MDR gibt.

„Zuständige Behörden“ für die MDR

Insgesamt ist das Leben mit der MDR im Vergleich zur MDD beim „herstellen“, „importieren“ oder „verwenden“ eines Medizinprodukts in der EU nicht einfacher geworden. Dies spiegelt sich auch in den entsprechenden nationalen Gesetzen wider. Für Deutschland beziehen sich zahlreiche Paragraphen des MPDG auf die Aufgaben und Rechte des „Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte“ (BfArM) [5] als „zuständige Behörde“ in MDR-Fragen. Für Österreich gilt das gleiche für das MPG 2021 in Bezug auf die Aufgaben und Rechte des „Österreichischen Bundesamtes für Sicherheit im Gesundheitswesen“ (BASG) [6]:

- Ergreifung von Maßnahmen zum Schutz vor unvermeidbaren Risiken, die von Medizinprodukten ausgehen
- Rückruf und aus dem Markt nehmen von Medizinprodukten
- Einschränkung oder Untersagung der Bereitstellung, des Betriebens oder der Anwendung des Medizinprodukts
- Unterrichtung der Öffentlichkeit

Das deutsche MPDG [3] räumt der zuständigen Behörde diese Rechte ein (MPDG §45), verlangt aber vorher eine Risikobewertung (MPDG §38). Aufgaben des BfArM in Bezug auf „Vigilanz und Überwachung“ werden im Detail beschrieben (MPDG §71 bis §82):

- Kommt das BfArM nach der Risikobewertung zum Schluss, dass von einem Medizinprodukt ein unvermeidbares Risiko ausgeht, so fordert es Korrekturmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit von Patienten, Anwendern oder anderen Personen, oder zum Schutz der öffentlichen Gesundheit (s. MPDG §74).
- Das BfArM kann z.B. das Inverkehrbringen oder

die Inbetriebnahme eines Medizinproduktes verbieten oder einschränken (s. MPDG §74).

- Das BfArM kann auch die Rücknahme oder den Rückruf eines auf dem Markt bereitgestellten Medizinproduktes anordnen und die Warnung der Öffentlichkeit vor den Risiken eines Produktes anordnen oder selbst vornehmen (s. MPDG §74).

Das österreichische MPG 2021 [4] räumt dem BASG [6] als zuständiger Behörde in Österreich vergleichbare Rechte ein.

In Abschnitt 2 „Vigilanz“ definiert die MDR detailliert, wie die Meldung schwerwiegender Vorfälle und Sicherheitskorrekturmaßnahmen im Feld zu erfolgen hat. Die MDR fordert die Mitgliedsstaaten auf, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um es Angehörigen der Gesundheitsberufe zu ermöglichen, mutmaßliche schwerwiegende Vorkommnisse im Zusammenhang mit Medizinprodukten an die zuständigen Behörden zu melden (MDR §87(10)) [1].

MDR Medizinprodukte-Klassen

Wie zuvor in der MDD [2] werden auch in der MDR Medizinprodukte in verschiedene (Risiko-)Klassen eingeteilt (MDR §51) [1].

- Klasse I – nicht-invasive Medizinprodukte
- Klasse IIa – invasive/aktive Medizinprodukte mit geringem Risiko
- Klasse IIb – invasive/aktive Medizinprodukte mit höherem Risiko
- Klasse III – aktive implantierbare und andere hochinvasive medizinische Geräte

Die Klassifizierung ist nicht so einfach, wie die obige Liste vermuten lässt. Insgesamt definiert die MDR 22 verschiedene Regeln (Rules), welche die Einstufung eines Medizinprodukts bestimmen. Die Regeln zur Einstufung von Produkten in die verschiedenen Klassen finden sich im Anhang VIII der MDR „Einstufungs-Regeln“. MDR §103 definiert die „Medical Devices Coordination Group“, welche die Zuordnung von Produkten zu den verschiedenen Medizinproduktklassen festlegt.

Anwendungsbeispiele der 22 Klassifizierungsregeln:

Rule 1 "Devices that either do not come in direct contact with the patient or contact intact skin only". Wenn keine der übrigen 21 Klassifizierungsregeln auf das Produkt zutrifft, so wird das Medizinprodukt der Klasse I zugeordnet (z.B. Stethoskop, Harnbeutel, Brillenglas, mechanischer Rollstuhl).

Rule 12 "Active devices intended to administer and/ or remove medicinal products, body liquids or other substances to or from the bodies". Alle aktiven Produkte, die dazu bestimmt sind, Arzneimittel, Körperflüssigkeiten oder andere Stoffe an den Körper abzugeben und/oder aus dem Körper zu entfernen, werden der **Klasse IIa** zugeordnet (z.B. Jet-Injektoren für Impfungen, Absaugpumpen), es sei denn, diese Vorgehensweise stellt unter Berücksichtigung der Art der betreffenden Stoffe, des betreffenden Körperteils und der Art der Anwendung eine potentielle Gefährdung dar; in diesem Fall werden sie der Klasse IIb zugeordnet (z.B. Infusionspumpen, Ventilatoren, Dialyseausrüstung, **Sauerstoff-Konzentratoren zur direkten Versorgung von Patienten mit Sauerstoff-angereicherter Luft, Druckkammern**).

Eine Gesamtübersicht über die Anwendung der 22 Regeln mit Beispielen findet sich im Dokument 2021-24 der Koordinierungsgruppe Medizinprodukte „Guidance on classification of medical devices“ (MDCG 2021-24) [7].

Geltungsbereich der MDR

Das deutsche MPDG [3] nimmt in §2 „Anwendungsbereich des Gesetzes“ eine wichtige Definition des Anwendungsbereichs für Medizinprodukte vor: „Dieses Gesetz gilt auch für das Anwenden, Betreiben und Instandhalten von Produkten, die nicht als Medizinprodukte in Verkehr gebracht wurden, aber mit der Zweckbestimmung eines Medizinproduktes im Sinne der Anlagen 1 und 2 der Medizinprodukte-Betreiberverordnung angewendet werden“ (MPDG §2(2)).

Strafbestimmungen

Im Deutschen MPDG, Kapitel 9 finden sich „Straf- und Bußgeldvorschriften“ (§92-95). So wird z.B. mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft, wer „ein Produkt der Klasse IIb [...] in den Verkehr bringt, in Betrieb nimmt oder mit einer CE-Kennzeichnung [...] versieht, ohne dass zuvor in einem Konformitätsbewertungsverfahren [...] festgestellt wurde, dass das Produkt den Anforderungen der Verordnung (EU) 2017/745 [MDR] entspricht [s. MPDG §92(4)2.]. Auch in dieser Hinsicht ist die deutsche MPDG nur ein Beispiel. Die gleiche Straftat kann in anderen EU-Ländern unterschiedlich bestraft werden.

Druckkammern für „Milde HBO“

Seit einigen Jahren bieten Hersteller und Importeure/Vertriebsfirmen vermehrt „preisgünstige“ Druckkammern an, in denen sauerstoffangereichertes Atemgas verabreicht werden kann. Auch professionelle Anwender werben auf ihren Websites für Behandlungen mit „milder HBO“ in diesen Druckkammern. Hinsichtlich der Wirkungen des hyperbaren Sauerstoffs verweisen diese Websites häufig auf Informationen, die zur klassischen HBO veröffentlicht wurden. Teilweise findet man direkte Links zu Websites klinischer HBO-Therapiezentren. Dies macht es für Laien sehr schwierig, einen Unterschied zwischen klassischer klinischer HBO und „milder HBO“ zu erkennen.

Druckkammer "Hardware"

Wer die üblichen Druckkammern für HBO-Therapie kennt, wird beim Blick auf Websites für „milde HBO“ feststellen, dass die hier beworbenen Druckkammern oft aus flexiblem Kunststoffmaterial bestehen und oft nur für eine sitzende oder liegende Person vorgesehen sind. Kleine Elektrokompressoren dienen zum Druckaufbau bis z.B. 0,3 oder 0,5 bar Überdruck (entsprechend einer Wassertiefe von ca. 3 bis 5 m). Sauerstoffkonzentratoren werden häufig in Verbindung mit Free flow-Masken zum Atmen sauerstoffangereicherter Atemgase angeboten. Die Druckkammern verfügen in der Regel über keine Schleuse oder Vorkammer.

Druckkammern für "Wellness"

Das Indikationsspektrum für Sauerstoffanwendungen unter Überdruck, das auf verschiedenen Websites für „milde HBO“ beworben wird, ist sehr breit. Die Indikationslisten überschneiden sich teilweise mit anerkannten medizinischen Indikationen für die klassische HBO-Therapie, nennen aber auch eine erhebliche Anzahl zusätzlicher „Indikationen“, die auf keiner Liste für die klassische HBO-Therapie zu finden sind. Werbeaussagen der Hersteller und Vertriebsfirmen richten sich an niedergelassene Ärzte, andere medizinische Leistungserbringer oder Endkunden zur Installation zu Hause. Werbeaussagen professioneller Dienstleister wollen für „milde HBO“ primär Endkunden erreichen.

Beispiele - Die Leser werden um Verständnis gebeten, dass aus veröffentlichen-rechtlichen Gründen hier keine Beispielfotos solcher Überdruckkammern für „milde HBO“ gezeigt werden. Bitte geben Sie einfach Begriffe wie „mild HBOT“ in eine Internet-Suchmaschine ein und suchen Sie nach „Bildern“, um einen Einblick in die Arten von Überdruckkammern zu erhalten, um die es hier geht.

Druckkammern als „Medizinprodukt“

Auf Fragen nach einer medizinischen Zulassung von Druckkammern für „milde HBO“ wird oft geantwortet, dass diese Art von Druckkammer als „Wellnessgerät“ und nicht als „Medizinprodukt“ konzipiert ist. Insgesamt kann man den Eindruck gewinnen, dass zwar einerseits positive Wirkungen der medizinischen HBO-Therapie für die Werbung genutzt werden, andererseits der Begriff „HBO-Therapie“ für die beworbene Druckkammer vermieden wird, um nicht in Verdacht zu geraten, medizinische Qualitäts- und Prüfstandards erfüllen zu müssen, wie z.B. in der gesamten EU gemäß der MDR [1].

Druckkammer-Indikationen und Behandlungsschemata

Medizinische Fachgesellschaften und Spezialisten auf dem Gebiet der Hyperbarmedizin aus verschiedenen Ländern auf der ganzen Welt haben Stellungnahmen mit klaren Positionen gegen die Durchführung von Überdrucktherapien in Kammern für „milde

HBO“ veröffentlicht, insbesondere wenn Behandlungen zu Hause oder mit unzureichenden Qualitätsstandards hinsichtlich Technik (Design, technische Überwachung) und Personal (Personal während der Behandlungen, Qualifikation des Personals) durchgeführt werden. Als Beispiel können Sie hier eine Stellungnahme der Undersea & Hyperbaric Medical Society (UHMS) lesen:

UHMS Position Statement - Conduct of hyperbaric oxygen therapy at sites other than clinical hyperbaric treatment facilities [8]

In the interest of optimizing patient safety and upholding best clinical practices, the UHMS supports the conduct of hyperbaric oxygen (HBO2) treatment only at those facilities that meet the operational and supervisory criteria set forth in the UHMS Position Statements on "Standards for Clinical Hyperbaric Treatment Facilities" and "Clinician Attendance." In HBO2 treatment settings other than these, it is unlikely that compliance with mandatory federal, state and local codes governing the design, construction, installation and operation of hyperbaric chambers can be maintained. Thus, patients, attendants and treatment bystanders compromise their personal safety in such poorly regulated settings. Further, without the consistent on-site availability of appropriately trained and credentialed hyperbaric medical personnel, reasonable compliance with evidenced-based HBO2 treatment regimens, adequate monitors of treatment complication and timely assessments of patient response to prescribed HBO2 therapy cannot be assured. Accordingly, the UHMS does not endorse the conduct of "in-home" hyperbaric oxygen therapy at any time. Similarly, except in the case of clinical or operational emergencies, the UHMS does not endorse the delivery of HBO2 therapy by hyperbaric treatment facilities that do not conform to the criteria established in the above referenced position statements.

und eine Resolution der American Medical Association (AMA):

AMA Resolution - Oppose Unsafe Use of "Mild Hyperbaric Therapy" D-270.986 [9]

Our AMA:

(1) opposes the operation of "mild hyperbaric facilities" unless and until effective treatments can be delivered safely in facilities with appropriately trained staff including physician supervision and prescription and only when the intervention has scientific support or rationale; and

(2) will work with the U.S. Food and Drug Administration and other regulatory bodies to close facilities offering "mild hyperbaric therapy" until and unless they adopt and adhere to all established safety regulations, adhere to the established principles of the practice of hyperbaric oxygen under the prescription and oversight of a licensed and trained physician, and ensure that staff are appropriately trained and adherent to applicable safety regulations.

In manchen der veröffentlichten Statements zielt ein Teil der Argumentation auf die Frage ab, ob es sich bei den Behandlungen in diesen Druckkammern für „milde HBO“ wirklich um HBO handelt. Dies ist sicher ein perfektes Thema für eine akademische Diskussion, Anbietern von „milder HBO“ ermöglicht die Diskussion aber, dem Boden der Medizin zu entkommen (...wir machen nur Wellness...). Es gibt allerdings einen Punkt in vielen der Argumentationen zur „milden HBO“, der kaum Raum für Interpretationen und Ausflüchte lässt: **Sicherheit** .

Druckkammer-Sicherheit

Ein Schlüsselthema der nationalen Behörden, die in den EU-Mitgliedsländern für die Einhaltung der MDR zuständig sind, ist Sicherheit: **Sicherheit der Patienten, Sicherheit der Anwender und Sicherheit unbeteiligter Dritter**. Diese Themen sind Hauptziele sowohl der alten MDD als auch der MDR (siehe Absätze oben). Der Einwand, dass es sich bei der „milden HBO“ nicht um eine medizinische Therapie, sondern um eine Wellness-Anwendung handelt und Druckkammern für die „milde HBO“ daher keiner Zulassung als Medizinprodukt mit Erfüllung

bestimmter Sicherheitsstandards bedürfen, muss bei Betrachtung einiger grundlegender Definitionen verneint werden:

Definition „HBO“ - Egal, ob man von „hyperbarer Oxygenierung“, „hyperbarer Sauerstofftherapie“, „milder hyperbarer Sauerstofftherapie“ oder „milder HBO“ spricht: Im Prinzip geht es um die Atmung von Sauerstoff oder sauerstoffangereicherten Atemgasen unter erhöhtem Umgebungsdruck durch Personen in einem unter Druck stehenden Raum = Druckkammer (Referenz: „A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy“, ECHM) [10]. Ähnliche Definitionen können in anderen anerkannten Publikationen gefunden werden.

Definition „erhöhter Umgebungsdruck“ - Deutsche und Österreichische Arbeitsschutzverordnungen legen als Untergrenze für „erhöhten Umgebungsdruck“ einen Überdruck von 0,1 bar fest (Referenzen: Deutsche „Druckluftverordnung“ [11], Österreichische „Druckluft- u. Taucherarbeiten-Verordnung“ [12]). Ähnliche Definitionen können in entsprechenden nationalen Vorschriften anderer EU-Mitgliedsländer gefunden werden.

Gefahr durch erhöhten Umgebungsdruck - Bereits bei einem Überdruck von 0,075 bis 0,12 bar besteht ein Gefahrenpotential:

Lindblom U, Tosterud C. **Pulmonary Barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75-1.2 meters of fresh water or less**, DHM 2021 [13]

During underwater vehicle escape training with compressed air, a fit 26-year-old soldier suffered pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism after surfacing from a depth of 0.75-1.2 metres of freshwater or less. She presented with an altered level of consciousness. Rapid neurological examination noted slurred speech, a sensory deficit and right hemiparesis. Eleven hours after the accident, hyperbaric oxygen treatment was initiated using US Navy Treatment Table 6. The soldier almost completely recovered after repeated hyperbaric oxygen treatment. Given the very shallow depth this is an unusual case with only two similar case reports published previously.

Definition „Sauerstoff zur Verabreichung an Menschen“ - Sauerstoff, der zur Verabreichung an Menschen bestimmt ist, unterliegt als „medizinischer Sauerstoff“ besonderen Anforderungen. Dies gilt beispielsweise für Sauerstoff in Gasflaschen, für Flüssigsauerstoff (LOX) aber auch für die Sauerstoffanreicherung von Atemgas durch sogenannte „Sauerstoffkonzentratoren“ (Referenzen: Deutsches Arzneimittelgesetz [14] und Österreichisches Arzneimittelgesetz [15]). Ähnliche Definitionen finden sich in entsprechenden nationalen Vorschriften anderer EU-Mitgliedsländer.

Sauerstoff-Konzentratoren: Wenn Konzentratoren den Sauerstoffgehalt erhöhen, um direkt vom Menschen geatmet zu werden, unterliegen sie der MDR und werden als **Medizinprodukte der Klasse IIb** definiert (Referenz: Medical Device Coordination Group Document 2021-24 - Guidance on Klassifizierung von Medizinprodukten, S. 46 [7]).

Druckkammer-Unfälle und die Folgen

Laut MDR werden Druckkammern als Medizinprodukte der Klasse IIb eingestuft [1,7]. Diese Einstufung basiert auf den potenziellen Risiken, die durch die Exposition von Menschen in diesen Druckkammern entstehen. Der erhöhte Druck und das Atmen von Sauerstoff in höheren Konzentrationen können Patienten, Anwender und Umstehende gefährden – zum Beispiel durch einen Brand in einer Druckkammer.

Tragische Unfälle - In der Vergangenheit kam es bereits zu Explosionen in Druckkammern mit Todesopfern z.B. durch Brand in sauerstoffgefüllten Monoplace-Druckkammern, aber auch zu Bränden in Mehrplatz-Druckkammern mit Todesopfern, z.B. in Mailand in 1997 mit 11 Töten [16,17] und durch Dekompressionskrankheiten in Druckkammern z.B. in Hannover in 1976 mit 5 Töten [18].

European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) - Pressemitteilung vom 3. Nov. 1997 [16]

Deeply shocked for the tragic consequences of the fire happened on October 31st, 1997, in the hyperbaric chamber of the Istituto Ortopedico Galeazzi in Milano, Italy, the European Committee for Hyperbaric Medicine wishes first to express its heartfelt condolences to the families of the victims of the fire.

While waiting for the final results of the investigations and for the causes of this tragedy, the Committee wishes to remind that this method of treatment, the efficacy of which does not need further demonstration, is based on the administration of oxygen breathed under pressure, and that it is, as a consequence, exposed to increased risk of fire. This is the reason why, since the introduction of this form of therapy, the prevention of such a risk has been the dominant concern of both the hyperbaric system designer and of the medical personnel using hyperbaric chambers.

The ECHM has always considered as one of its primary missions the prevention of hyperbaric-exposure related risks, and has dedicated significant effort towards the definition and the harmonization of adequate prevention modalities, procedures, and regulations. Particular attention has been dedicated to a close cooperation with chamber designers and with public authorities, to adequate training policies regarding hyperbaric environment safety, to the development of quality standards for the practice of hyperbaric medicine.

This has resulted in the current existence of European widely accepted standards and procedures concerning safety in hyperbaric medicine.

The tragic nature of the accident in Milano must not obscure the fact that a similar tragedy is fortunately and truly exceptional, when the number of hyperbaric treatment sessions performed daily in the world is considered.

This accident must stimulate everyone involved in hyperbaric medicine to carefully re-consider the adequateness of any existent safety standard and procedure with the goal to achieve the best possible optimization.

As for the ECHM, this will be, as it has been until now, a dominant component of its mission.

Lille, 3. November 1997

Professor F. Wattel – President ECHM, Professor A. Marroni – Secretary General ECHM

Medizingeräteverordnung (Deutschland) - Die tragischen Unfälle in Hannover und Mailand führten neben anderen Faktoren zur Entwicklung von Qualitäts- und Sicherheitsstandards, um erkannten Risiken entgegenzuwirken. Der Druckkammerunfall von Hannover im Jahr 1976 trug wesentlich zur Entstehung der Deutschen Medizingeräteverordnung (MedGV) bei [19]. Die MedGV trat 1985 in Kraft und wurde 2002 abgelöst durch das Medizinproduktegesetz (MPG) [20] als nationale Umsetzung der europäischen MDD [2].

DIN-Normen für Druckkammern (Deutschland) - Das Druckkammer-Unglück in Hannover war auch Auslöser für die Entwicklung einer Deutschen Industrienorm (DIN), die von 1984 bis 2003 in Kraft war: DIN 13256-2 - "Druckkammern für Personen - Teil 2: Begehbare Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung" [21].

2002 wurde eine **DIN für Monoplatz-Druckkammern** ergänzt: **DIN 13256-4** „Druckkammern für Personen - Teil 4: Einpersonen-Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung" [22].

EU-Norm für Druckkammern - Der Mailänder Druckkammerunfall von 1997 trug 2006 wesentlich zur Entwicklung einer europäischen Norm für Druckkammern bei: **EN 14931:2006** [23]. Diese EN basiert auf unterschiedlichen nationalen Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten, teilweise auch auf der oben genannten deutschen DIN 13256-2 [21].

EU-Norm für Überdruck-Feuerlöschanlagen - Ebenfalls als Folge des Brandunfalls in der Druckkammer in Mailand wurde 2011 eine europäische Norm zur Ergänzung der EN 14931 zu Feuerlöschanlagen geschaffen: **EN 16081:2011** "Hyperbaric chambers - Specific requirements for fire extinguishing systems - Performance, installation and testing" [24].

Medizinprodukte-Betreiberverordnung (Deutschland, Österreich) - Sowohl die Deutsche MPBetreibV [25] als auch die österreichische MPBV [26] nennen beide ausdrücklich in ihrem Anhang 1 "Druckkammern" als Medizinprodukte, für die

besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen.

Europäische HBO-Personalstandards - 2004 veröffentlichte die EU „Action B14“ im Rahmen der „European Cooperation of Science and Technology“ (COST) „A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy“ für Mehrplatz-Druckkammern. Diese Standards wurden von der ECHM übernommen [10].

Bis 2022 hat ECHM diese Standards überarbeitet und für den Einsatz von Monoplatz-Druckkammern erweitert. Neben technischen Standards werden auch personelle Mindeststandards festgelegt: 3 Mitarbeiter vor Ort bei Mehrplatz-Druckkammern und 2 Mitarbeiter bei Monoplatz-Druckkammern. Die Standards definieren auch Mindestqualifikationen für Ärzte und medizinisches Fachpersonal vor Ort (A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy, Revision 2022, in press) [27].

Qualitätsstandards für die Ausbildung von Ärzten, die an Druckkammern arbeiten, werden von der ECHM gemeinsam mit dem „European Diving Technology Committee“ (EDTC) im Jahr 2011 veröffentlicht: „ECHM-EDTC Educational and training standards for physicians in diving and hyperbaric medicine“ [28].

Qualitätsstandards für die Ausbildung von medizinischem Assistenzpersonal an Druckkammern wurden von der ECHM gemeinsam mit der „European Baromedical Association for Nurses, Operators and Technicians“ (EBAss) im Jahr 2008 veröffentlicht: „EBAss/ECHM Resources Manual“ [29].

Die ECHM-Personalstandards für HBO sind hier als Beispiel angeführt, Standards für HBO-Personal mit vergleichbaren Anforderungen wurden auch in anderen Ländern herausgegeben, z.B. in Deutschland: DGUV-Information "Sicheres Arbeiten in therapeutischen Druckkammern" [30].

MDR & Druckkammern

Das Argument, eine Druckkammer für „milde HBO“ sei kein Medizinprodukt sondern ein „Wellnessprodukt“, ist eine Schutzbehauptung. Grundsätzlich besteht **auch bei Druckkammern für die „milde HBO“ ein potenzielles Risiko von Überdruck und erhöhter Sauerstoffkonzentration für**

exponierte Personen, Anwender und Dritte. Daher sind diese Kammern gemäß MDR als **Medizinprodukte der Klasse IIb** anzusehen und entsprechend zu prüfen und zu betreiben.

Pflichten der zuständigen Behörden

Seit Inkrafttreten der MDR im Mai 2021 sollte jedes EU-Mitgliedsland eine zuständige Behörde (competent authority) benannt haben, die für die Einhaltung der Vorschriften der MDR verantwortlich ist, in Deutschland ist das z.B. das „Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte“ (BfArM) [5], in Österreich das „Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen“ (BASG) [6]. Hinsichtlich der MDR befassen sich diese zuständigen Behörden in erster Linie mit Unternehmen, die eine Zulassung ihrer Medizinprodukte anstreben.

Die zuständigen Behörden sind auch zuständig für die Aufdeckung schwerwiegender Vorfälle mit Medizinprodukten - Stichwort „Vigilanz“ (siehe MDR, Kapitel VII, Abschnitt 2), sowie für die „Marktüberwachung“ (siehe MDR, Kapitel VII, Abschnitt 3) [1]. Wenn die zuständige Behörde Grund zur Annahme hat, dass ein Produkt ein unannehmbares Risiko für die Gesundheit oder Sicherheit von Patienten, Anwendern oder anderen Personen darstellt, muss die Behörde tätig werden.

Wenn EU-Mitgliedstaaten der Ansicht sind, dass eine bestimmte Gruppe von Produkten im Hinblick auf den Schutz der Gesundheit und Sicherheit von Patienten, Anwendern oder anderen Personen verboten werden sollte, kann dieses Land alle erforderlichen und gerechtfertigten Maßnahmen ergreifen (siehe MDR, Kapitel VII, Abschnitt 3, §98) [1].

Der Blinde Fleck

- Diverse Hersteller von Druckkammern für die „milde HBO“ haben offenbar nie einen Antrag als Medizinprodukt der Klasse IIb nach MDR gestellt.
- Die für die Einhaltung der MDR zuständigen nationalen Behörden betrachten aber in erster Linie Produkte, für die eine Zulassung als Medizinprodukt beantragt wurde.
- Druckkammern, die vorgeben kein Medizinprodukt zu sein, wurden von den meisten zuständigen nationalen Behörden bisher offenbar nicht als kritische Medizinprodukte anerkannt.

- Und weil es bisher scheinbar „gut gelaufen“ ist, verbreiten sich solche Druckkammern für „milde HBO“ immer mehr...

TO DO

Die potenziellen Risiken, die von Druckkammern für exponierte Personen, Anwender und Dritte ausgehen, sind seit Jahren ausreichend evaluiert. Es ist daher unbestreitbar, dass jede Druckkammer für Personen als Medizinprodukt der Klasse IIb zu betrachten ist und dem entsprechend zu testen und zu bewerten ist. Kann ein Produkt „Druckkammer“ die Sicherheitsanforderungen der MDR nicht erfüllen, darf dieses Produkt in der EU nicht in Verkehr gebracht und nicht verwendet werden.

Es wird die Aufgabe der verschiedenen nationalen „zuständigen Behörden“ (competent authorities) sein, für die Einhaltung der MDR zu sorgen und zu tun, was gemäß MDR zu tun ist. Die in diesem Artikel dargestellten Argumente und Hintergründe, sowie die zitierten Quellen können hierzu eine Hilfestellung sein.

Es wird die Aufgabe der hyperbarmedizinischen Fachgesellschaften und Fachverbände in den verschiedenen EU-Mitgliedsländern sein, die „zuständigen Behörden“ in ihrem Land auf die problematische Situation der „milden HBO“ hinzuweisen und die Behörden mit ihrer Fachkompetenz im Bereich der Hyperbarmedizin zu unterstützen.



Literatur

1. Medical Devices Regulation (MDR) [Langname: Regulation (EU) 2017/745 of the European parliament and of the council of 5 April 2017 on medical devices], vom 5. April 2017, gültig ab 26. Mai 2021 (link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0745&qid=1659852819647>)
2. Medical Devices Directive (MDD) [Langname: Council directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices] (link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A31993L0042>)
3. Medizinprodukte-Durchführungsgesetz (MPDG), Deutsches Gesetz zur Implementierung der MDR vom 28. April 2020 (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/mpdg/>)
4. Medizinproduktegesetz 2021 (MPG 2021), Österreichisches Gesetz zur Implementierung der MDR vom 28. April 2020 (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011580>)
5. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), Deutschland (link: https://www.bfarm.de/DE/Home/_node.html)
6. Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen (BASG), Österreich (link: <https://www.basg.gv.at/>)
7. Medical Device Coordination Group Document 2021-24 - Guidance on classification of medical devices (MDCG 2021-24) (link: https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-10/mdcg_2021-24_en_0.pdf)
8. UHMS Position Statement - Conduct of hyperbaric oxygen therapy at sites other than clinical hyperbaric treatment facilities (link: https://www.uhms.org/images/Position-Statements/uhms_in-home_position_statem.pdf)
9. AMA resolution - Oppose Unsafe Use of "Mild Hyperbaric Therapy" D-270.986 (link: https://policysearch.ama-assn.org/policyfinder/detail/D-270.986?uri=%2FAMADoc%2Fdirectives.xml-D-270.986.xml&fbclid=IwAR0RjTvmYgkr2uIJM1EKPQDqFrVzu8pnvfnQI93LFwIDfkgm39eU_wsbUXI)
10. A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy. European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) (link: <http://www.echm.org/ECHM-Documents.htm>)
11. Druckluftverordnung §2(2), Deutschland (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/druckluft/BJNR019090972.html>)
12. Druckluft- und Taucherarbeiten-Verordnung §4(b), Österreich (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008298>)
13. Lindblom U, Tosterud C. Pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75-1.2 meters of fresh water or less: A case report. Diving and Hyperbaric Medicine. 2021 June 30;51(2):224-226 (link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34157741/>)
14. Arzneimittelgesetz, Deutschland (link: https://www.gesetze-im-internet.de/amg_1976/BJNR024480976.html)
15. Arzneimittelgesetz, Österreich (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010441>)
16. Pressemitteilung des European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM). CAISSON Jg. 12/ Nr.4 (1997), p. 247 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1997-12-4.pdf>)
17. van Laak U. Der Druckkammer-Brand von Mailand. CAISSON Jg. 12/Nr.4 (1997), p. 247-249 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1997-12-4.pdf>)
18. van Laak U. "Es mußte erst Todesfälle geben", Die Druckkammerkatastrophe von Hannover. CAISSON Jg. 7/Nr.4 (1992), p. 148-155 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1992-7-4.pdf>)
19. Medizingeräteverordnung (MedGV), Deutschland, in Kraft 1985 bis 2002 (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Medizinger%C3%A4teverordnung>)
20. Medizinproduktegesetz (MPG), Deutschland, in Kraft 2002 bis 2021 (Link: <https://www.buzer.de/gesetz/3284/index.htm>)

- 21. DIN 13256-2 - Druckkammern für Personen - Teil 2: Begehbare Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, Deutschland, in Kraft 1984 bis 2003(link: <https://www.beuth.de/de/norm/din-13256-2/1096741>)
- 22. DIN 13256-4 - Druckkammern für Personen - Teil 4: Einpersonen-Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, Deutschland (link: <https://www.beuth.de/de/norm/din-13256-4/47273966>)
- 23. EN 14931:2006 - Pressure vessels for human occupancy (PVHO) - Multi-place pressure chamber systems for hyperbaric therapy - Performance, safety requirements and testing (link: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/0b144b70-cf06-42e3-b94d-1b09f17ce2f2/en-14931-2006>)
- 24. EN 16081:2011 - Hyperbaric chambers - Specific requirements for fire extinguishing systems - Performance, installation and testing (link: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/64b3077f-3c44-4a06-aaa9-b017e92367cc/sist-en-16081-2011>)
- 25. Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV), Deutschland (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/mpbetreibv/BJNR176200998.html>)
- 26. Medizinproduktebetreiberverordnung (MPBV), Österreich (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005279>)
- 27. A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy, Revision 2022 (in press)
- 28. ECHM-EDTC Educational & training standards for physicians in diving & hyperbaric medicine 2011 (link: [http://www.echm.org/documents/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20\(2011\).pdf](http://www.echm.org/documents/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20(2011).pdf))
- 29. EBAss/ECHM Resources Manual - Education of nurses, operators and technicians in hyperbaric facilities in Europe, 2008 (link: <http://www.echm.org/documents/EBAss-ECHM%20Education%20resources%20manual%20-%20Version%202008.pdf>)
- 30. DGUV Information 207-001 - Sicheres Arbeiten in therapeutischen Druckkammern. Deutschland (link: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/268>)

22. Tauchmedizinisches Seminar Mallorca



vom 10. bis 17. September 2022



- Ort:** Santa Ponsa, Mallorca
- Lehrgangsleitung:** Dr. Karin Hasmler (Diving & Hyperbaric Medicine Consultant GTÜM e.V.)
- Nähere Auskünfte:** Gunter Schendel, seminar@tauchfreunde-lahndill.de Tel: +49 172 3838656
- Zertifizierung:** wird bei GTÜM und LÄK beantragt
- Leistungspaket:** Lehrgangs- und Zertifizierungsgebühr, Tauchen, Flug, Übernachtung/Frühstück, Mittagsverpflegung, Seminargetränke, Flughafentransfer, Inseltransfers (Gesamtkosten: ca. 2.500.-€)
- Tauchausbildung:** Im Leistungsangebot ist auf Anfrage auch die taucherische Grundausbildung enthalten, sowie höherwertige Brevets, wie bspw. AOWD oder Rescuediver bzw. Äquivalente. Diese Leistungen können bereits vor der Seminarwoche in Deutschland erbracht werden.

New "Medical Devices Regulation" in the European Union - Effect on Medical Device "Hyperbaric Chamber"



authors

Dr. Wilhelm Welslau •
•
occupational medicine •
specialist, sports medicine •
diving & hyperbaric •
medicine consultant GTÜM •
(Germany) •
level III expert in •
baromedicine ECHM •
member of executive boards •
of GTÜM, ÖGTH and ECHM •
•
welslau@gmx.at •
www.taucherarzt.at •

From MDD to MDR

Most people didn't really notice it because of Corona, and in fact the entry into force of the "Medical Devices Regulation" (MDR) [1] has been postponed by one year from 2020 to 2021 due to the Corona pandemic. But reality is that the "Medical Devices Directive" (MDD) [2] was replaced in the EU on May 26, 2021 by the new MDR. From this date the MDR is directly applicable law in all EU member countries.

This is a big change as the requirements of the old EU "directive" MDD had to be transferred into national law in each EU member country before becoming applicable law. Like all EU "regulations" (in opposition to "directives") the new MDR does not require such a transfer, it already has legal character in every EU member country.

MDR National Regulations

Nevertheless, national regulations are needed that e. g. determine which authority is competent in the specific member country and which penalties and fines are specified, as these are tasks of the different countries that cannot be determined by an EU regulation.

For example, in Germany this is done by the "Medical Products Law Implementation Act" (Medizinprodukte-recht-Durchführungsgesetz, MPDG) [3]. In Austria the implementation of the MDR takes place in the "Medical Devices Act 2021" (Medizinproduktegesetz 2021, MPG 2021) [4]. Every EU member country has put into effect its own national regulation to assign competent national authorities and to specify penalties and fines - but besides these national laws also the MDR has legal character in the whole EU.



authors

Dr. Roswitha Prohaska •
•
general practitioner •
occupational medicine •
diving & hyperbaric •
medicine consultant ÖGTH •
(Austria) •
level III expert in •
baromedicine ECHM •
president of ÖGTH •
•
prohaska@gmx.org •
www.taucherarzt.at •

This text refers not only to EU regulation MDR but also to German and Austrian regulations linked to MDR, and to national MDR "competent authorities" in Germany and Austria (see below). Please note that there should be corresponding national regulations and national MDR competent authorities for every EU member country.

MDR "Competent Authorities"

As a general impression life has not become easier with MDR compared to MDD when "producing" or "importing" or "using" a medical device in the EU. This is reflected also by the corresponding national laws. For Germany, numerous paragraphs of the MPDG relate to the responsibilities and rights of the "Federal Institute for Drugs and Medical Devices" (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, BfArM) [5] as "competent authority" regarding MDR issues. For Austria, the same applies for the MPG 2021 in relation to the responsibilities and rights of the "Austrian Federal Office for Safety in Health Care" (Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen, BASG) [6]:

- Taking measures to protect against unacceptable risks posed by medical devices
- Recall and withdrawal of medical devices
- Restricting or prohibiting the provision, operation or use of the medical device
- public information

German MPDG [3] grants these rights to the competent authority (MPDG §45) but requires a risk assessment beforehand (MPDG §38). Tasks of BfArM regarding "vigilance and surveillance" are described in detail (MPDG §71 to §82):

- If after the risk assessment BfArM comes to the conclusion that a medical device poses an unacceptable risk, it requires corrective measures to protect the health and safety of patients, users or other people, or to protect public health (MPDG §74).
- BfArM can prohibit or restrict the placing on the market or the commissioning of a medical device (MPDG §74).
- BfArM can order the withdrawal or recall of a medical device made available on the market and warn the public about the risks of a product or carry it out itself (MPDG §74).

Austrian MPG 2021 [4] grants similar rights to BASG [6] as the competent authority in Austria.

In Section 2 "Vigilance" MDR defines in detail how reporting of serious incidents and safety corrective measures in the field has to take place. MDR calls on the member states to take appropriate measures to enable healthcare professionals to report suspected serious incidents in connection with medical devices to the competent authorities (MDR §87(10)) [1].

MDR Medical Device Classes

As in MDD [2] before, MDR also classifies medical devices into different (risk) classes (MDR §51) [1].

- Class I - non-invasive medical devices
- Class IIa - low risk invasive/active medical devices
- Class IIb - high risk invasive/active medical devices
- Class III - active implantable and other highly invasive medical devices

The classification is not as simple as the list above suggests. Overall, MDR defines 22 different rules that determine the classification of a medical device. The rules for classifying products into the various classes can be found in MDR Appendix VIII "Classification Rules". MDR §103 defines the "Medical Devices Coordination Group", which determines the assignment of products to the various medical device classes.

Examples of how to use the 22 classification rules:

Rule 1 "*Devices that either do not come in direct contact with the patient or contact intact skin only*". If none of the other 21 classification rules apply to the device, the medical device is assigned to Class I (e. g. stethoscope, urinary bag, spectacle lens, mechanical wheelchair).

Rule 12 "*Active devices intended to administer and/ or remove medicinal products, body liquids or other substances to or from the bodies*". All active devices intended to administer and/or remove drugs, body fluids or other substances from the body are in class IIa (e.g. jet in-

jectors for vaccination, suction pumps), unless this practice represents a potential hazard taking into account the nature of the substances concerned, the body part concerned and the manner of application; in this case they are assigned to class IIb (e.g. infusion pumps, ventilators, dialysis equipment, **oxygen concentrators for the direct supply of oxygen-enriched air to patients, hyperbaric chambers**).

A general overview of the application of the 22 rules with examples can be found in document 2021-24 of the Medical Devices Coordination Group "Guidance on classification of medical devices" (MDCG 2021-24) [7].

MDR Scope of Application

German MPDG [3] carries out an important expansion of the scope of application for medical devices in §2 "Application of the law": "***This law also applies to the use, operation and maintenance of products that have not been placed on the market as medical devices, but are used with the purpose of a medical device***" (MPDG §2(2)).

Penal Provisions

In German MPDG Chapter 9 "Penal and fine provisions" are mentioned (MPDG §92-95). For example, a person will be **imprisoned for up to three years or fined**, who places a **class IIb** product on the market, puts it into operation or provides it with a CE mark **without passing a conformity assessment procedure** stating that the product meets the requirements of MDR (MPDG §92(4)2.) [3]. German MPDG is an example also in this respect as the same criminal act may be punished differently in other EU countries.

Chambers for "Mild HBOT"

Since a few years, manufacturers and importers/sales companies are increasingly offering "inexpensive" hyperbaric chambers in which oxygen-enriched breathing gas can be administered. Also, professional users are advertising treatments with "mild

HBOT" in these hyperbaric chambers on their websites. Regarding the effects of hyperbaric oxygen these websites often refer to information published about classic clinical HBOT. In some case you can/could even find direct links to websites of clinical HBO therapy centers, which makes it very difficult for laypersons to see any difference between classic clinical HBOT and "mild HBOT".

Chamber "Hardware"

If you are familiar with the usual hyperbaric chambers for HBO therapy, you will notice when looking at websites for "mild HBOT" that the hyperbaric chambers advertised here are often made of flexible plastic material and are often only intended for a person sitting or lying down. Small electric compressors are used to build up pressure up to, for example, 0.3 bar or 0.5 bar overpressure (corresponding to a water depth of approx. 3 to 5 m). Oxygen concentrators are often offered in conjunction with free-flow breathing masks for breathing oxygen-enriched breathing gases. The hyperbaric chambers usually do not have a lock or antechamber.

Chambers for "Wellness"

The range of indications for oxygen applications under elevated pressure advertised on various websites for "mild HBOT" is wide. Indication lists partly overlap with recognized medical indications for classical HBO therapy, but also name a significant number of additional "indications" not found on any list for classical HBO therapy. Advertising statements of the manufacturers and sales companies mostly aim at doctors in private practice, other medical service providers or end customers for installation at home. Advertising statements of professional service providers want to reach only end customers for "mild HBOT".

Examples - Readers are asked for understanding that for reasons of publication law no example photos of such hyperbaric chambers for "mild HBOT" are shown here. Please simply enter terms like "mild HBOT" into an internet search engine and look for "images" to get an insight into the types of hyperbaric chambers we are discussing here.

Chambers as “Medical Device”

Questions about a medical approval of hyperbaric chambers for “mild HBOT” are often answered that this type of hyperbaric chamber is designed as “wellness device” not as “medical device”. Overall, one can get the impression that on the one hand positive effects of HBOT as a medical therapy are used for advertising statements while on the other hand the term “HBO Therapy” for the advertised hyperbaric chamber is avoided in order not to be suspected to need medical quality and testing standards for e. g. Medical Devices Regulation (MDR) [1] which applies for the entire EU.

Chamber Indications & Treatment Schedules

Medical societies and specialists in the field of hyperbaric medicine from different countries all over the world have published statements with clear positions against the performance of hyperbaric therapies in chambers for “mild HBOT”, especially when treatments are performed at home or with insufficient quality standards regarding technique (design, technical supervision) and personnel (staff during treatments, qualification of staff). As examples, you can read here a position statement of the Undersea & Hyperbaric Medical Society (UHMS):

UHMS Position Statement - Conduct of hyperbaric oxygen therapy at sites other than clinical hyperbaric treatment facilities [8]

In the interest of optimizing patient safety and upholding best clinical practices, the UHMS supports the conduct of hyperbaric oxygen (HBO2) treatment only at those facilities that meet the operational and supervisory criteria set forth in the UHMS Position Statements on "Standards for Clinical Hyperbaric Treatment Facilities" and "Clinician Attendance." In HBO2 treatment settings other than these, it is unlikely that compliance with mandatory federal, state and local codes governing the design, construction, installation and operation of hyperbaric chambers can be maintained. Thus, patients, attendants and treatment bystanders compromise their personal safety in such poorly regulated settings. Further,

without the consistent on-site availability of appropriately trained and credentialed hyperbaric medical personnel, reasonable compliance with evidenced-based HBO2 treatment regimens, adequate monitors of treatment complication and timely assessments of patient response to prescribed HBO2 therapy cannot be assured. Accordingly, the UHMS does not endorse the conduct of "in-home" hyperbaric oxygen therapy at any time. Similarly, except in the case of clinical or operational emergencies, the UHMS does not endorse the delivery of HBO2 therapy by hyperbaric treatment facilities that do not conform to the criteria established in the above referenced position statements.

and a resolution of the American Medical Association (AMA) regarding mild hyperbaric facilities:

AMA Resolution - Oppose Unsafe Use of “Mild Hyperbaric Therapy” D-270.986 [9]

Our AMA:

(1) opposes the operation of “mild hyperbaric facilities” unless and until effective treatments can be delivered safely in facilities with appropriately trained staff including physician supervision and prescription and only when the intervention has scientific support or rationale; and

(2) will work with the U.S. Food and Drug Administration and other regulatory bodies to close facilities offering “mild hyperbaric therapy” until and unless they adopt and adhere to all established safety regulations, adhere to the established principles of the practice of hyperbaric oxygen under the prescription and oversight of a licensed and trained physician, and ensure that staff are appropriately trained and adherent to applicable safety regulations.

In some statements at least part of the argumentation aims at questions whether it really is HBOT what is done in these chambers for “mild HBOT”. For sure this is a perfect topic for an academic discussion while allowing providers of “mild HBOT” to es-

cape the grounds of medicine (...we are doing only wellness...). But there is one point in many arguments regarding "mild HBOT" that leaves nearly no room for interpretation and escape: **safety**.

Chamber Safety

The key issue for national authorities in EU that are named to be responsible for the national compliance with MDR is safety: **safety of patients, safety of caregivers, and safety of uninvolved third parties**. These three issues are main goals of the old MDD as well as of MDR (see paragraphs above). The objection that "mild HBOT" is not a medical therapy but a wellness application and that hyperbaric chambers for "mild HBOT" therefore do not require approval as a medical device with fulfillment of certain safety standards must be denied when looking at some basic definitions:

Definition „HBO“ - It doesn't matter whether one speaks of "hyperbaric oxygenation", "hyperbaric oxygen therapy", "mild hyperbaric oxygen therapy" or "soft HBOT": in principle it is all about breathing oxygen or oxygen-enriched breathing gas under an increased ambient pressure with a person in a pressurized room or chamber (reference: "A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy", ECHM) [10]. Similar definitions may be found in other acknowledged publications.

Definition of "increased ambient pressure" - German and Austrian regulations on occupational health and safety set an overpressure of 0.1 bar as lower limit for "increased ambient pressure" (references: German "Compressed Air Ordinance" [11], Austrian "Compressed air and diving work ordinance" [12]). Similar definitions may be found in corresponding national regulations in each EU member country.

Risk of increased ambient pressures
- A potential hazard already exists at an overpressure of 0.075 to 0.12 bar:

During underwater vehicle escape training with compressed air, a fit 26-year-old soldier suffered pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism after surfacing from a depth of 0.75-1.2 metres of freshwater or less. She presented with an altered level of consciousness. Rapid

neurological examination noted slurred speech, a sensory deficit and right hemiparesis. Eleven hours after the accident, hyperbaric oxygen treatment was initiated using US Navy Treatment Table 6. The soldier almost completely recovered after repeated hyperbaric oxygen treatment. Given the very shallow depth this is an unusual case with only two similar case reports published previously.

(Reference: Lindblom U, Tosterud C. Pulmonary Barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75-1.2 meters of fresh water or less, DHM 2021 [13]).

Definition of "oxygen for administration to humans" - Oxygen intended for administration to humans is subject to special requirements as "medical oxygen". This applies, for example, to oxygen in gas tanks, to liquid oxygen (LOX) but also to oxygen enrichment of respiratory gas by so-called "oxygen concentrators" (references: "Medicinal Products Act" (Arzneimittelgesetz, Germany) [14] and "Medicinal Products Act" (Arzneimittelgesetz, Austria) [15]. Similar definitions may be found in corresponding national regulations in each EU member country.

Oxygen concentrators: if concentrators increase the oxygen content in order to be breathed directly by humans, they are subject to the MDR and are defined as **class IIb medical devices** for EU member countries (reference: Medical Device Coordination Group Document 2021-24 - Guidance on classification of medical devices, p. 46 [7]).

Chamber Accidents and Consequences

According to MDR hyperbaric chambers are classified as class IIb medical devices [1,7]. This classification is based on the potential risks posed by human exposure to these hyperbaric chambers. The increased pressure and the breathing of oxygen in higher concentrations can endanger patients, users and bystanders - for example due to a fire in a hyperbaric chamber.

Tragic accidents - In the past there have already been explosions in hyperbaric chambers with fatalities e. g. by fire in oxygen-filled mono-place chambers, but there have also been fires in multi-place hyperbaric chambers with fatalities e. g. in Milano,

Italy in 1997 with 11 casualties [16,17] and deaths from decompression illnesses in hyperbaric chambers e. g. in Hanover, Germany in 1976 with five casualties [18].

European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) - Press release of 3. Nov. 1997 [16]

Deeply shocked for the tragic consequences of the fire happened on October 31st, 1997, in the hyperbaric chamber of the Istituto Ortopedico Galeazzi in Milano, Italy, the European Committee for Hyperbaric Medicine wishes first to express its heartfelt condolences to the families of the victims of the fire.

While waiting for the final results of the investigations and for the causes of this tragedy, the Committee wishes to remind that this method of treatment, the efficacy of which does not need further demonstration, is based on the administration of oxygen breathed under pressure, and that it is, as a consequence, exposed to increased risk of fire. This is the reason why, since the introduction of this form of therapy, the prevention of such a risk has been the dominant concern of both the hyperbaric system designer and of the medical personnel using hyperbaric chambers.

The ECHM has always considered as one of its primary missions the prevention of hyperbaric-exposure related risks, and has dedicated significant effort towards the definition and the harmonization of adequate prevention modalities, procedures, and regulations. Particular attention has been dedicated to a close cooperation with chamber designers and with public authorities, to adequate training policies regarding hyperbaric environment safety, to the development of quality standards for the practice of hyperbaric medicine.

This has resulted in the current existence of European widely accepted standards and procedures concerning safety in hyperbaric medicine.

The tragic nature of the accident in Milano must not obscure the fact that a similar tra-

gedy is fortunately and truly exceptional, when the number of hyperbaric treatment sessions performed daily in the world is considered.

This accident must stimulate everyone involved in hyperbaric medicine to carefully re-consider the adequateness of any existent safety standard and procedure with the goal to achieve the best possible optimization.

As for the ECHM, this will be, as it has been until now, a dominant component of its mission.

Lille, 3. November 1997

Professor F. Wattel - President ECHM, Professor A. Marroni - Secretary General ECHM

Medical Devices Ordinance (Germany) - The tragic accidents in Hanover and Milan both led, besides other contributions, to the development of quality and safety standards in order to counteract identified risks. The Hanover hyperbaric chamber accident of 1976 made a significant contribution to the development of the German "Medical Devices Ordinance" (Medizingeräteverordnung, MedGV) [19]. MedGV came into force in 1985 and was replaced in 2002 by the "Medical Devices Act" (Medizinproduktegesetz, MPG) [20] as National implementation of European MDD [2].

DIN standards for hyperbaric chambers (Germany) - The hyperbaric chamber accident in Hanover was also a trigger for the development of a "German industry standard" (Deutsche Industrienorm, DIN), which was in force from 1984 to 2003: DIN 13256-2 "Hyperbaric chambers for human occupancy: **walk-in hyperbaric chambers** for hyperbaric therapy; Safety requirements and testing" (Druckkammern für Personen; Begehbare Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung) [21].

In 2002 a **DIN for mono-place chambers** was added: **DIN 13256-4** "Pressure vessels for human occupancy - Part 4: One human pressure vessels for hyperbaric therapy; Safety requirements and testing" (Druckkammern für Personen; Einpersonen-Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheits-

technische Anforderungen und Prüfung) [22].

EU standard for hyperbaric chambers - The Milan hyperbaric chamber accident of 1997 significantly contributed in 2006 to the development of a European standard for hyperbaric chambers:

EN 14931:2006 [25]. This EN is based on different national regulations of EU member countries and partly on the above-mentioned German DIN 13256-2 [23].

EU standard for hyperbaric fire extinguishing systems - Also as a result of the fire accident in the hyperbaric chamber in Milano, in 2011 a European standard was created to supplement EN 14931 on fire extinguishing systems: EN 16081:2011 "Hyperbaric chambers - Specific requirements for fire extinguishing systems - Performance, installation and testing" [24].

Medical Device Operator Ordinance (Germany, Austria) - German MPBetreibV [25] and Austrian MPBV [26] both in explicitly name in Appendix 1 "hyperbaric chambers" as medical products for which **special safety precautions** must be taken.

European HBOT personnel standards - In 2004 the EU "Action B14" within the framework of "European Cooperation of Science and Technology" (COST) published "A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy" for multi-place hyperbaric chambers. These standards were adopted by ECHM [10].

In 2022 ECHM revised these standards and extended them for use of mono-place chambers. Besides technical standards also minimum personnel standards are specified: 3 staff on site for multi-place hyperbaric chambers and 2 staff for mono-place hyperbaric chambers. The standards also define minimum qualifications for physicians and medical assistants on site (A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy, Revision 2022, in press) [27].

Quality standards for the education of physicians working at hyperbaric chambers are published by ECHM in a common version together with the "European Diving Technology Committee" (EDTC) in 2011: "ECHM-EDTC Educational and training standards for physicians in diving and hyperbaric medicine" [28].

Quality standards for the education of medical assistance personnel working at hyperbaric

chambers are published by ECHM in a common version together with the "European Baromedical Association for Nurses, Operators and Technicians" (EBAss) in 2008: "EBAss/ECHM Resources Manual" [29].

ECHM personnel standards for HBOT are an example, standards for HBOT staff issued with similar requirements have been issued in other countries as well, e.g. in Germany: DGUV-Information "Working safely in therapeutic hyperbaric chambers" [Sicheres Arbeiten in therapeutischen Druckkammern] [30].

MDR & Hyperbaric Chambers

The argument that a hyperbaric chamber for "mild HBOT" is not a medical device but a "wellness device" is a protective claim. In principle, **hyperbaric chambers for "mild HBOT" also pose a potential risk of overpressure and increased oxygen concentration for exposed persons, users and third parties**. Therefore, these chambers have to be considered as class IIb medical devices according to MDR and must be tested and operated accordingly.

Competent Authorities' Duties

Since MDR came into force in May 2021 every EU member country should have assigned a competent authority responsible for compliance with the regulations of MDR, e. g. the "Federal Institute for Drugs and Medical Devices" (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, BfArM) in Germany [5] and the „Federal Office for Safety in Health Care" (Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen, BASG) [6] in Austria. Primarily these competent authorities deal with companies that are seeking for approval of their medical devices.

Competent authorities are also responsible for detecting serious incidents involving medical devices - keyword "vigilance" (see MDR, Chapter VII, Section 2), as well as for "market surveillance" (see MDR, Chapter VII, Section 3) [1]. If the competent authority has reason to believe that a product poses an unacceptable risk to the health or safety of patients, users or other people, the authority must take action.

EU member countries who consider that a specific group of products should be banned with a view to protecting the health and safety of patients, users or other

persons, this country can take any necessary and justified measures (see MDR, Chapter VII, Section 3, §98) [1].

The Blind Spot

- Various manufacturers of hyperbaric chambers for "mild HBOT" have never applied for application as class IIb medical device according to MDR.
- The national competent authorities for compliance with MDR primarily consider products that have been applied for as medical devices.
- Hyperbaric chambers that pretend not to be a medical product have apparently not yet been recognized as a critical medical product by most national competent authorities.
- And because it has apparently "gone well" so far, such hyperbaric chambers for "mild HBOT" are spreading more and more...

TO DO

The potential risks posed by hyperbaric chambers for exposed persons, users and third parties have been adequately evaluated for years. It is therefore undeniable that any hyperbaric chamber for humans should be considered a class IIb medical device and tested and evaluated accordingly. If a product cannot meet the safety requirements of MDR, this product may not be placed on the market or used in the EU.

It will be primarily the task of the different national "competent authorities" to ensure compliance with MDR and to do what has to be done according to MDR. The arguments and backgrounds given in this article, as well as the official sources cited, can be of help in this regard.

It will be the task of the national hyperbaric medical societies and professional associations in the various EU member states to inform the "competent authorities" in their country of the problematic situation of "mild HBOT" and to support the authorities with their expertise in the field of hyperbaric medicine.



Literature

1. Medical Devices Regulation (MDR) [long name: Regulation (EU) 2017/745 of the European parliament and of the council of 5 April 2017 on medical devices], from April 5, 2017, valid from May 26, 2021 (link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0745&qid=1659852819647>)
2. Medical Devices Directive (MDD) [long name: Council directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices] (link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A31993L0042>)
3. Medizinprodukte-Durchführungsgesetz (MPDG, Germany) [Medical Devices Law Implementation Act], German law for the implementation of EU regulations regarding medical devices of April 28, 2020 (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/mpdg/>)
4. Medizinproduktegesetz 2021 (MPG 2021), Austria [Medical Devices Act 2021] Austrian law for the implementation of EU regulations regarding medical devices of April 28, 2020 (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011580>)
5. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) [Federal Institute for Drugs and Medical Devices, Germany] (link: https://www.bfarm.de/DE/Home/_node.html)
6. Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen (BASG) [Austrian Federal Office for Safety in Health Care] (link: <https://www.basg.gv.at/>)
7. Medical Device Coordination Group Document 2021-24 - Guidance on classification of medical devices (MDCG 2021-24) (link: https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-10/mdcg_2021-24_en_0.pdf)
8. UHMS Position Statement - Conduct of hyperbaric oxygen therapy at sites other than clinical hyperbaric treatment facilities (link: https://www.uhms.org/images/Position-Statements/uhms_in-home_position_statem.pdf)
9. AMA resolution - Oppose Unsafe Use of "Mild Hyperbaric Therapy" D-270.986 (link: https://policysearch.ama-assn.org/policyfinder/detail/D-270.986?uri=%2FAMA-Doc%2Fdirectives.xml-D-270.986.xml&fbclid=IwAR0RjTvmYgkr2ulJM1EKPDqFrVzu8pvnfn-QI93LFwIDfkgm39eU_wsbUXI)
10. A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy. European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) (link: <http://www.echm.org/ECHM-Documents.htm>)
11. Druckluftverordnung §2(2) [Compressed Air Ordinance, Germany] (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/drucklv/BJNR019090972.html>)
12. Druckluft- und Taucherarbeiten-Verordnung §4(b) [Compressed Air and Diving Work Ordinance, Austria] (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008298>)
13. Lindblom U, Tosterud C. Pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75-1.2 meters of fresh water or less: A case report. Diving and Hyperbaric Medicine. 2021 June 30;51(2):224-226 (link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34157741/>)
14. Arzneimittelgesetz [Medicinal Products Act, Germany] (link: https://www.gesetze-im-internet.de/amg_1976/BJNR024480976.html)
15. Arzneimittelgesetz [Medicinal Products Act, Austria] (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010441>)
16. Press release European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM). CAISSON Jg. 12/Nr.4 (1997), p. 247 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1997-12-4.pdf>)
17. Van Laak U. Der Druckkammer-Brand von Mailand [The hyperbaric chamber fire from Milano]. CAISSON Jg. 12/Nr.4 (1997), p. 247-249 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1997-12-4.pdf>)
18. Van Laak U. "Es mußte erst Todesfälle geben", Die Druckkammerkatastrophe von Hannover ["There had to be deaths first", The hyperbaric chamber catastrophe from Hanover]. CAISSON Jg. 7/Nr.4 (1992), p. 148-155 (link: <https://www.oegth.at/wcms/ftp/o/oegth.at/uploads/caisson-1992-7-4.pdf>)
19. Medizingeräteverordnung (MedGV) [Medical Devices Ordinance, Germany, in force 1985 to 2002] (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Medizinger%C3%A4teverordnung>)
20. Medizinproduktegesetz (MPG) [Medical Devices Act, Germany, in force 2002 to 2021] (Link: <https://www.buzer.de/gesetz/3284/index.htm>)
21. DIN 13256-2 - Druckkammern für Personen - Teil 2: Begehbare Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung [Hyperbaric chambers for human occupancy - Part 2: Walk-in hyperbaric chambers for hyperbaric therapy; Safety requirements and testing, Germany, in force 1984 to 2003] (link: <https://www.beuth.de/de/norm/din-13256-2/1096741>)

-
22. DIN 13256-4 - Druckkammern für Personen - Teil 4: Einpersonen-Druckkammern für hyperbare Therapie; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung [Hyperbaric chambers for human occupancy - Part 4: One-person hyperbaric chambers for hyperbaric therapy; Safety requirements and testing, Germany] (link: <https://www.beuth.de/de/norm/din-13256-4/47273966>)
 23. EN 14931:2006 - Pressure vessels for human occupancy (PVHO) - Multi-place pressure chamber systems for hyperbaric therapy - Performance, safety requirements and testing (link: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/0b144b70-cf06-42e3-b94d-1b09f17ce2f2/en-14931-2006>)
 24. EN 16081:2011 - Hyperbaric chambers - Specific requirements for fire extinguishing systems - Performance, installation and testing (link: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/64b3077f-3c44-4a06-aaa9-b017e92367cc/sist-en-16081-2011>)
 25. Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) [Medical Devices Operator Ordinance, Germany] (link: <https://www.gesetze-im-internet.de/mpbetreibv/BJNR176200998.html>)
 26. Medizinproduktebetreiberverordnung (MPBV) [Medical Devices Operator Ordinance, Austria] (link: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005279>)
 27. ECHM. A European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy, Revision 2022 (in press)
 28. ECHM-EDTC Educational and training standards for physicians in diving and hyperbaric medicine 2011 (link: [http://www.echm.org/documents/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20\(2011\).pdf](http://www.echm.org/documents/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20(2011).pdf))
 29. EBAss/ECHM Resources Manual - Education of nurses, operators and technicians in hyperbaric facilities in Europe, 2008 (link: <http://www.echm.org/documents/EBAss-ECHM%20Education%20resources%20manual%20-%20Version%202008.pdf>)
 30. DGUV Information 207-001 - Sicheres Arbeiten in therapeutischen Druckkammern [Working safely in therapeutic hyperbaric chambers, Germany] (link: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/268>)

Selbsteinschätzung von Dekompressionsstress und individuelle Point-of-Care-Risikostratifizierung



Auto

Dr. Andreas Fichtner •
MME •
Leiter Notfall- & OP- •
Management •
Kreiskrankenhaus •
Freiberg gGmbH •
Donatsring 20 •
D-09599 Freiberg •
+49 (0)3731-772198 •
a.fichtner@gtuem.org •

Moderne Tauchcomputer und zunehmend striktere Sicherheitsleitplanken internationaler Tauchsportorganisationen haben Tauchunfälle reduziert, so bestand das relative Risiko eines Tauchunfalls in den 1970er Jahren um die 4% aller Tauchgänge im Vergleich zu 0,01% heute [1]. Insbesondere die sogenannten „verdienten“ Tauchunfälle wurden durch Tauchcomputerbasierte moderne Dekompressionsalgorithmen, das M-Value-Konzept und deutlich restriktivere Sicherheitsleitplanken der internationalen Tauchsportverbände über die letzten Jahrzehnte reduziert. Jedoch sind scheinbar nicht alle Tauchunfälle durch solche Maßnahmen vermeidbar und übrig bleiben sogenannte „unverdiente [2]“ Tauchunfälle ohne Verletzung der etablierten Dekompressionsregeln. Aus Analysen des Divers Alert Network [2] über 40000 Sporttauchgänge,

1000 Audio-Doppler-Untersuchungen und darunter 320 Dekompressionsunfällen geht hervor, dass individuelle Faktoren wie BMI und Alter bei gleichem Tauchprofil mit einer signifikant höheren Blasenlast als Marker des Dekompressionsstresses assoziiert sind. In der DAN-Analyse hatten von 320 Dekompressionsunfällen nur 8 (2,5%) einen nach Tauchprofil berechneten Gradient Factor >1 und 76% zeigten Symptome der mittleren Gewebe. Hochsignifikante Risikofaktoren waren Alter, Frauen, höhere Fettmasse bei gleichzeitig geringerer Körpermasse, größeres Tiefe/Zeit-Integral sowie größere Anstrengung vor und beim Tauchen. Von 970 präcordialen Audio-Doppler Analysen (keine Unfalltauchgänge) hatten 46% Low-Grade-Bubbling (Spencer 0-1), 11% High-Grade-Bubbling (Spencer 2), 5% HGB+ (Spencer 3-4). Signifikant mit höheren Blasengraden korreliert



Spencer Skala	
keine Blasen sichtbar	0
vereinzelte Blasen	I
<1/2 der Herzschläge mit Blasen	II
die meisten Herzschläge mit Blasen	III
Blasen pausenlos in Sys- & Diastole	IV

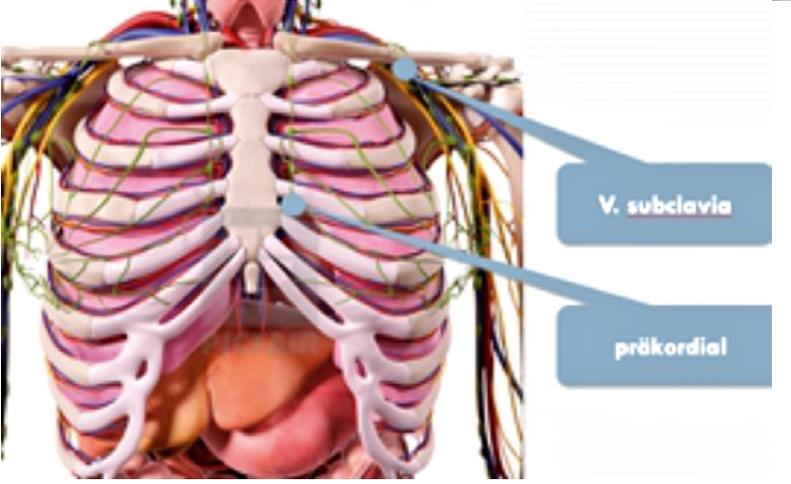


Abbildung 1

Selbst-Dopplern und Überprüfung des Signals und des detektierten Blasengrads durch qualifizierten Untersucher (oben), standardisierte Ausbildung mit Erklärung und Einstellen der korrekten Messorte, Spencer-Skala und Simulation der Blasengrade.

waren Alter, höhere Fettmasse bei gleichzeitig geringerer Körpermasse, größeres Tiefe/Zeit-Integral, größere Anstrengung vor und beim Tauchen.

Es stellt sich die Frage, wie relevant welche individuellen Faktoren für das Dekompressionsrisiko sind und wie man diese live – sozusagen Point-of-Care – adressieren kann. Mit der Entwicklung des Azoth O'Dive-Systems gibt es neuerdings die Möglichkeit, eine semiautomatisierte Audio-Dopplermessung direkt am Tauchspot vorzunehmen. Erste Untersuchungen zur Praxistauglichkeit sind bereits publiziert [3] – Anschaffungspreis und notwendige Internetverbindung scheinen derzeit die größten Implementierungshürden zu sein. Daraus ergeben sich folgende Fragen:

- Kann man vielleicht selbst direkt am dive site point of care messen und interpretieren?
- Ist Audio-Doppler geeignet zum korrekten Bubble Grading?

- Welche individuellen Faktoren sind tatsächlich relevant?
- Welche Rolle spielt der Flüssigkeitsverlust beim Tauchen?

Bezüglich der Methode des Audio-Selbst-Dopplern zeigen eigene Untersuchungen [4] vielversprechende Ergebnisse unter Anwendung einer modifizierten Peyton-Methode zur strukturierten und standardisierten Vermittlung komplexer praktischer Fertigkeiten [5]. So konnten wir mit einem solchen didaktisch optimierten Curriculum in 45 Minuten dem medizinisch nicht vorgebildeten Sporttaucher sowohl die Spencer-Skala zur Gradeinteilung von audio-detektierten Blasen, als auch die stabile und auswertbare Einstellung venöser Audiosignale am subclavialen und parasternalen Messort (Abb. 1).

Nachgemessen wurde zudem mit transthorakaler 4-Kammer-Echokardiographie durch einen erfahrenen DE-GUM-zertifizierten Untersucher. Die audio-detektierten Blasengrade wurden dann zur Eftedal-Brubakk-Skala für echokardiographische Messungen in Beziehung gesetzt und entsprechend ausgewertet. Zudem wurde die Lernkurve der Teilnehmer bestimmt (Abb. 2):

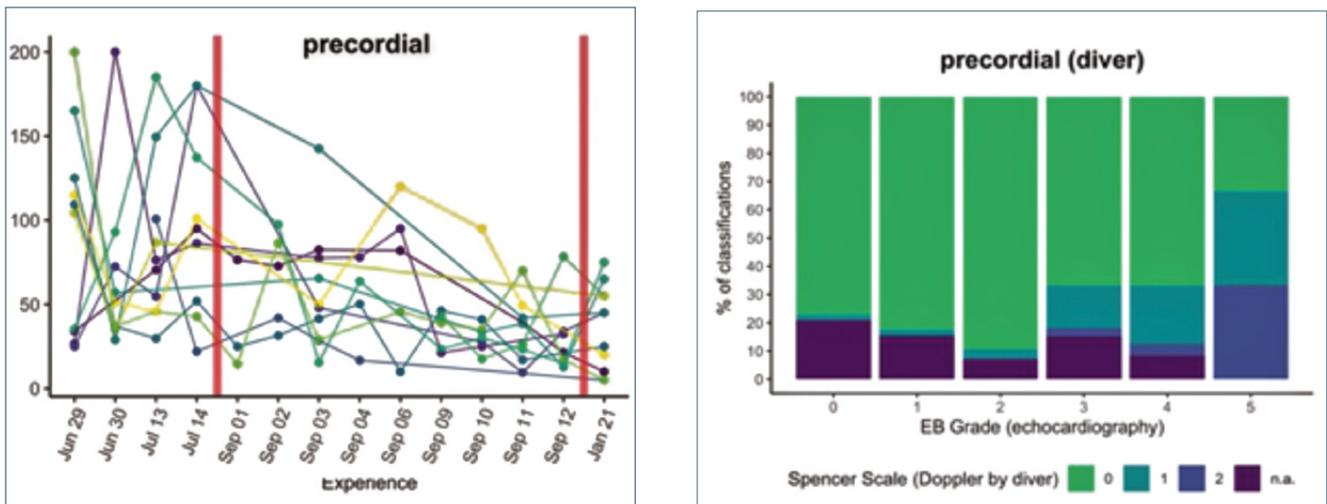


Abbildung 2
Lernkurve (links) und Übereinstimmung des detektierten Blasengrades (Audio-Doppler Taucher vs Echokardiographie Untersucher, rechts).

Im Ergebnis können Taucher unter Dive-Site-Bedingungen mit Umgebungsgeräuschen zuverlässig und nachhaltig eine relevante Blasenlast (HGB+) erkennen, übersehen aber eine irrelevante Blasenlast nach einem einzigen standardisierten 45-minütigen Training. Das praktische Kompetenzniveau bleibt auch nach einem mehrmonatigen übungsfreien Intervall stabil.

- Kann man vielleicht selbst direkt am dive site point of care messen und interpretieren? Ja, zuverlässig um relevante Inertgasblasenlast zu erkennen.
- Ist Audio-Doppler geeignet zum korrekten Bubble Grading? Nein, aber zum qualitativen Detektieren eines relevanten Dekompressionsstress.

Bezüglich individueller Faktoren haben wir 41 Taucher über 342 Tauchgänge mit 684 transthorakalen Echokardiographien jeweils vor und nach dem Tauchgang untersucht [6], Abb. 3.

In 47% aller Tauchgänge konnten wir Inertgasblasen nach dem Tauchgang nachweisen. Keine signifikan-

ten Korrelationen fanden sich für die Absolut- und Relativwerte sowie prä-post-Differenzen von Blutdruck, Herzfrequenz, Größe, Gewicht, Kälteempfinden, Rauchen und impedanzbestimmte Körperzusammensetzung aus Fett, Muskulatur und Wasser. Männer zeigten eine größere Tauchgangsexposition (Tiefe x Zeit), jedoch per se nach Bereinigung keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Die Menge der Flüssigkeitsaufnahme vor dem Tauchgang korrelierte signifikant, zeigte jedoch nur eine geringe Effektstärke. Signifikante und relevante Korrelationen fanden sich bezüglich Tiefe, Tauchzeit, Atemgasverbrauch, Alter, Dekompressionspflicht und Oberflächenintervall.

Mittels multivariater Regressionsanalyse war es möglich, daraus eine Faustformel zur Abschätzung des individuellen Blasengrades zu bilden (Abb. 4):

$$\begin{aligned} \text{Blasengrad} = & (\text{Alter [y]} / 50 \\ & - \text{Oberflächenintervall [h]} / 150 \\ & + \text{max. Tiefe [m]} / 45 \\ & + \text{Luftverbrauch [bar*l]} / 4500)2 \end{aligned}$$

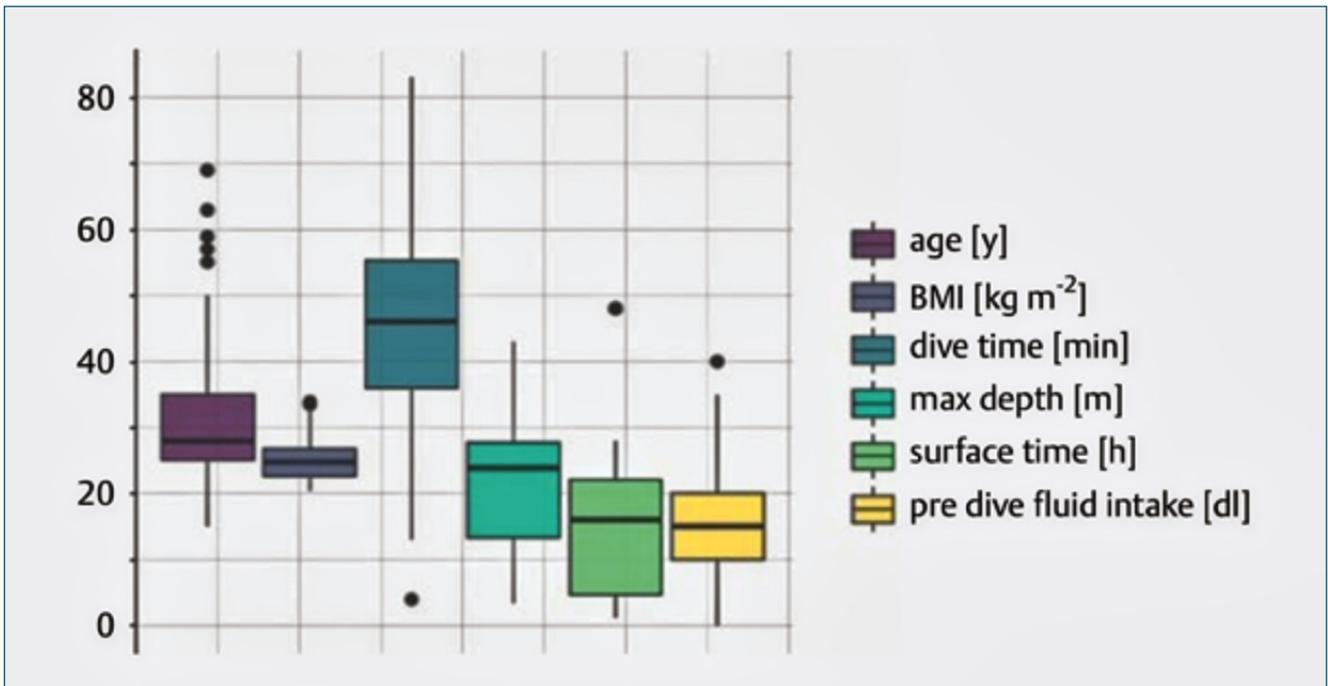


Abbildung 3

Taucher- und Tauchgangsspektrum zur Bestimmung der Inertgasblasenlast (Eftedal-Brubakk-Skala) mittels Echokardiographie.

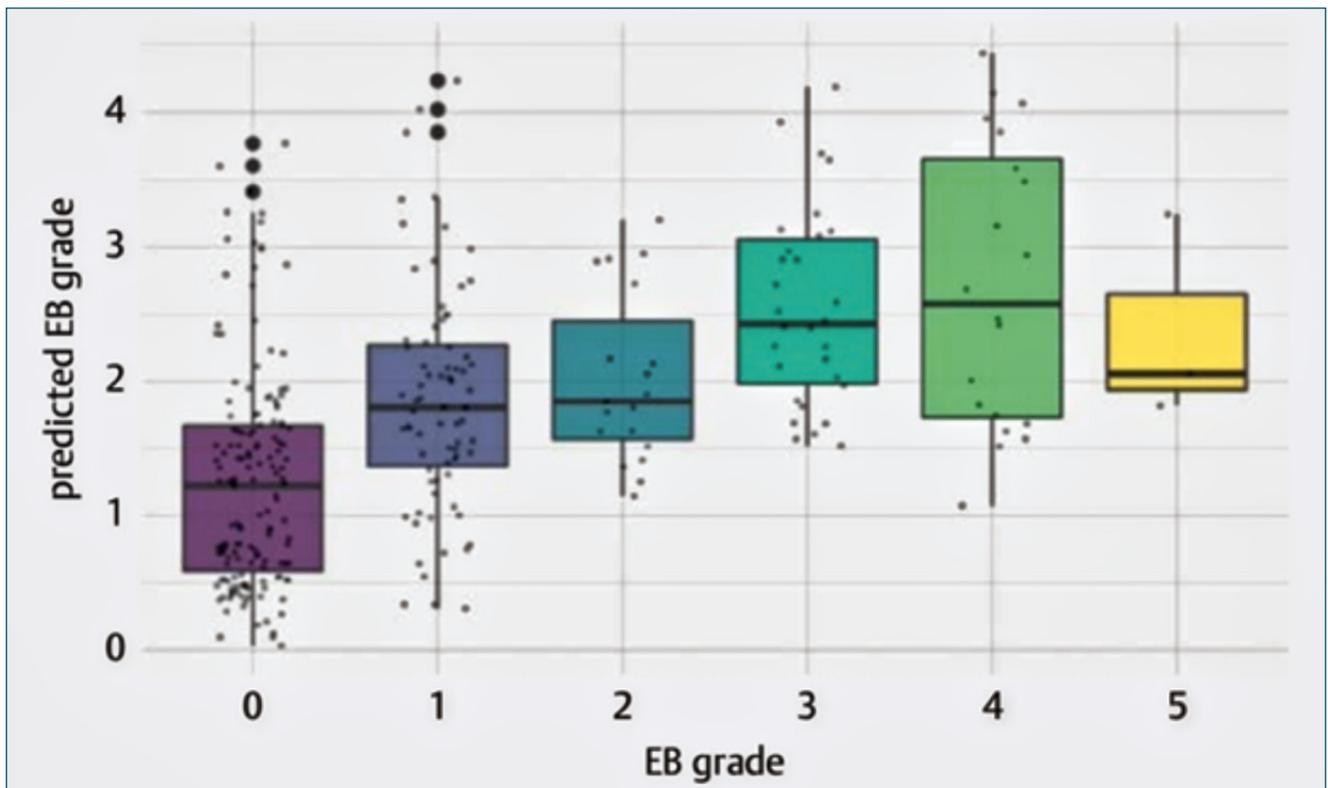


Abbildung 4

Mittels Echokardiographie gemessene vs. Mittels Faustformel anhand von individuellen und Tauchgangsparametern vorhergesagte Inertgasblasenlast (Eftedal-Brubakk-Skala).

→ Welche individuellen Faktoren sind tatsächlich relevant? Alter und Luftverbrauch zusammen mit Tiefe und Oberflächenintervall.

Bezüglich Flüssigkeitsverlust beim Tauchen wissen wir, dass dieser zügig ersetzt werden muss, da Flüssigkeit als Löslichkeitsvolumen für Inertgas im Blut benötigt wird. Physiologische Effekte mit resultierendem Flüssigkeitsverlust beim Tauchen sind Immersion mit hormoneller Diurese-Triggerung, Vasokonstriktion aufgrund kutaner Kälteeffekte mit Blutumverteilung nach zentral sowie Schwitzen und Anstrengung in der Ausrüstung vor und nach dem Tauchgang. Auch die Anfeuchtung trockenen Atemgases über die Schleimhäute ist zumindest im offenen System eine weitere Möglichkeit von Flüssigkeitsverlust. Relevanz und Effektgröße dieser physiologischen Reaktionen ist aber nicht genau bestimmt und wir wissen auch nicht verlässlich, wieviel Flüssigkeit wir überhaupt bei einem „normalen“ Sporttauchgang verlieren.

In einer Untersuchung von 342 Einzel- und Wiederholungstauchgängen eines breiten Spektrums an Tauchern unterschiedlichen Alters, Geschlechts, biometrischen Daten, Tauchprofilen und auch Umgebungsbedingungen (kaltes Süß- und warmes Salzwasser) wurde das harnblasenentleerte Nettokörpergewicht vor und nach jedem Tauchgang bestimmt [7]. Dabei konnten signifikante Korrelationen mit jüngerem Alter, Tauchzeit, Nichtrauchen, Körpergewicht und fettfreier Körpermasse gefunden werden. Kein Zusammenhang fand sich zu tauchzeitbereinigtem Luftverbrauch, Flüssigkeitsaufnahme vor dem Tauchgang, Kreislaufparametern, Geschlecht, chronischen Erkrankungen, Stress, Alkoholkonsum am Vorabend, Frieren unter Wasser, sportliche Betätigung und auch nicht zu Wassertemperatur und Salzgehalt (Abb. 5 und 6).

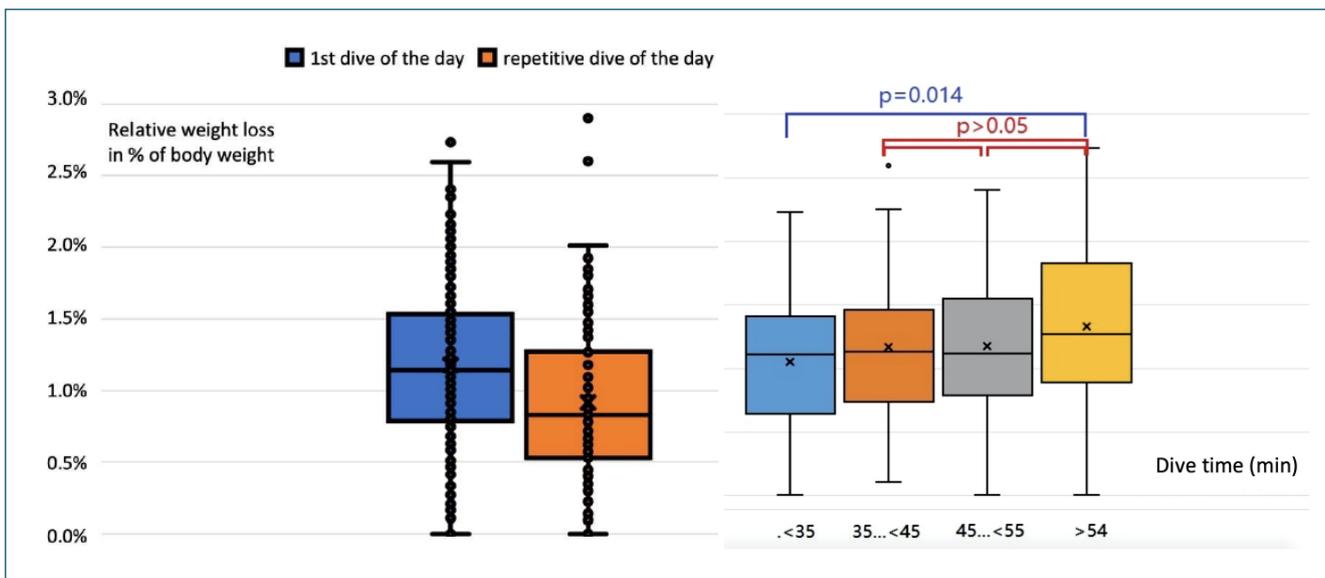


Abbildung 5

Relativer Gewichtsverlust bei einem einzelnen (1,2% = 1kg [0-2,9kg]) und bei einem Wiederholungstauchgang einer durchschnittlichen Tauchtiefe von 23m (3-43m) und einer Tauchzeit von 47min (30-120min), links; und relativer Gewichtsverlust in Abhängigkeit der Tauchzeit, rechts.

Relevant ist daher rein der immersionsgetriggerte physiologische hormonvermittelte Effekt für den tauchbedingten Flüssigkeitsverlust von rund 1 Liter pro Sporttauchgang. Der rechnerische Flüssigkeitsverlust über die Atemgasanfeuchtung liegt luftverbrauchsabhängig lediglich um 100ml/h.

- Welche Rolle spielt der Flüssigkeitsverlust beim Tauchen? Rund 1Liter pro Standard-Sporttauchgang, leicht zunehmend mit der Tauchdauer, bei Wiederholungstauchgängen und im Alter abnehmend.

Take-Home-Message

Kann die Kombination von Doppler-Selbstmonitoring und (ggf. semiautomatisierter, tauchcomputer-gestützter) Blasengradschätzung einen Großteil der 97,5% unverdienter Dekompressionsunfälle verhindern? Ich meine: Ja!

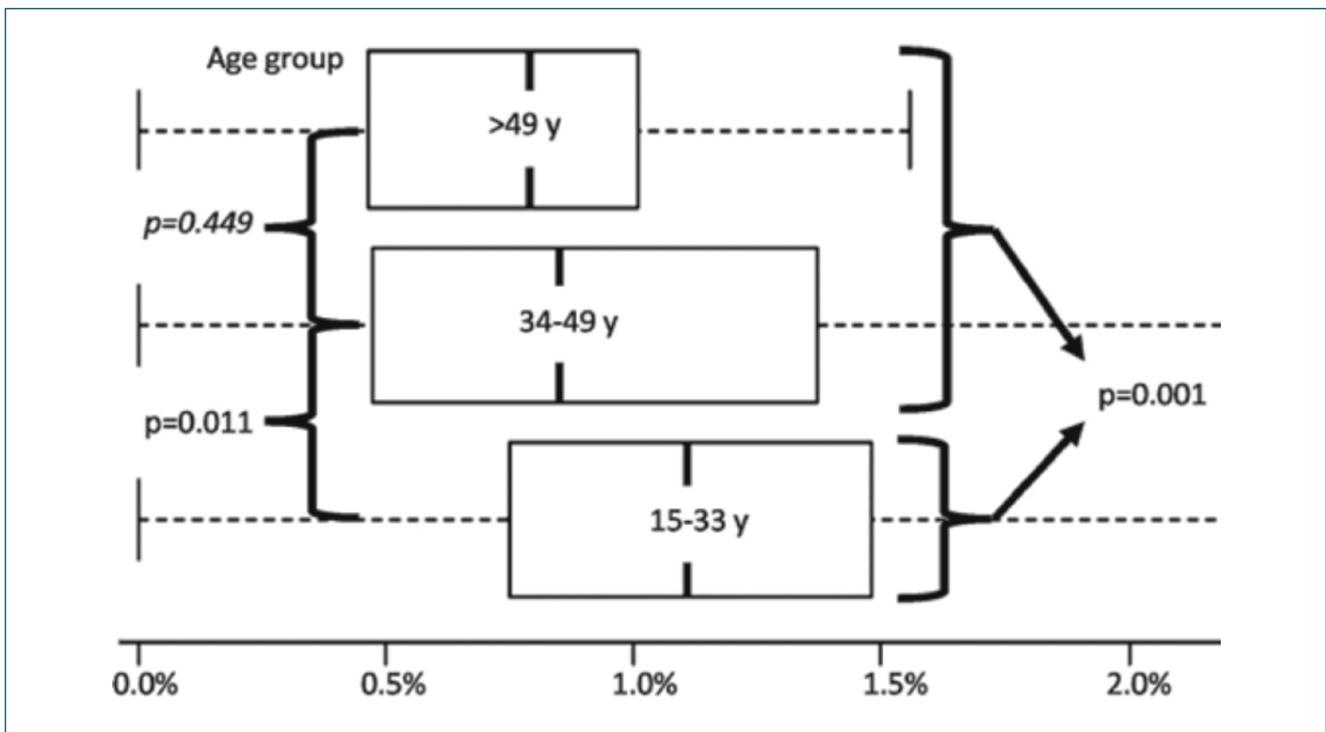


Abbildung 6
Relativer Gewichtsverlust in Abhängigkeit des Alters

Literatur

- Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE: Decompression Illness. Lancet 2010; 377: 153-64
- Cialoni D, Balestra C, Maroni A: Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base. Front. Psychol. 8:1587. 2017
- Germonpré P, Van der Eecken P, Renterghem E, Germonpré F-L, Balestra C: First impressions: Use of the Azoth Systems O'Dive subclavian bubble monitor on a liveboard dive vessel. Diving Hyperb Med. 2020 Dec; 50(4): 405-412
- Fichtner A, Brunner BP, Pohl T, Grab T, Fieback T, Koch T: A Doppler ultrasound self-monitoring approach for detection of relevant individual decompression stress in scuba diving. Internal and Emergency Medicine DOI 10.1007/s11739-021-02802-z
- Krautter M., Dittrich R., Safi A. et al.: Peyton's four-step approach: differential effects of single instructional steps on procedural and memory performance - a clarification study. Advances in Medical Education and Practice, 6, 399-406. doi:10.2147/AMEP.S81923
- Fichtner A, Brunner B, Pohl T, Grab T, Fieback T, Koch T: Estimating Inert Gas Bubbling from Simple SCUBA Diving Parameters. International Journal of Sports Medicine. DOI 10.1055/a-1342-8030
- Fichtner A, Chekhanova A, Wuensche A, Starkloff HJ, Fieback T, Koch T: Fluid Loss under Pressure - Inter- and Intraindividual Variability and Relation to Diving Parameters in SCUBA Divers. German Journal of Sports Medicine 2021; 72: 236-240

OXYGEN-ENRICHED AIR DECREASES VENTILATION during high-intensity fin-swimming underwater



Autor

Dr. des. Fabian Möller

Wissenschaftlicher
Mitarbeiter, Deutsche
Sporthochschule Köln,
Tauchlehrer im Stab
Ausbildung des VDST

f.moeller@dshs-koeln.de

© 2021. The Author(s). This is an open-access article first published online on August 16th, 2021, by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License: Möller, F., Jacobi, E., Hoffmann, U., Muth, T., & Schipke, J. D. (2022). Oxygen-enriched air decreases ventilation during high-intensity fin-swimming underwater. *International Journal of Sports Medicine*, 43(03), 230-236. DOI: 10.1055/a-1554-5093

Abstract

Oxygen-enriched air is commonly used in sport SCUBA-diving and might affect ventilation and heart rate, but only little work exists for applied diving settings. We hypothesized that ventilation is decreased especially during strenuous underwater fin-swimming when using oxygen-enriched air as breathing gas. Ten physically fit divers (age: 25 ± 4 ; 5 females; 67 ± 113 open-water dives) performed incremental underwater fin-swimming until exhaustion at 4 m water depth with either normal air or oxygen-enriched air (40 % O₂) in a double-blind, randomized within-subject design. Heart rate and ventilation were measured through-

out the dive and maximum whole blood lactate samples were determined post-exercise. ANOVAs showed a significant effect for the factor breathing gas ($F(1, 9) = 7.52$; $P = 0.023$; $\eta^2P = 0.455$) with a lower ventilation for oxygen-enriched air during fin-swimming velocities of $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = 0.032$) and $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = 0.037$). Heart rate, lactate, and the time to exhaustion showed no significant differences. These findings indicate decreased ventilation by an elevated oxygen fraction in the breathing gas when fin-swimming in shallow-water submersion with high velocity ($> 0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Applications are within involuntary underwater exercise or rescue scenarios for all dives with limited gas supply.

Introduction

Ventilation (\dot{V}_E) is a critical factor for the duration and safety of a dive and might be affected by the inspiratory fraction of oxygen (F_{I,O_2}) in the breathing gas. This has already been reported in land-based studies for rest and exercise [1-4], but only little work exists for the context of sport-diving with SCUBA (self-contained underwater breathing apparatus) [5-7], where breathing gases with an elevated oxygen content are commonly used [8] and the amount of gas consumed per breath increases with depth. Several diving-specific factors, like exertion during fin-swimming or physiological adaptations underwater might influence this interaction in an applied setting.

Oxygen enriched air (EAN; i.e., inspiratory oxygen fraction (F_{I,O_2}) above 21%) is the second most-used breathing gas besides air in sport diving, with the main purpose to replace nitrogen (N_2) with oxygen (O_2). When performing the same dive with EAN instead of air (AIR), N_2 tissue saturation and decompression risks are reduced and no-decompression dive-times prolonged [9,8]. One detrimental effect of oxygen-enriched air is oxygen toxicity (i.e., inspiratory oxygen partial pressure (P_{I,O_2}) > 140 kPa), which is known as a limiting factor for F_{I,O_2} in the mix and maximum depth during the dive [10,8]. The risk of nitrogen narcosis, which affects responsiveness, well-being, and cognitive performance under high PN_2 [11-14], is reduced when diving with EAN. Thus, diving with EAN as a breathing gas has become extremely popular, especially if many repetitive dives are performed.

A higher F_{I,O_2} and P_{I,O_2} , respectively, in the lungs (i.e., due to a raised F_{I,O_2} in the breathing gas) results in a higher arterial oxygen partial pressure (P_{a,O_2}) and slightly more O_2 in the blood. In healthy subjects, this increases solely the concentration of physically dissolved O_2 , which is marginal compared to hemoglobin-bound O_2 . However, O_2 delivery is a limiting factor for increased workload and especially for transitions in work rate, like during incremental exercise until exhaustion. In those scenarios, an increased O_2 delivery (from an increase in P_{a,O_2}) might be beneficial for O_2 diffusion to the muscle and therefore delay the metabolic acidosis from lactate accumulation. This is in line with several studies reporting decreased lactate accumulation during hyperoxic exercise on the bicycle [15-20]. Furthermore, the over-proportional increase in \dot{V}_E , among other things as a result of metabolic acidosis,

might be postponed. This can explain higher peak workloads or longer submaximal exercise times [21,16,17,22,23]. Also, a lower perceived exertion was stated for hyperoxic exercise [24,25].

Peripheral arterial chemoreceptors, like in the carotid bodies, regulate \dot{V}_E by monitoring PO_2 , PCO_2 , and pH. Whereas hypoxemia leads to an increase of \dot{V}_E during rest, hyperoxia (i.e., higher P_{a,O_2}) attenuates the sensitivity of those receptors [1,4,26]. Furthermore, a lower heart rate (HR) was observed in hyperoxia during rest [27,28] as a result of enhanced vascular resistance and during exercise [3], where a reduced sympathetic activation was suspected as the modulating factor at steady-state exercise intensities.

In submersion studies with moderate exercise on a bicycle ergometer, a lower \dot{V}_E was observed at depth (470 kPa ambient pressure) with a P_{I,O_2} of 21 kPa [5], which suggests the sole influence of submersion, and under hyperoxia (175 kPa P_{I,O_2}) [5,6]. These studies observed no effects on \dot{V}_E between 70 kPa and 130 kPa P_{I,O_2} , which might be attributed to the counteracting effects of breathing gas density at depth. However, most findings so far are from cycle ergometer experiments in the laboratory or a pressure chamber and did not consider specific sport-diving aspects like exercise modality (i.e., fin-swimming vs. cycling), the body-position in the water (i.e., upright vs. supine), or immersion with potential influences on physiological reactions such as metabolism, blood shift, and breathing resistance. In combination with an increased F_{I,O_2} in the breathing gas (i.e., 56 kPa at 4 m water depth), exercise modality might affect O_2 consumption and whole blood lactate production, at least in transient phases, and therefore the respiratory drive. In turn, factors like \dot{V}_E , HR, perceived exertion, and time to exhaustion (TTE) might be affected in an applied context during incremental exercise. Therefore, former findings need verification in an applied field setting for sport diving.

In this study, we investigated the effects of either AIR (21% O_2) or EAN (40% O_2) as breathing gas on \dot{V}_E , HR, lactate concentration [Lac^-], and TTE during underwater incremental fin-swimming. We hypothesized, that \dot{V}_E and HR are lowered for EAN at given fin-swimming speeds. Additionally, lower [Lac^-] after exhaustive underwater fin-swimming was expected.

Materials and Methods

PARTICIPANTS

An a priori sample size calculation (G*Power 3.1.9.2) demanded a total sample size of 10 participants to obtain an effect size $f = 0.5$ and power of $1-\beta = 0.80$ with a mixed design and a significance level of $\alpha < 0.05$. Eleven healthy, young, and physically fit sport students participated in the study (see table 1). One female participant did not complete the velocity of $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ for both conditions and was excluded from the analysis ($N = 10$; 25 ± 4 years (mean \pm SD); 5 females). Each participant performed two test conditions with incremental underwater fin-swimming until exhaustion, breathing either AIR or EAN. All tests were conducted in an indoor pool (20 x 20 x 5 meters) in approximately 4 m water depth. A valid medical examination for diving and diving experience of five or more open-water dives was mandatory for participation. All divers were informed about the purpose and design of the study and signed an informed consent form before participation. Termination of participation was possible at all times without reasoning. An ethics committee, following the declaration of Helsinki, approved the study [29].

STUDY DESIGN

All participants performed two test conditions in a crossover, randomized and double-blind design with

a mandatory interval of 2-7 days to ensure full physical recovery. Neither the test conductor nor the participants knew which gas was used in which test. Only the study supervisor knew the organization of test conditions and gas logistics. In one condition, the breathing gas was normal air (AIR), and in the other oxygen-enriched air (40% O_2 , enriched air Nitrox: EAN). Test conditions differed solely by the breathing gas (AIR, EAN). The diving gear was provided and consisted of a 3 mm wetsuit, a 10 L steel tank, a commercially available buoyancy control device (BCD), a breathing regulator, mask, and fins.

The fit2dive-test's underwater exercise parcours [30] was utilized for incremental fin-swimming. The test was developed to enable specific exercise testing for sport divers, taking into account specific locomotion, equipment-induced water drag, and fin-swimming technique. The parcours consisted of a 50 m-long rope that was anchored to the bottom of the pool in the shape of a hexagon. Checkpoints were marked with a buoy to allow for self-controlled fin-swimming velocity with a marching-table and stopwatch. After a mandatory round of slow fin-swimming for familiarization, participants then started swimming under the supervision of the test conductor. Fin-swimming velocity was increased in 150 s-long steps of $0.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. The test ended if two consecutive checkpoints could not be reached according to the marching

Age [years]	Weight [kg]	Height [cm]	Open-water dives	physical training [h per week]	overall fitness level [self-stated]	fin-swimming fitness level [self-stated]
23	67	175	72	12	good	good
25	78	173	12	10	medium	medium
24	70	170	35	3	medium	medium
23	82	185	25	3	good	good
22	61	168	25	1	medium	medium
21	68	180	14	6	good	good
22	55	167	400	10	good	good
23	78	177	65	10	good	good
27	82	176	5	5	good	medium
36	72	178	14	2	medium	bad
25	71	175	67	6		
4	8	5	113	4		

Table 1:

Table shows individual values, mean values, and standard deviation for the number of open-water dives, overall and specific fin-swimming self-stated fitness level, and weekly training hours for all participants ($N = 10$).

chart. Participants then surfaced together with the test conductor and stated their rating of perceived exertion (RPE) on a scale ranging from “very light” (6) to “full exertion” (20) [31].

MEASUREMENTS

Process during incremental exercise was tracked by the test conductor. The maximum time to exhaustion was noted for every participant and condition. HR and tank pressure was recorded with a heartrate-belt and pressure transmitter, respectively. Recordings were every 4 s and stored on the dive computer for later analysis. Before the start of physical exercise, a 3 min HR-baseline measurement was recorded in the supine position at 5 m water depth.

Whole blood [Lac⁻] was determined from ear lobe blood samples once before submersion (i.e., after 30 min of rest; baseline) and five times with one-minute intervals after exercise, the first sample taken immediately after the termination of exercise and surfacing with the participants (i.e., approx. 15 s

after exercise). The maximum lactate concentration [Lac⁻]_{max} was determined as the highest value out of the five samples taken after exercise.. The samples were stored cooled and analyzed the same day in the laboratory.

DATA PROCESSING

\dot{V}_E was calculated for ambient pressure using tank-pressure and depth recordings from the diving computer. In our formula, \dot{V}_E [L·min⁻¹] is the amount of gas consumed per minute, ΔP_{tank} [kPa] is the difference in tank pressure throughout 40 s, V_{tank} [L] is the volume of the tank, and P_{depth} [kpa] is the mean of depth reading (recorded every 4 s) throughout 40 s multiplied by 10 kPa + 100 kPa. Means for V_E and HR were determined during the last 20 s of every velocity.

$$\dot{V}_E = \Delta P_{tank} \times V_{tank} \times P_{depth}^{-1}$$

The second ventilatory threshold (VT2) was estimated for both conditions by three experienced eva-

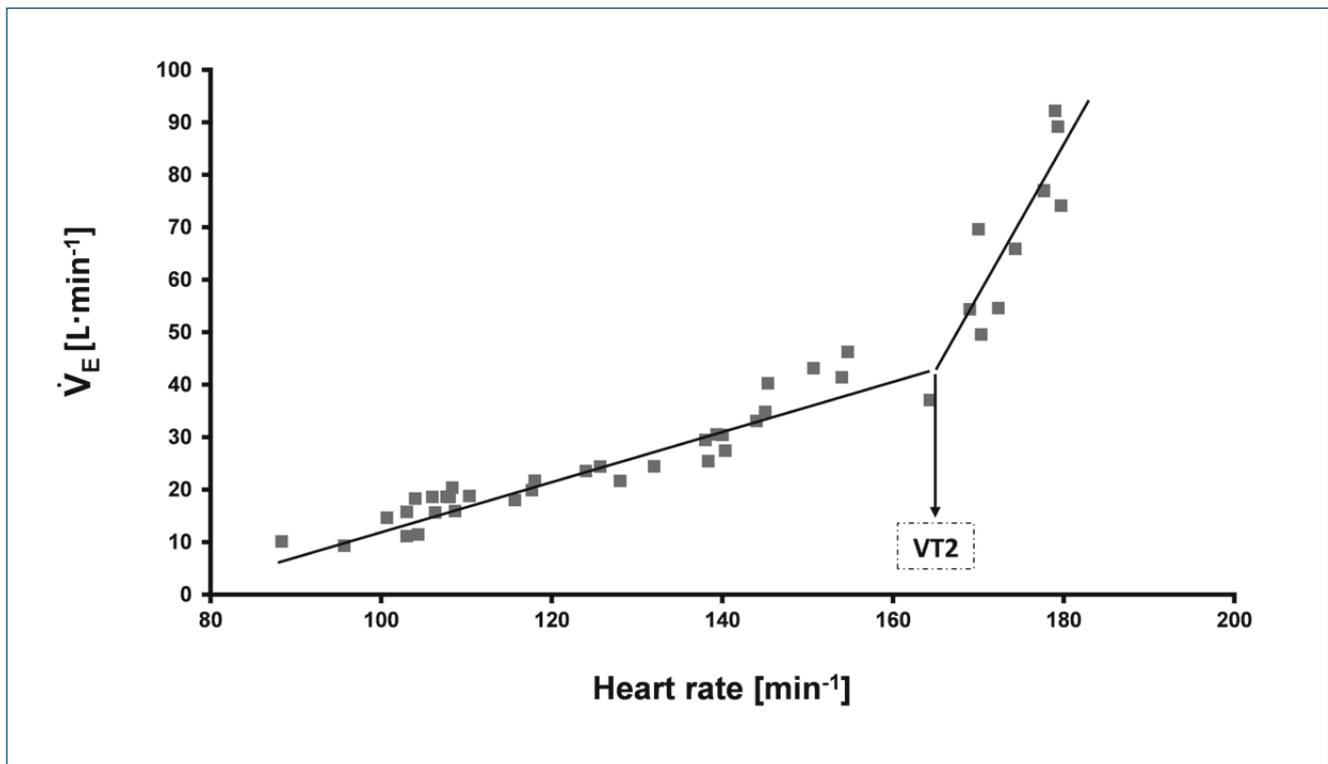


Figure 1

Data shows the determination of the ventilatory threshold at the disproportional increase of Ventilation (\dot{V}_E) in ratio to heart rate (HR). Example of one subject.

luators as the point of over-proportional increase of \dot{V}_E in relation to HR (see Figure 1), marking rapid lactate increase and hyperventilation [32]. VT2 was utilized to gain information on the participants' metabolism during exercise, as we could not perform spirometric measurements or take lactate samples underwater.

Table 2 shows means and standard deviations for \dot{V}_E , HR, and time at VT2 for the three independent estimations. Figures show means and 95% Confidence intervals. Mean values for \dot{V}_E and HR throughout the exercise were calculated over the last 20 s at rest and for every fin-swimming velocity.

STATISTICS

Using SPSS statistics 25® (IBM©, USA), all variables were checked for a violation of normal distribu-

tion using the Shapiro-Wilks test. Alpha was set to 0.05. Two-way ANOVAs with repeated measures on the factors gas (AIR, EAN) and velocity (Rest, 0.4 m·s⁻¹, 0.6 m·s⁻¹, and 0.8 m·s⁻¹) were calculated for HR, \dot{V}_E and [Lac⁻]. Multiple mean value comparisons according to Bonferroni and one-tailed pairwise comparisons were used to investigate significant results. The correlation between [Lac⁻]_{max} and TTE was investigated using the correlation coefficient from Spearman. For main-effects, effect-sizes were estimated using partial eta squared (η^2_p), where values = 0.01 indicate a small effect, values = 0.06 a medium effect and values = 0.14 a large effect. For post-hoc comparisons, Cohen's d was computed as the quotient from the difference between two means and the mean standard deviation, where values between 0.2 and 0.5 indicate a small effect, values between 0.5 and 0.8 a medium effect and values > 0.8 a large effect [33].

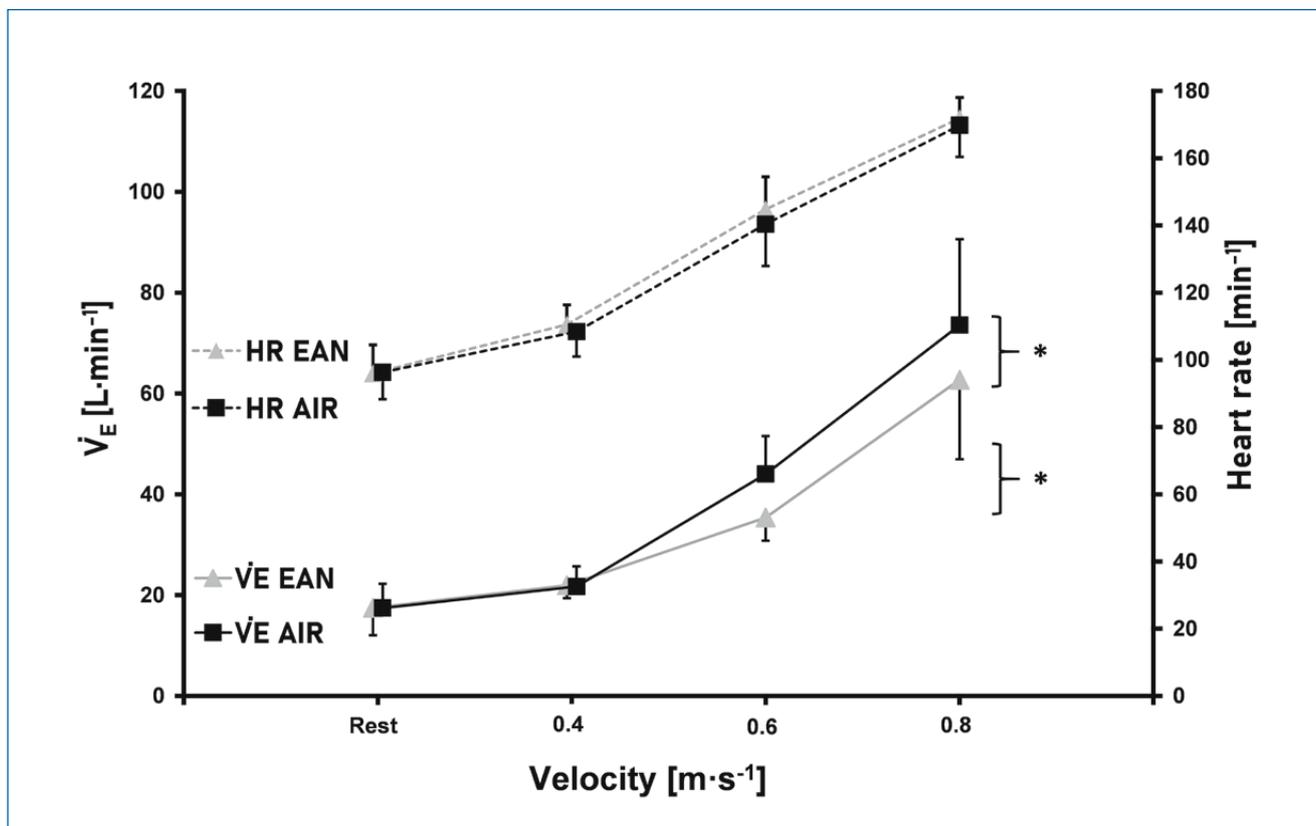


Figure 2

The X-axis depicts rest and the velocities 0.4, 0.6, and 0.8 m·s⁻¹. Means and 95% confidence intervals are shown for heart rate (upper two graphs) and ventilation (\dot{V}_E , lower two graphs) for the conditions normal air (AIR) and oxygen-enriched air (EAN). *P < 0.05 for comparisons of breathing gases (AIR vs. EAN).

Results

The analysis of \dot{V}_E produced significant main effects for the factor gas ($F(1, 9) = 7.52$; $P = 0.023$; $\eta^2_p = 0.455$) and velocity ($F(1.25, 11.21) = 39.59$; $P < 0.001$; $\eta^2_p = 0.815$). An interaction effect for gas*velocity could not be found ($F(1.51, 13.52) = 2.52$; $P = 0.126$; $\eta^2_p = 0.220$). Post-hoc, values for EAN were significantly lower compared to AIR during the velocities of $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = 0.032$; $d = 1.02$) and $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = 0.037$; $d = 0.47$). Participants reached VT2 at a similar time during exercise (AIR, EAN) with no significant differences for HR and \dot{V}_E (see figure 2 and table 1).

HR showed a significant main effect for velocity ($F(1.75, 15.74) = 154.27$; $P < 0.001$; $\eta^2_p = 0.945$), but not for gas ($F(1,9) = 0.691$; $P = 0.427$; $\eta^2_p = 0.071$) or gas*velocity ($F(1.58,14.18) = 0.453$; $P = 0.599$; $\eta^2_p = 0.048$). [Lac-] did not show any significant variations between EAN and AIR ($F(1, 9) = 0.16$; $P = 0.699$; $\eta^2_p = 0.017$, see figure 3). No difference for TTE or RPE during exercise was found between conditions ($F(1, 9) = 0.037$; $P = 0.852$; $\eta^2_p = 0.004$, see table 2). For AIR, Spearman correlation coefficient showed a significant correlation for [Lac-] and TTE ($r_s = 0.638$; $P = 0.047$). A correlation with EAN showed no significant effects ($r_s = 0.329$; $P = 0.353$).

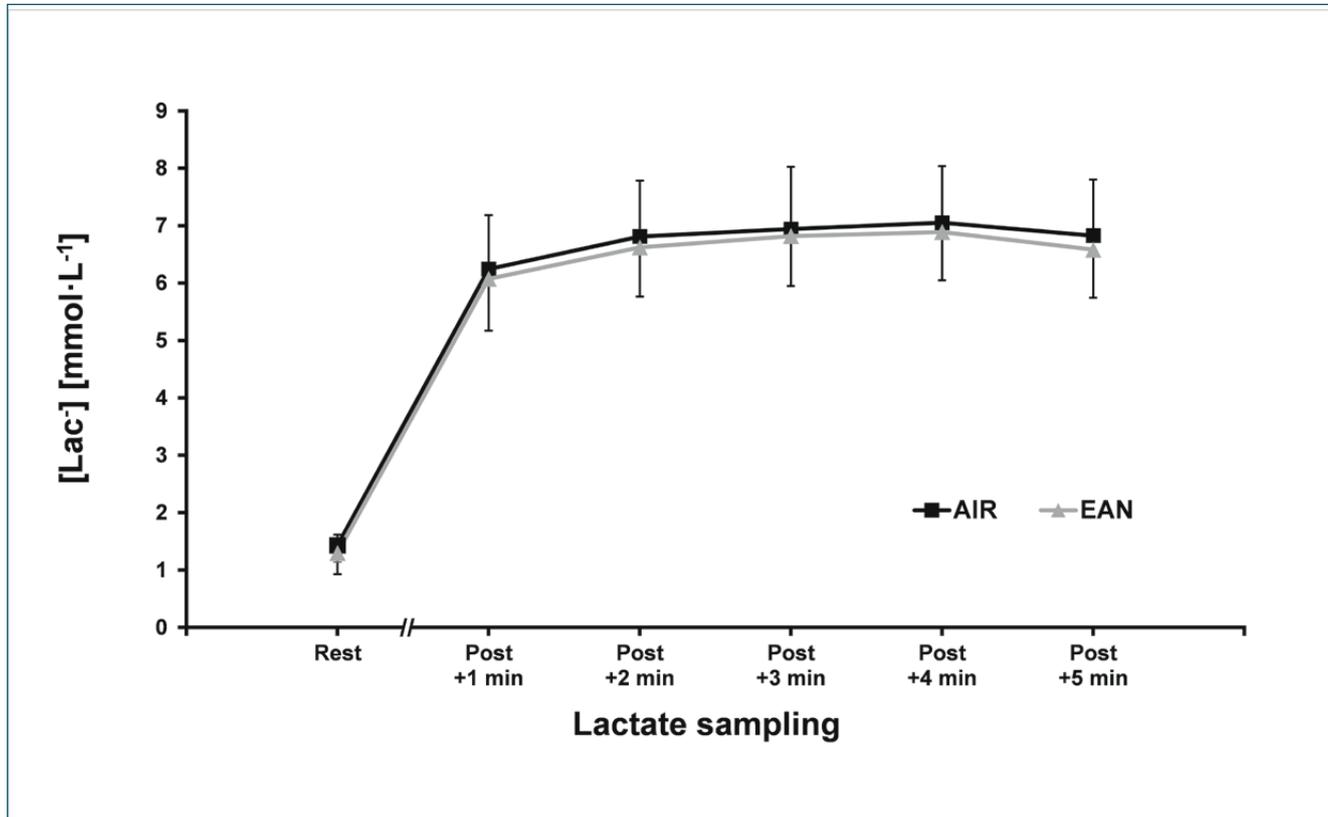


Figure 3

Means and 95% confidence intervals for samples of whole blood lactate concentrations [Lac-] from the earlobe. Samples were taken once before exercise (Rest) and every minute for five times directly following incremental exercise (Post + x min).

	variable		EAN [40% O ₂]		AIR [21% O ₂]	
Rest	[Lac ⁻]	[mmol·L ⁻¹]	1.31	± 0.5	1.43	± 0.6
	HR	[bpm]	96	± 12	96	± 13
	\dot{V}_E	[L·min ⁻¹]	17	± 7	18	± 6
0.4 [m·s ⁻¹]	HR	[bpm]	111	± 8	108	± 14
	\dot{V}_E	[L·min ⁻¹]	22	± 4	22	± 6
0.6 [m·s ⁻¹]	HR	[bpm]	145	± 14	140	± 19
	\dot{V}_E *	[L·min ⁻¹]	35	± 7	44	± 12
0.8 [m·s ⁻¹]	HR	[bpm]	171	± 10	170	± 14
	\dot{V}_E *	[L·min ⁻¹]	63	± 26	74	± 25
VT2	HR	[bpm]	149	± 19	153	± 13
	\dot{V}_E	[L·min ⁻¹]	34	± 10	38	± 10
	Time	[s]	327	± 74	344	± 83
Max	RPE	[a.u.]	16	± 2	15.9	± 1.7
	TTE	[s]	480	± 62	480	± 71
	[Lac ⁻] _{max}	[mmol·L ⁻¹]	6.9	± 1.2	7.1	± 1.4

Table 2

Mean values for ventilation (\dot{V}_E [L]) and heart rate (HR [min⁻¹]) were calculated for the last 20 seconds of every velocity (Rest, 0.4, 0.6, and 0.8 m·s⁻¹). The maximum whole blood lactate [Lac⁻]_{max} [mmol·L⁻¹] was the highest lactate sample taken after incremental exercise. The maximum time to exhaustion (TTE) was the time accomplished during incremental exercise. The rating of perceived exertion (RPE) was stated directly after exercise. HR, \dot{V}_E , and time for ventilatory threshold (VT2) were estimated by three experienced evaluators. Table shows means ± standard deviation. *P < 0.05 for comparisons of breathing gases (AIR vs. EAN).

Discussion

Our results show a significantly lower \dot{V}_E with EAN for the fin-swimming velocities of 0.6 m·s⁻¹ and 0.8 m·s⁻¹ in shallow underwater settings compared to AIR. Surprisingly, [Lac⁻]_{max} after exercise did not show any significant differences between AIR and EAN. We observed no differences or correlations for HR, TTE, or the ventilatory threshold.

Thus, it can be speculated why the effect of a lower \dot{V}_E only shows for high velocities. In normobaric conditions, hemoglobin in arterial blood is typically saturated for 97% or higher. Whereas increased PO₂ has no relevant effects on hemoglobin saturation, the concentration of physically dissolved oxygen increases linearly according to the ambient pressure (Henry's law) [34]. For normobaric conditions, the dissolved O₂ concentration for an alveolar PO₂ of 15 kilopascal (kPa) can be approximated to 3 mL·L⁻¹ for AIR and 6.8 mL·L⁻¹ for EAN (i.e., 34 kPa alveolar PO₂),

respectively, when assuming a physical solubility for O₂ of 0.2 mL (L·kPa)⁻¹ [35]. The inspiratory P_iO₂ for EAN in the present study results in more than two times of physically dissolved O₂ in the arterial blood [O_{2,art}] when compared to AIR (see table 3). At 25 m, which is a common water depth in sport diving, breathing EAN leads to an O_{2,art} of 26.8 mL·L⁻¹.

We assume that during rest and low velocities (i.e., 0.4 m·s⁻¹), the muscles' oxygen demand is sufficiently covered. With increasing exercise intensity, the delay of cardiovascular adaptations to the working muscles increased O₂-demand then creates a local oxygen deficit [36,37]. An increased O₂ supply and the accompanying greater amount of oxygen in the blood increase oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), and could enhance the diffusion of oxygen to the muscle [20]. As a result, additional glycogen oxidation could attenuate the accumulation of lactate and respiratory acidosis [3,26,37]. Hyperoxia (e.g. hyperbaric conditions underwater) might reduce the amount of

		EAN [40% O ₂]		AIR [21% O ₂]	
		PO ₂ [kPa]	[O _{2art}][mL·L ⁻¹]	PO ₂ [kPa]	[O _{2art}][mL·L ⁻¹]
normobaric [100 kPa]	<i>inspiratory</i>	40		21.0	
	<i>alveolar</i>	34	6.8	15.0	3.0
hyperbaric [underwater] [140 kPa]	<i>inspiratory</i>	56		29.4	
	<i>alveolar</i>	50	10.0	23.4	4.7
hyperbaric [underwater] [350 kPa]	<i>inspiratory</i>	140		73.5	
	<i>alveolar</i>	134	26.8	67.5	13.5

Table 3

Relation of inspiratory and alveolar oxygen partial pressure (PO₂ [kPa]) and the related arterial O₂ concentration [O_{2art}] for AIR (21% O₂) and EAN (40% O₂) as breathing gases. Data were calculated for normobaric (100 kPa) and hyperbaric (140 kPa and 350 kPa, respectively) underwater conditions.

metabolic anaerobic glycolysis at least during transient phases after increased exercise intensity [38], thus reducing lactate production and maintaining a higher pH-value with a slower increase in \dot{V}_E from an alleviated respiratory drive [26,38]. This seems especially relevant with a decreased oxygen deficit during work rate transitions and high intensity exercise [16,38,36], where the acceleration of $\dot{V}O_2$ kinetics must be assumed [39,38]. These metabolic adaptations and their influence on VT2 could be backed up in future studies involving spirometric measurements.

It should be noted that other studies reported decreases in \dot{V}_E during hyperoxic exercise accompanied by a decrease in blood lactate [20,40-42], which is inconsistent with our data (see [37] for a review). Differences in [Lac-] might become clearer with measurements conducted during exercise, which was not possible in this experimental setup. In this study, maximum values measured *after* exercise might not reflect the metabolic state *during* exercise. Some authors also emphasized the relevance of individual

physical fitness and exercise intensity [20] as well as recruited muscle mass [43] on lactate production during hyperoxic exercise. In line with our findings, Pederson et al. reported only non-significantly lower [Lac-] during submaximal exercise involving small muscle groups [44]. Although these differences between underwater fin-swimming and modalities like running and cycling might explain our findings, new technologies for continuous underwater lactate measurements should be employed in future studies.

TTE and RPE, which did not differ between conditions in our study, most likely depend on exercise modality (i.e., running vs. cycling), the applied exercise test (i.e., time trials, constant work rate, incremental exercise), exercise duration, and F_IO₂ [37]. Some studies reported a prolonged TTE and RPE in hyperoxic settings [3,45,37,23], whereas Peeling et al. observed influences on RPE only with F_IO₂ > 100 [25]. In the present study, work rate stages during incremental exercise were defined by velocity rather than power. In contrast to exercise in the laboratory,

water-resistance underwater increases exponentially with velocity, thus making an increase in work rate more difficult, especially during high intensity exercise. The absence of a prolonged TTE was likely dependent on the individual fin-swimming efficiency and leg strength, for whose reasons individual physical exhaustion was not reached in every test. Future studies should investigate these effects for different water depths, PO_2 , and prolonged constant work rates.

Conclusions

Our results reveal a significantly lower \dot{V}_E for high-intensity fin swimming (i.e., $\geq 0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) in shallow water in hyperoxia ($P_{iO_2} = 56 \text{ kPa}$) compared to normal air. No effects were observed for $[Lac]_{\max}$, TTE, and RPE. Hyperoxic gases like EAN40 (= 40% O_2) are frequently used by sport divers and gas consumption plays a major role in planning and executing dives with a limited gas supply. During a dive at 20 m water depth, our results would suggest 270 L less gas consumed for 10 min of fin-swimming at $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, when using EAN instead of normal air (i.e., 27 bar or $\sim 400 \text{ psi}$ less in a 10 L dive tank). This velocity can be considered reasonable when swimming against a current. Although exercise intensity, -modality, ambient pressure (i.e., increased P_{iO_2} at depth), and accompanying increased breathing gas density must be considered as modulating factors, the use of hyperoxic gases in sport diving could lower \dot{V}_E in shallow water contexts and therefore increase the duration or safety of the dive with higher gas reserves.

Declaration of Helsinki statement

This study followed the rules of the declaration of Helsinki.

Literatur

1. Forster HV, Haouzi P, Dempsey JA. Control of breathing during exercise. *Compr Physiol* 2012; 2: 743 – 777
2. Andersson JPA, Linér MH, Fredsted A et al. Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans. *J Appl Physiol* 2002; 96: 1005 – 1010
3. Ulrich S, Hasler ED, Müller-Mottet S et al. Mechanisms of Improved Exercise Performance under Hyperoxia. *Respiration* 2017; 93: 90 – 98
4. Dejours P. Chemoreflexes in breathing. *Physiol Rev* 1962; 42: 335 – 358
5. Peacher DF, Pecorella SRH, Freiburger JJ et al. Effects of hyperoxia on ventilation and pulmonary hemodynamics during immersed prone exercise at 4.7 ATA: possible implications for immersion pulmonary edema. *J Appl Physiol* (1985) 2010; 109: 68 – 78
6. Fraser JAV, Peacher DF, Freiburger JJ et al. Risk factors for immersion pulmonary edema: hyperoxia does not attenuate pulmonary hypertension associated with cold water-immersed prone exercise at 4.7 ATA. *J Appl Physiol* (1985) 2011; 110: 610 – 618
7. Zenske A, Kähler W, Koch A et al. Does oxygen-enriched air better than normal air improve sympathovagal balance in recreational divers? An open-water study. *Res Sports Med* 2019; 1 – 16
8. Brebeck., Deussen A, Range U et al. Beneficial effect of enriched air nitrox on bubble formation during scuba diving. An open-water study. *J Sports Sci* 2018; 36: 605 – 612
9. Mitchell SJ, Doolette DJ. Recreational technical diving part 1: an introduction to technical diving methods and activities. *Diving Hyperb Med* 2013; 43: 86 – 93
10. Fock A, Harris R, Slade M. Oxygen exposure and toxicity in recreational technical divers. *Diving Hyperb Med* 2013; 43: 67 – 71
11. Germonpré P, Balestra C, Hemelryck W et al. Objective vs. Subjective Evaluation of Cognitive Performance During 0.4-MPa Dives Breathing Air or Nitrox. *Aerosp Med Hum Perform* 2017; 88: 469 – 475
12. Balestra C, Lafère P, Germonpré P. Persistence of critical flicker fusion frequency impairment after a 33 mfw SCUBA dive: evidence of prolonged nitrogen narcosis? *Eur J Appl Physiol* 2012; 4063 – 4068
13. Steinberg F, Doppelmayr M. Executive Functions of Divers Are Selectively Impaired at 20-Meter Water Depth. *Front Psychol* 2017
14. Rocco M, Pelaia P, Di Benedetto P et al. Inert gas narcosis in scuba diving, different gases different reactions. *Eur J Appl Physiol* 2019; 119: 247 – 255
15. Fagraeus L, Karlsson J, Linnarsson D et al. Oxygen uptake during maximal work at lowered and raised

ambient air pressures. *Acta Physiol Scand* 1973; 87: 411 – 421

16. Linnarsson D, Karlsson J, Fagraeus L et al. Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise in hypoxia and hyperoxia. *J Appl Physiol* 1974; 36: 399 – 402
17. Noakes TD, Peltonen JE, Rusko HK. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *J Exp Biol* 2001; 204: 3225 – 3234
18. Welch HG, Mullin JP, Wilson GD et al. Effects of breathing O₂-enriched gas mixtures on metabolic rate during exercise. *Med Sci Sports* 1974; 6: 26 – 32
19. Wilson BA, Welch HG, Liles JN. Effects of hyperoxic gas mixtures on energy metabolism during prolonged work. *J Appl Physiol* 1975; 39: 267 – 271
20. Stellingwerff T, Leblanc PJ, Hollidge MG et al. Hyperoxia decreases muscle glycogenolysis, lactate production, and lactate efflux during steady-state exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006; 290: E1180-90
21. Hughson, Kowalchuk JM. Kinetics of Oxygen Uptake for Submaximal Exercise in Hyperoxia, Normoxia, and Hypoxia. *Can J Appl Physiol* 1995; 20: 198 – 210
22. Schaeffer MR, Ryerson CJ, Ramsook AH et al. Effects of hyperoxia on dyspnoea and exercise endurance in fibrotic interstitial lung disease. *The European respiratory journal* 2017; 49
23. Amann M, Eldridge MW, Lovering AT et al. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. *J Physiol* 2006; 575: 937 – 952
24. Allen PD, Pandolf KB. Perceived exertion associated with breathing hyperoxic mixtures during submaximal work. *Med Sci Sports* 1977; 9: 122 – 127
25. Peeling P, Andersson R. Effect of hyperoxia during the rest periods of interval training on perceptual recovery and oxygen re-saturation time. *J Sports Sci* 2011; 29: 147 – 150
26. Plet J, Pedersen PK, Jensen FB et al. Increased working capacity with hyperoxia in humans. *Eur J Appl Physiol* 1992; 65: 171 – 177
27. Bak Z, Sjöberg F, Rousseau A et al. Human cardiovascular dose-response to supplemental oxygen. *Acta Physiol (Oxf)* 2007; 191: 15 – 24
28. Gole Y, Gargne O, Coulange M et al. Hyperoxia-induced alterations in cardiovascular function and autonomic control during return to normoxic breathing. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 937 – 946
29. Harriss DJ, MacSween A, Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *Int J Sports med* 2019; 40: 813 – 817
30. Steinberg F, Dräger T, Steegmanns A et al. fit2dive-A field test for assessing the specific capability of underwater fin swimming with SCUBA. *Int J Perform Anal Sport* 2011; 11: 197 – 208
31. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-381
32. Bischoff MM, Duffin J. An aid to the determination of the ventilatory threshold. *Eur J Appl Physiol* 1995; 71: 65 – 70
33. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioural Science*. Hillsday MI: Lawrence Erlbaum Association 1988
34. Bosco G, Rizzato A, Moon RE et al. *Environmental Physiology and Diving Medicine*. *Front Psychol* 2018; 9: 72
35. Zander R. *Oxygen solubility in normal human blood. Oxygen Transport to Tissue: Elsevier*, 1981: 331 – 332
36. Sperlich B, Schiffer T, Hoffmann U et al. The spirometric oxygen deficit: its role in cardiopulmonary exercise testing. *Int J Sports med* 2013; 34: 1074 – 1078
37. Mallette MM, Stewart DG, Cheung SS. The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis. *Sports Med* 2018; 48: 153 – 175
38. Prieur F, Benoit H, Busso T et al. Effects of moderate hyperoxia on oxygen consumption during submaximal and maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2002; 88: 235 – 242
39. Macdonald M, Pedersen PK, Hughson RL. Acceleration of VO₂ kinetics in heavy submaximal exercise by hyperoxia and prior high-intensity exercise. *Journal of Applied Physiology* 1997; 83: 1318 – 1325
40. Kane DA. Lactate oxidation at the mitochondria: a lactate-malate-aspartate shuttle at work. *Frontiers in neuroscience* 2014; 8: 366
41. Byrnes WC, Mihevic PM, Freedson PS et al. Submaximal exercise quantified as percent of normoxic and hyperoxic maximum oxygen uptakes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1984; 16: 572 – 577
42. Hogan MC, Cox RH, Welch HG. Lactate accumulation during incremental exercise with varied inspired oxygen fractions. *J Appl Physiol* 1983; 55: 1134 – 1140
43. Cardinale DA, Ekblom B. Hyperoxia for performance and training. *J Sports Sci* 2018; 36: 1515 – 1522
44. Pedersen PK, Kiens B, Saltin B. Hyperoxia does not increase peak muscle oxygen uptake in small muscle group exercise. *Acta physiologica Scandinavica* 1999; 166: 309 – 318
45. Linossier MT, Dormois D, Arzac L et al. Effect of hyperoxia on aerobic and anaerobic performances and muscle metabolism during maximal cycling exercise. *Acta physiologica Scandinavica* 2000; 168: 403 – 411

Auswirkungen von Sauerstoff-angereichertem Atemgas auf Sporttaucher - **eine Feldstudie** -



Referent

Dr. André Zenske •
FA Anästhesiologie •

ZB Intensiv- & Notfallmedizin •
GTÜM-Taucher- und •
Druckkammerarzt •
Oberarzt am Klinikum •
Landshut •

Abbildung 1
Der Tauchplatz am Walchensee (Abb. Google Maps)

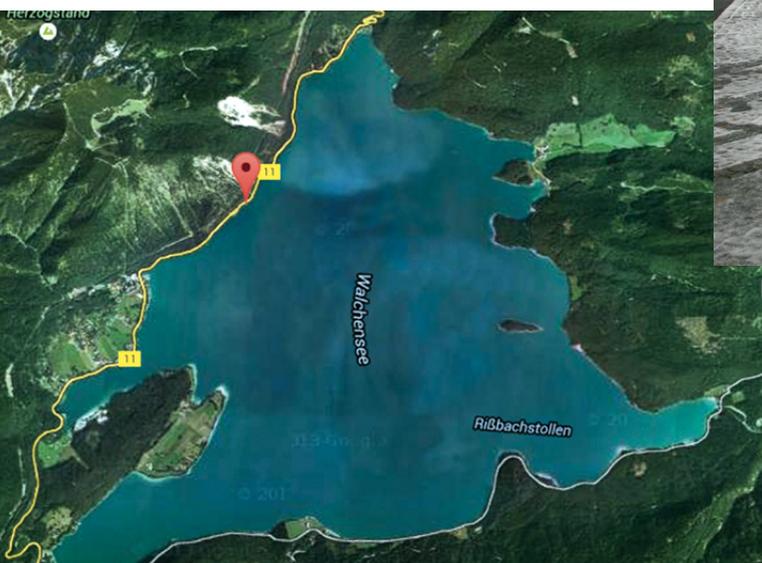


Abbildung 2
Die Versuche fanden unter realen Freiwasserbedingungen statt (Foto A. Zenske)



Abbildung 3

Ein Taucher in 25 m Tiefe im Walchensee beim Konzentrationstest (Foto A. Zenske)

Einleitung

Das Sporttauchen ist eine beliebte Freizeitbeschäftigung mit stetig steigender Teilnehmerzahl. Laut Tauchsportindustrieverband gibt es z. Z. in Deutschland ca. 406.000 Sporttaucher.

Immer häufiger wird neben Druckluft auch Nitrox genutzt. Bei diesem Gasgemisch ist der Sauerstoffanteil höher als 21 %. Bisher wurde nicht detailliert untersucht, ob dieser erhöhte Sauerstoffanteil einem gesunden Taucher im Rahmen konservativer Sporttauchgänge schaden kann.

Methodik

An dieser Studie nahmen 25 erfahrene Taucher teil. Sie absolvierten im Walchensee zwei Tauchgänge, je

einen mit Druckluft und einen mit Nitrox40 auf jeweils 25 m Tiefe und mit einer Grundzeit von 25 min. Vor den Tauchgängen wurde die Elastizität der Unterarmgefäße mittels Fluss-vermittelter Dilatation (FMD) bestimmt und eine Lungenfunktionsmessung mit Hilfe der Spirometrie und Oszillometrie durchgeführt. Ein Brustwand-EKG wurde abgeleitet, um über die Herzfrequenzvariabilität (HRV) Änderungen des autonomen Nervensystems zu erfassen. Während der Tauchgänge wurden Aufmerksamkeits- und Merkfähigkeitstests durchgeführt. Nach den Tauchgängen wurden die Elastizität der Gefäße und die Lungenfunktion erneut erfasst. Zu den Zeitpunkten 30, 60 und 90 min nach Tauchgangsende wurde mittels Doppler-Sonographie die Anzahl der Mikroblasen in der V. jugularis interna bestimmt.

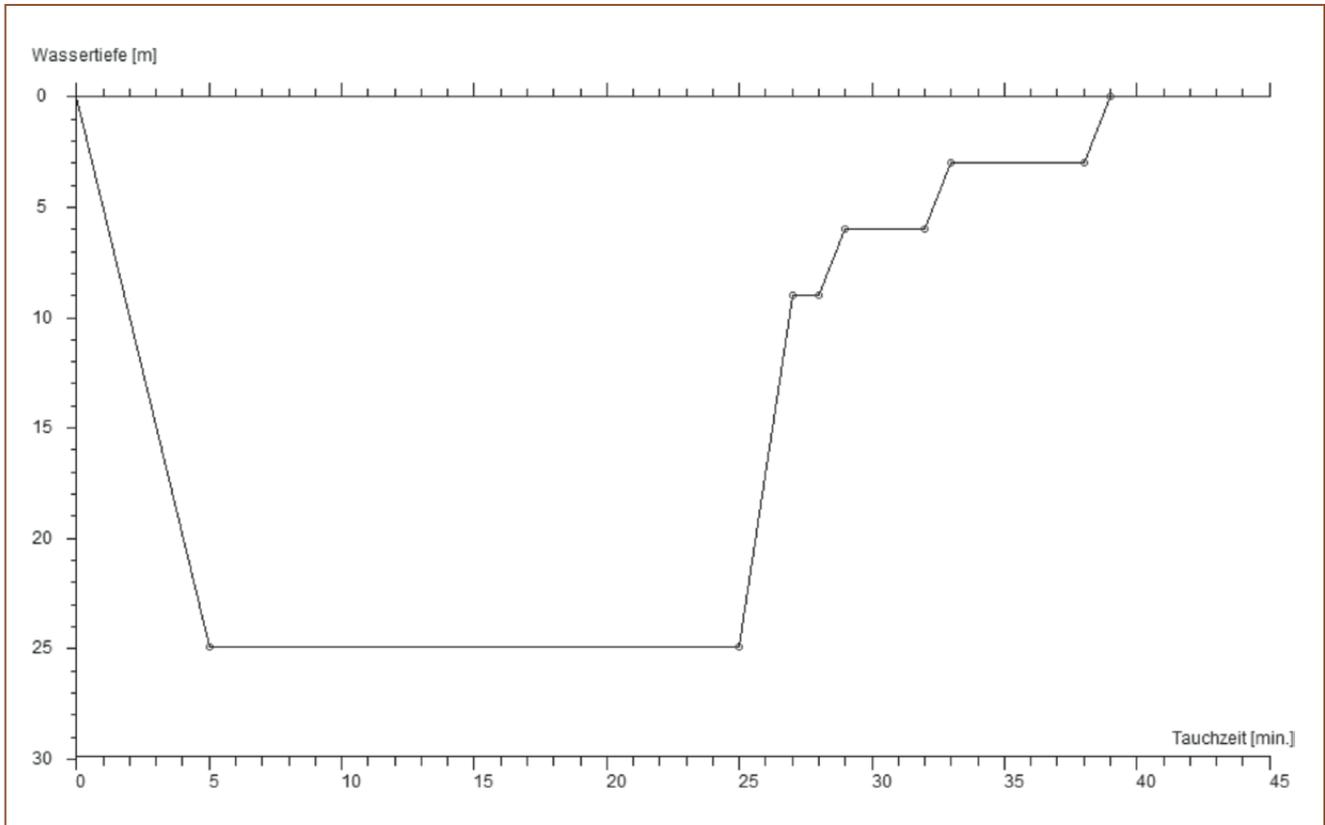


Abbildung 4
Das Tauchprofil der Studientauchgänge, 20 Minuten in 25 m Tiefe



Abbildung 5
Proband bei der Lungenfunktionsmessung
(Foto A. Zenske)



Abbildung 6
Proband beim Messen der Gefäßelastizität
(Foto A. Zenske)



Abbildung 7
 Studienteilnehmer mit EKGs vor Anlegen der Tauchanzüge
 (Foto A. Zenske)



Abbildung 8
 Die EKG Aufzeichnungen während der Tauchgänge
 (Foto A. Zenske)



Abbildung 9
 Schreibtafel für den Konzentrationstest unter Wasser (Foto A. Zenske)



Ergebnisse

In der herkömmlichen Spirometrie zeigten sich nur geringe Unterschiede zwischen Nitrox40 und Druckluft. Die forcierte Einsekundenkapazität (FEV1) war in der Nitrox-Gruppe gegenüber der Druckluft-Gruppe nicht signifikant vermindert. Der expiratorische Spitzenfluss (PEF) war nach Nitrox-Atmung geringfügig niedriger als nach Druckluft. In der Oszillometrie hingegen zeigte sich eine Zunahme der peripheren Widerstände nach Nitrox-Atmung von durchschnittlich 9 %. Die Reactance nahm nach Nitrox-Atmung um durchschnittlich 11 % ab. Die Elastizitätsmessungen der Unterarmgefäße zeigten nach Druckluft-Tauchgängen eine geringfügige Zunahme des Spitzenflusses um 4,4 %. Nach Nitrox-Tauchgängen war die Gefäßelastizität deutlich reduziert. Der Spitzenfluss war um durchschnittlich 21,2 % vermindert und die Zeit bis zum maximalen Fluss war verlängert. Die Doppler-Sonographie zeigte sowohl nach Druckluft-, als auch nach Nitrox-Tauchgängen Mikrobblasen in der Vena jugularis interna. Die Anzahl dieser Stickstoffblasen war nach Nitrox-Tauchgängen um 39 % reduziert. Sowohl der Konzentrations- als auch der Merkfähigkeitstest ergaben deutliche Unterschiede zu Gunsten von Nitrox. Die Merkfähigkeit war bei Nitrox-Tauchgängen um 34 % besser als bei Druckluft-Tauchgängen, die Konzentrationsfähigkeit war um 8,8 % besser erhalten. Die HRV hatte am Ende des Tauchganges gegenüber dem Anfang zugenommen. Eine Abnahme der Herzfrequenz lässt sich durch eine Aktivierung des Parasympathikus erklären, der bei der Nitrox-Gruppe stärker ausgeprägt war.

Zusammenfassung/Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie weist Vor- und Nachteile bei der Verwendung von Nitrox nach. Zu den Nachteilen zählen eine Zunahme der peripheren Atemwegswiderstände und eine Abnahme der Gefäßelastizität. Als Vorteile zeigen sich eine deutlich verminderte Mikrobblasenanzahl, eine besser erhaltene Konzentrations- und Merkfähigkeit und eine erhöhte Parasympathikus-Aktivität. Nitrox erweist sich unter den beschriebenen Bedingungen als ein zweischneidiges Schwert.

Abbildung 10
 Zählen der Mikrobblasen mittels Dopplersonographie
 (Foto A. Zenske)

Diver Return After COVID-19 (DRACO) – Divers Alert Network Langzeitstudie



Referentin

Dr. biol. hum. •
Frauke Tillmans •

Research Director Divers •
Alert Network (USA) •

Contact: ftillmans@dan.org •
+1 (919) 684-2948 ext 1637 •

Die Studie hatte das Ziel, 1,000 Taucher mit bestätigter oder Verdacht auf COVID-19 Infektion zu rekrutieren. Die erste Umfrage (Initial Survey) wurde im August 2020 publiziert und Teilnehmer konnten sich freiwillig anmelden. Die Umfrage umfasste medizinische Vorgeschichte, Fragen zur COVID-Infektion, Fitness- und Gesundheitszustand nach Infektion, und Rückkehr zum Tauchen. Nach jeder Folgeumfrage schieden bisher etwa 20% der Teilnehmer aus der Studie aus (freiwilliger Rücktritt oder Kontaktverlust), weswegen die Rekrutierung nach 1,000 Teilnehmern nicht abgebrochen wurde.

Es handelt sich bei DRACO um eine reine Beobachtungsstudie deren Datensammlung zum Zeitpunkt der Publikation dieses Artikels nicht abgeschlossen ist, weswegen die Daten nur als vorläufig angesehen werden können.

Umfragen

Erstumfrage (Initial Survey)

Jeder Taucher mit bestätigter Infektion (positiver Test) oder Verdacht auf COVID-Infektion (Testmöglichkeiten zu Beginn der Pandemie lückenhaft) war berechtigt, an der Studie teilzunehmen. Alle Teilnehmer füllten die Online-Erstumfrage aus, was durchschnittlich 11 Minuten Zeit in Anspruch nahm.

Die Umfrage beginnt mit der Erhebung demographischer und anthropometrischer Daten, medizinischer Vorgeschichte, sowie Taucherfahrung und Tauchbrevetierung. Fragen zur COVID-19 Infektion beinhalten unter anderem relevante Datumsangaben, Symptome, und Schwere der Infektion, Genesungsprozess, und Selbsteinschätzung der Fitness vor und nach der Infektion.

Der zweite Teil der Erstumfrage beinhaltet Fragen zur Zeit nach der Genesung, wie Rückkehr zum Tauchen, Tauchtauglichkeitsuntersuchung, verbleibende oder neu aufgetretene Erkrankungen. Unter Rückkehr

Einführung

Seit Beginn der im März 2020 erklärten globalen Pandemie, wurde in vielen Ländern mit sofortiger Quarantäne reagiert, um die Verbreitung des COVID-19 Virus einzudämmen. Viele Taucher begannen, Fragen zu stellen, ob und wie eine COVID-Infektion ihre Tauchfähigkeit beeinflussen könnte. Erste Studien legten nahe, dass bleibende pulmonale und respiratorische Störungen eine Rückkehr zum Tauchen verhindern könnten, selbst in asymptomatischen Patienten; als Anlaufstelle für tauchspezifische medizinische Information und Beratung beantwortete in den ersten Monaten viele Fragen, jedoch fehlten datengestützte Studien. Die DAN Forschungsabteilung rief daher eine 5-Jahres Studie über die Rückkehr zum Tauchen nach COVID (Diver Return After COVID-19) ins Leben.

zum Tauchen konnten Teilnehmer angeben, ob und wann sie wieder mit dem Tauchen begonnen hatten, wie aktiv sie waren, wie lang der erste Tauchgang nach Infektion war, ob mehrere Tauchgänge unternommen wurden und ob diese dekompensationspflichtig waren.

Folgeumfragen (Follow Up Questionnaires)

Eine Gesamtzahl von 8 Folgeumfragen sind für die Studie geplant (1 Monat, 3 Monate, 6 Monate und dann jährlich nach Rekrutierung). Zum Zeitpunkt der GTUEM Tagung 2021 waren bereits die ersten 1-Jahres Folgeumfragen ausgesendet worden.

Alle Folgeumfragen beginnen mit einer Identifizierung/Verifizierung des jeweiligen Teilnehmers und fragt dann nach Veränderungen im Vergleich zur letzten Umfrage und nach möglicherweise erneuter Infektion. In der 1-jahres Folgeumfrage wird erstmals auch nach Impfstatus der Teilnehmer gefragt.

Vorläufige Ergebnisse

Unter den Studienteilnehmern waren 37.6% Frauen und 62.1% Männer (Abbildung 1). Das Durchschnittsalter lag bei 47 Jahren und die medizinischen Vorerkrankungen (Selbstauskunft der Teilnehmer) erscheinen bis auf 4.4% Fettleibigkeit mit der normalen Bevölkerung übereinzustimmen.

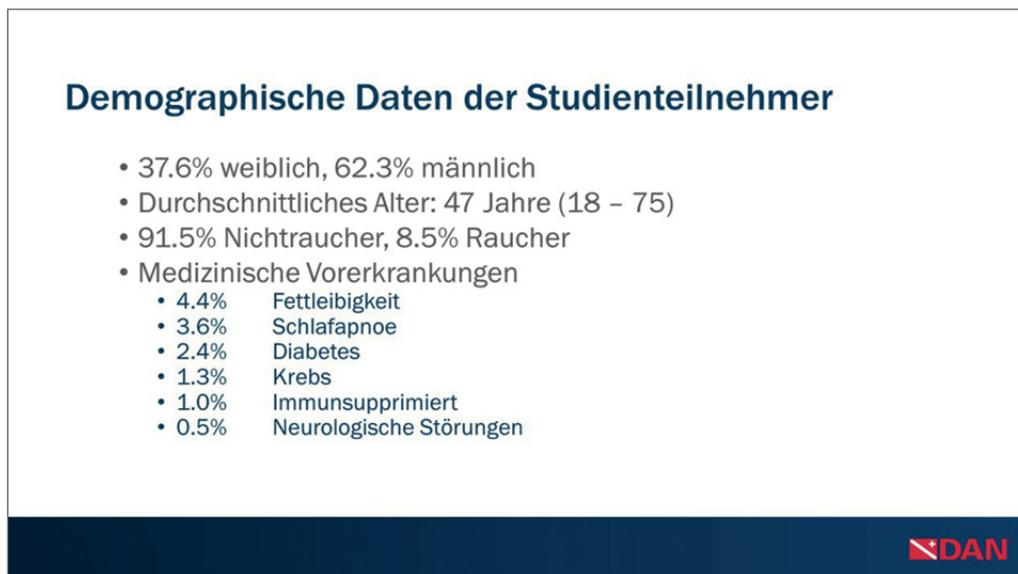


Abbildung 1
Überblick über die Studienpopulation

Die Schwere der Infektion ist in Abbildung 2 dargestellt. 6.2% der Patienten waren asymptomatisch und 5.8% waren so schwer betroffen, dass sie hospitalisiert werden mussten. Bei Ausfüllen der Erstumfrage fühlten sich 69% der Teilnehmer vollständig erholt, 41% hatten während oder kurz nach ihrer Infektion einen Arzt aufgesucht. Jedoch beschrieben 13% bleibende medizinische Probleme als Folge der COVID-19 Infektion und die Mehrheit davon (8% aller Teilnehmer) beschrieben verbleibende pulmonale Probleme.

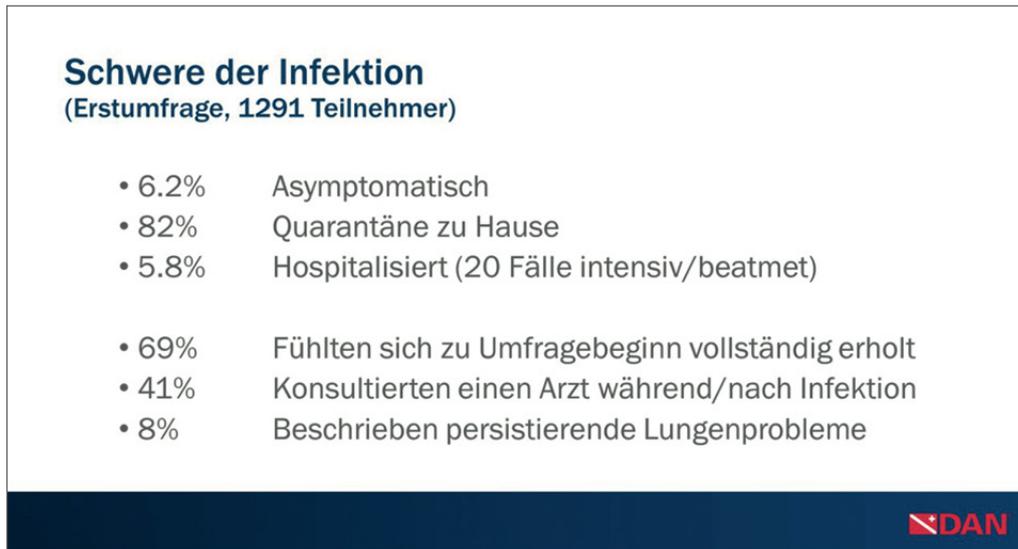


Abbildung 2
Schwere der COVID-19 Infektion

Die Taucherfahrung der Teilnehmer (Abbildung 3) spiegelt nicht unbedingt die normale Tauchergemeinschaft wider, obwohl 84.5% der Teilnehmer sich als Sporttaucher identifizieren. Die Zahlen für technisches Tauchen, Kreislauftauchen, und Forschungs- sowie Rettungs- und Bergungstauchen sind nicht repräsentativ für die durchschnittliche Tauchergemeinschaft, spiegelt jedoch die erhöhte Motivation der meist professionell tauchenden Teilnehmer wider. Der hohe Anteil an Apnoetauchern, der ebenfalls nicht der normalen Tauchpopulation entspricht, ist mit der Bewerbung der Studie durch zwei namhafte Apnoetaucher Trainingsorganisationen zu erklären.

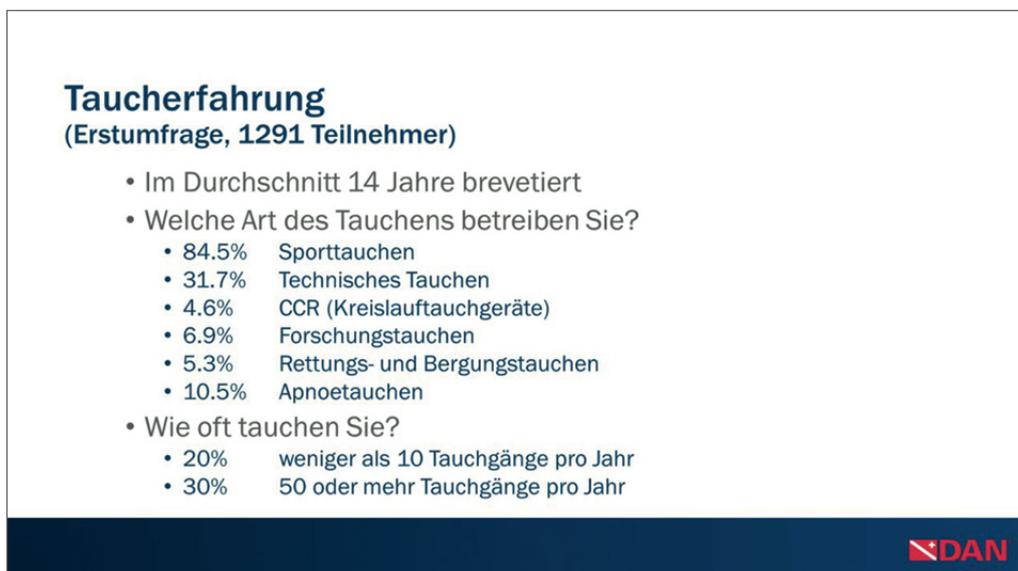


Abbildung 3
Taucherfahrung der Teilnehmer.

Von den 1291 Teilnehmern der Studie waren im ersten Jahr 70% wieder zum Tauchen zurückgekehrt und die überwiegende Mehrheit plante, wieder mit dem Tauchen zu beginnen.

Trotz Empfehlungen von Ärzten und Organisationen wie DAN entschieden sich 65% der Taucher für mehrere Tauchgänge am ersten Tauchtag nach Infektion und 10% führten dekompensionspflichtige Tauchgänge durch. Die Teilnehmer, die während ihres ersten Tauchgangs Probleme hatten, berichteten in den überwiegenden Fällen von pulmonalen/respiratorischen Störungen, wie Husten und Kurzatmigkeit. Dies bedarf weiterer Untersuchungen, insbesondere im Hinblick auf Schwere der initialen Infektion.

Tauchgänge und Tauchtauglichkeit (Erstumfrage, 1291 Teilnehmer)

- Rückkehr zum Tauchen
 - Zurückgekehrt: 70%
 - Planen, nicht zurückzukehren: <0.5% - persönliche oder medizinische Gründe
- Erster Tauchgang nach Infektion
 - Durchschnittliche Tauchzeit: 45 Minuten
 - 10% Dekompressionstauchgänge
 - 65% Mehrere Tauchgänge
 - 12 % Medizinische Probleme
 - davon 70% pulmonal, 20% neurologisch, 17% ENT, 4% psychologisch, 3 DCI „Verdacht“



Abbildung 4
Rückkehr zum Tauchen und Tauchtauglichkeitsuntersuchung

Lediglich 35% der Teilnehmer konsultierten einen Arzt für eine Tauchtauglichkeitsuntersuchung (TTU) und 46% erklärten, dass sie keine TTU planten (Abbildung 5). Diese Gruppe beinhaltet auch Teilnehmer, die einen sehr schweren Krankheitsverlauf hatten. Die Auswertung individueller TTU Unterlagen ist aufgrund fehlender Daten und mangelnder Bereitschaft vieler behandelnder Ärzte, die Unterlagen ihren Patienten auszuhändigen, nicht praktikabel. Eine individuelle Kontaktaufnahme mit den über 40 Teilnehmern, die eine TTU machten, jedoch nicht tauchtauglich geschrieben wurden, wird möglicherweise weiteren Aufschluss über COVID-Spätfolgen geben.



Abbildung 5
Tauchtauglichkeitsuntersuchung

Ausblick

Wie bereits erwähnt, handelt es sich hier um vorläufige Daten einer internationalen, aber überwiegend Amerikanischen Tauchpopulation. Die Rekrutierung wurde im August geschlossen, jedoch stehen das DAN Infotelefon und die Notfall Hotline selbstverständlich weiterhin allen Tauchern frei zur Verfügung, die Fragen zur Rückkehr zum Tauchen haben. Das Team der DAN Forschungsabteilung bemüht sich um zeitnahe Publikation der ersten Daten und erhofft sich weiteren Einblick in die Gesundheit von aktiven Tauchern nach COVID-Infektion über die kommenden 5 Jahre. Hoffnungsvoll stimmt dabei, dass die Antworten auf die erste 1-jahres Umfrage eine über 90%ige Impfrate unter den Tauchern abzeichnet, ein Trend, der sich hoffentlich in den später eingehenden Antworten bestätigt.

Tauchmedizinische Untersuchung auf mögliche Residuen nach SARS-CoV-2 Infektion vor Wiederaufnahme des Taucherdienstes

Klinische Beobachtungsstudie an Tauchern und Kampfschwimmern der Bundeswehr

Hintergrund/Fragestellung

Die SARS-CoV2-Infektion kann auch bei jüngeren Menschen mit gesundheitlichen Residuen einhergehen, die als direkte Folgen der Akutinfektion auftreten können oder auch als eine vermutete „Nach“-Erkrankung, das sogenannte „Long-Covid-S.“. Es wurde deshalb innerhalb der Marine entschieden, Soldaten mit Z.n. nachgewiesener SARS-CoV2-Infektion vor Wiederaufnahme des Tauchdienstes im Rahmen einer Zwischenuntersuchung erneut auf Tauchtauglichkeit zu beurteilen.

Methode

Im Rahmen der prospektiven Beobachtungsstudie wurden die Ergebnisse der Zwischenuntersuchung, die in Ergänzung zur Regeluntersuchung (TUKV) auch eine Echokardiographie und die Bestimmung von Trop I und nt-proBNP umfassten, mit den jeweiligen Ergebnissen der vor der Infektion gelegenen letzten TUKV-Untersuchung verglichen.

Ergebnisse

Es wurden bis 09/2021 43 Soldaten untersucht, Altersdurchschnitt 34J. Es wurden 11 asymptomatische und 30 mild symptomatische ambulante Verläufe dokumentiert, in 2 Fällen kurzfristige Hospitalisation für wenige Tage.

39 Probanden konnte die uneingeschränkte Tauchtauglichkeit bescheinigt werden, 2 Probanden mussten vorübergehend als nicht uneingeschränkt tauchtauglich eingestuft werden. 2 Probanden mit dringendem V.a. Long-Covid-Syndrom konnte keine TUKV erteilt werden. Für Parameter der Lungenfunktion, Diffusionskapazität und individuelle Leistung in der Ergo-Spirometrie (PW-Cmax und VO2max) ergaben sich durchgehend Leistungswerte wie vor der Infektion.

Schlussfolgerung

Für 39/43 Soldaten konnte mindestens vier Wochen nach Symptommfreiheit die TUKV uneingeschränkt wieder erteilt werden. Vier Probanden (9 %) zeigten zu-

Referent

Prof. Dr. Andreas Koch

Joint Section of Maritime
Medicine, Naval Institute
of Maritime Medicine and
Christian-Albrechts-
University Kiel
Kiel, Germany

a.koch@iem.uni-kiel.de



nächst auffällige Befunde, bei zweien musste der Verdacht auf ein Long-Covid-Syndrom mit Leistungsknick und/oder kardialen Auffälligkeiten gestellt werden. Die TUKV-übliche apparative Diagnostik (Spiro-Ergometrie, Lungenfunktion mit Diffusion) war auch hier ohne wegweisende Aussagekraft.

Deshalb erscheint nach jetziger Datenlage eine genaue Anamnese gerade des Krankheitsverlaufes mit Erfassung der aktuellen Befindlichkeit zielführender als Standarddiagnostik hinsichtlich Lungenfunktion und Leistungsfähigkeit. Neben der genauen Anamnese sollten das EKG, die Echokardiographie, ggf. spezielles Labor und mögliche weiterführende Diagnostik gezielt zum Einsatz kommen.

Autoren: L. Graue, M. Körner, S. Klapa, W. Kähler, B. Rieger, A. Koch

Vertigo bei Kindern & Jugendlichen

- Bedeutung für die Tauchtauglichkeit



Referent

Dr. med. •
Andreas Glowania •
HNO-Arzt, Mitglied der •
AG Kindertauchen •
der GTÜM •
andreas_glowania@ •
t-online.de •

Schwindel, Gleichgewichtsstörungen und Koordinationsprobleme stellen häufige Diagnosen in der Praxis von Allgemeinmedizinern und HNO-Ärzten dar [1]. Für die Orientierung im dreidimensionalen Raum ist ein intakter Gleichgewichtssinn erforderlich - essentiell für die Ausübung des Tauchsports [2,3,4]. Funktionsstörungen führen daher unabwendbar zu einer Einschränkung der Tauchtauglichkeit und sollten fachärztlich abgeklärt bzw. behandelt werden.

Anatomie & Physiologie des Ohres

Die paarig angelegten **Gleichgewichtsorgane** (Vestibularapparat / Vestibularorgan) liegen benachbart zur Hörschnecke (Cochlea) in der knöchernen Felsenbeinpyramide an der Schädelbasis. Das

Gleichgewichtsorgan besteht aus **3 Bogengängen** (Ductus semicirculares) und **2 Vorhofsäckchen** (Utriculus (oberes bzw. großes Vorhofsäckchen) & **Sacculus** (unteres bzw. kleines Vorhofsäckchen) [1,3]. Utriculus und Sacculus sind Anteile des mit Endolymphe (kaliumreich, natriumarm) gefüllten Schlauchsystems innerhalb der knöchernen Labyrinthchale. Sie enthalten die sogenannten Maculaorgane (Otolithenapparate), diskusförmige Scheibchen, welche senkrecht zueinander ausgerichtet sind. Die Spitzen (Cilien), der in einer Grundlamelle integrierten Sinneszellen, reichen in eine gallertartige, proteinreiche Masse mit eingelagerten Calciumcarbonatkristallen (Otolithen). Durch Ausübung von „Druck“ auf die Sinneszellen aufgrund einer Bewegung / Beschleunigung, wird eine Abscherbewegung induziert, es entsteht ein Sinnesreiz. Der Utriculus registriert horizontale Bewegungen, z.B. Bremsen, der Sacculus vertikale Bewegungen (z.B. Liftfahren) [1].

Die **3 Bogengänge (BG): oberer bzw. vorderer BG** (Ductus semicircularis anterior), **hinterer BG** (Ductus semicircularis posterior) und **horizontaler bzw. seitlicher BG** (Ductus semicircularis lateralis) sind senkrecht zu den drei Raumrichtungen ausgerichtet. An der Mündungsstelle der flüssigkeitsgefüllten Röhrensysteme zum Utriculus befindet sich jeweils ein kleines „Bläschen“ (Ampulle). Hier befindet sich das reizaufnehmende Organ (gallertartige Cupula mit eingelagerten Sinneszellen). Durch Kopfbewegungen gerät die Flüssigkeit in Bewegung, es kommt zu einer Abscherbewegung und ein Sinnesreiz entsteht. Durch die Ausrichtung der Bogengänge zu allen drei Raumrichtungen können dementsprechend genau die Kopfbewegungen in diesen Ebenen erfasst werden.

Definition Vertigo

Schwindel ist ein angsteinflößendes, bedrohlich wirkendes Symptom, das - insbesondere wenn es

plötzlich und unerwartet auftritt - zu Panikattacken führen kann, was gerade beim Tauchen zu fatalen Situationen führen kann.

Was versteht man letztlich unter „Schwindel“? Schwindel stellt kein einheitliches Krankheitsbild dar, sondern ist ein Symptom, welches im Rahmen verschiedener Erkrankungen als „Begleitphänomen“ auftritt. Um dies und die Vielzahl an Ursachen zu verstehen, betrachtet man am Besten zunächst den Normalzustand der Gleichgewichtskontrolle: Vestibuläre Informationen aus beiden Gleichgewichtsorganen, dem optischen System (über die Netzhäute der Augen) und dem propriozeptiven System (Dehnungsrezeptoren in Muskulatur, Fußsohlen und der Halswirbelsäule) werden dem Gehirn zugeleitet und bewertet - ein „Bild“ der Stellung des Körpers im dreidimensionalen Raum entsteht.

Unter **Schwindel (Vertigo)** versteht man eine Störung des Gleichgewichtssystems, das durch fehlerhafte Reizaufnahme, Reizleitung und / oder Reizverarbeitung in Folge zu einer fehlerhaften Orientierung im Raum führt [1].

Vertigo - Unterschiede Kinder & Jugendliche vs. Erwachsene

Ebenso wie in vielen anderen Bereichen der Medizin gibt es Unterschiede im Bezug auf den Schwindel, betrachtet man Kinder und Jugendliche im Vergleich zu Erwachsenen [5]. Schwindelbeschwerden sind eher selten im Kindes- und Jugendalter - wenn auch nur wenige systematische Untersuchungen existieren [6]. Häufig haben die erstgenannten Probleme bei der Schilderung ihrer Beschwerden [6,7], nicht selten werden diese (von uns Erwachsenen) als „Wachstumsprobleme“ abgetan. Desweiteren zeigen sich im Rahmen der Diagnostik andere Schwindelursachen und damit auch andere Differentialdiagnosen und Erkrankungshäufigkeiten [6]. Positiv zu vermerken sind bei Kindern und Jugendlichen auf der einen Seite ein schnelleres Ansprechen auf eine Behandlung, zum anderen auch höhere Erfolgs- bzw. Heilungsraten nach Behandlung [5].

Ursachen

Die Gründe für eine Schwindelentstehung bei Kindern und Jugendlichen sind vielfältig - erst recht, wenn man versucht, das Symptom „Vertigo“ im Zusammenhang mit Tauchaktivitäten ätiologisch einzuordnen (Tabelle 1: Mögliche Schwindelursachen bei Kindern & Jugendlichen im Zusammenhang mit Tauchaktivitäten bzw. einer Tauchtauglichkeitsuntersuchung) [2,5,6].

Tabelle 1

Mögliche Schwindelursachen bei Kindern & Jugendlichen im Zusammenhang mit Tauchaktivitäten bzw. einer Tauchtauglichkeitsuntersuchung

„Tauchbezogene Ursachen“

- Gehörgangsfremdkörper / Cerumen obturans
- Tubenventilationsstörungen (alternobarer Vertigo)
- Mittelohrbarotrauma (MBT)
- Innenohrbarotrauma (IOBT)
- „Seekrankheit“ (Kinetose)
- Z.n. Tympanoplastik Typ III
- Radikalhöhlenanlage

„Nicht-tauchbezogene Ursachen“

- virale Infektionen
- Benigner paroxysmaler Vertigo (BPV) des Kindesalters
- Migräne
- Otitis media (AOM / COM)
- Seromucotympanon
- Kopfverletzungen
- Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPLS)
- M. Meniere
- Hirntumore
- psychische Ursachen
- angeborene Malformationen

Diagnostik

Grundlage der Schwindeldiagnostik bei Kindern und Jugendlichen ist wie bei den Erwachsenen die **Anamnese**. Gefragt wird nach Art des Schwindels (z.B. Dreh- oder Schwankschwindel), zeitlicher Charakteristik (permanentes oder temporär begrenztes Auftreten), Begleitsymptome (z.B. Übelkeit / Erbrechen) und Auslöse- bzw. Triggerfaktoren (z.B. Kopfdrehung). Desweiteren wird gefragt nach Vor- und Begleiterkrankungen (Traumata, Operationen im Kopf-Hals-Bereich, neurologische-, psychische-, ophthalmologische- und kardiozirkulatorische Erkrankungen bzw. Stoffwechselerkrankungen), (belastenden) Lebensumständen (z.B. Lärm, Stress, Mobbing) sowie Medikamenteneinnahme.

Im Rahmen einer orientierenden **Allgemeinuntersuchung** erfolgen neben einer Blutdruckmessung, einfache Koordinationsprüfungen (z.B.

Romberg-Stehversuch, Unterberger-Tretversuch, Finger-Nase-Versuch), eine Nystagmusprüfung sowie ein Kopf-Impuls-Test (KIT) - gefolgt von spezifischen fachärztlichen Untersuchungen im Bereich HNO, Neurologie und Ophthalmologie. Eine **spezifische Schwindeldiagnostik im HNO-Bereich** umfasst u.a. Audiogramm, Tympanogramm und Vestibularisdiagnostik (kalorische Prüfung / Computernystagmographie).

Ergänzt werden diese im Einzelfall durch gezielte **Labordiagnostik** (z.B. Blutbild / Differentialblutbild, Schilddrüsenwerte, Virustiter (Herpes simplex, Varizella zoster, Eppstein-Barr, Influenza / Parainfluenza, Cytomegalie, Adenovirus, COVID19) sowie eine **radiologische Bildgebung** (Röntgen-Thorax, Sonographie der Halsgefäße bzw. Schilddrüse, CT / MRT) [1,5,6].

Krankheitsbilder

Aufgrund der Komplexität des Themas kann hier nur eine Auswahl an repräsentativen Krankheitsbildern dargestellt werden. Es sei an dieser Stelle auf die angefügte Literatur verwiesen.

Alternobarer Vertigo („Druckdifferenzschwindel“): Diese primär harmlose Schwindelvariante beruht auf einer Druckdifferenz zwischen rechten und linken Mittelohr durch einem zeitlich verzögert eintretenden Druckausgleich. Sie kann sowohl beim Abtauchen wie beim Auftauchen beobachtet werden und betrifft nach Schätzungen bis circa 25% aller Taucher einmal in ihrer Tauchkarriere. Häufige Ursachen sind Tubenventilationsstörungen aufgrund von beispielsweise Adenoiden, Typ-I-Allergien oder respiratorischen Infekten sowie eine Gehörgangsblockade aufgrund eines Ceruminalpfropfs oder eng anliegender Kopfhaube. Das klinische Bild umfasst (Dreh)Schwindel mit der Gefahr der Orientierungslosigkeit und des Kontrollverlustes. Um einen daraus resultierenden unkontrollierten Aufstieg zu vermeiden, eignen sich folgende präventiven Maßnahmen: keine Tauchgänge mit Tubendysfunktion, regelmäßiger Druckausgleich, enganliegende Kopfhauben vermeiden [8,9].

Serotympanon & Mucotympanon: Aufgrund einer anhaltenden Tubenfunktionsstörung entsteht v.a.



Abbildung 1
„Seromucotympanon“ (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Michael Schröckenfuchs, Brunn am Gebirge / Austria)

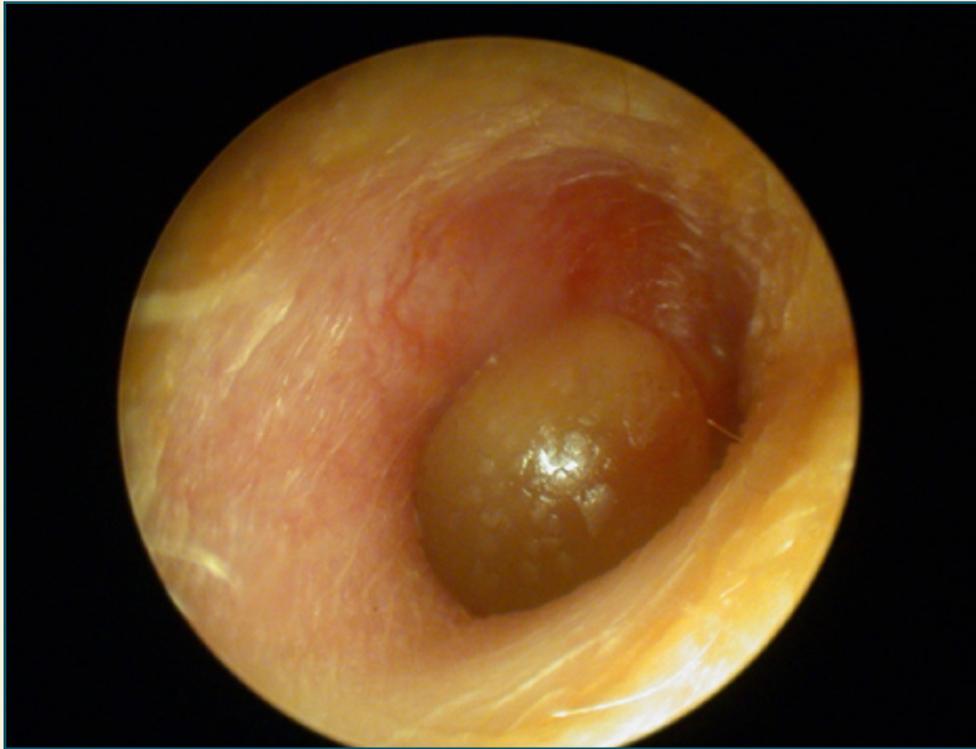


Abbildung 2
„Mucotympanon“ (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Michael Schröckenfuchs, Brunn am Gebirge / Austria)

bei Kindern im (Vorschul-)Schulalter durch den Verschluss der pharyngealen Tubenostien aufgrund einer hyperplastischen Tonsilla pharyngea („Adenoide“) ein Unterdruck im Mittelohr. Im Verlauf der Erkrankung wandelt sich die Mittelohrschleimhaut in ein aktiv sekretorisches, schleimbildendes Epithel um. Der entstehende Erguss ist zu Anfang flüssig-serös (Serotympanon); später nimmt die Viskosität zu - es bildet sich ein zähflüssiges Sekret („Leimohr“ / „glue ear“ - Mucotympanon), das natürlicherweise nicht mehr über die Ohrtrompete abfließen oder von der Mittelohrschleimhaut resorbiert werden kann. Daraus resultieren ein Druck- und Völlegefühl im Ohr, eine Hörminderung und in manchen Fällen ein unspezifischer Schwindel. Ohrmikroskopisch zeigt sich die typische Trommelfelltransparenz aufgehoben. Es können Sekretspiegel und / oder Luftblasen zu erkennen sein. Als Zeichen der gestörten Tubenventilation zeigt sich keine Trommelfellbewegung beim Druckausgleichsversuch.

Therapeutisch kann, falls sich der Erguss noch nicht verfestigt hat, in einem frühen Stadium mittels konservativer Maßnahmen versucht werden, die Tüben-

ventilation durch abschwellende Nasentropfen bzw. ein Nasenballonsystem zu verbessern. Oftmals muss jedoch im Rahmen eines kleinen chirurgischen Eingriffs über einen Trommelfellschnitt (Paracentese / PC) das Sekret abgesaugt werden. Parallel erfolgt ggf. die Abtragung der Adenoide sowie - bei Rezidiveingriffen aufgrund eines Paukenergusses - das Einbringen von Drainageröhrchen (Paukendrainage / PD) [2,7,10].

Mittelohrbarotrauma (MBT): Das MBT entsteht durch einen mangelhaften Druckausgleich zwischen Mittelohrraum und äußeren Gehörgang - oftmals beim Tauchen mit gestörter Funktion der Ohrtrompete, z.B. Tauchen mit einem Infekt der Nasenschleimhäute / der Nasennebenhöhlen. Der im Mittelohr entstehende Unterdruck führt zu einem Ödem der Mittelohrschleimhaut und Dilatation der Gefäße im Trommelfellbereich („Gefäßinjektion“). Besteht der Unterdruck weiter, so führt dies infolge zu einer Einblutung im Bereich des Trommelfells bzw. Ruptur der dilatierten Gefäße mit Blutansammlung im Mittelohrraum (**Hämatotympanon**) [10,11,12].

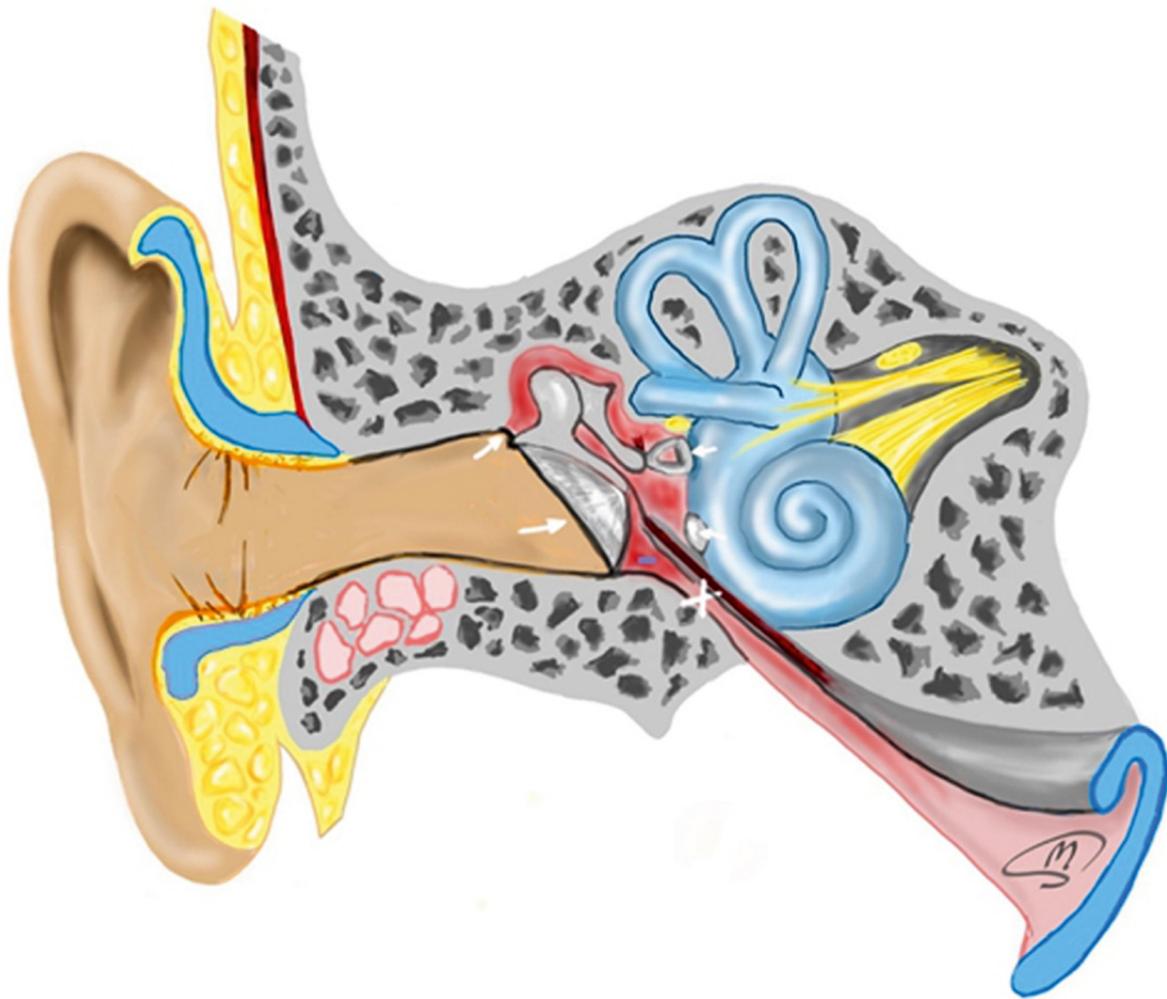


Abbildung 3

„Mittelohrbarotrauma“ (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Michael Schröckenfuchs, Brunn am Gebirge / Austria)

Typischerweise berichten die Betroffenen aufgrund der Abnahme der Schwingungsfähigkeit des Trommelfells über einen gedämpften Höreindruck sowie aurales Druckgefühl, Tinnitus und teilweise Schwindelgefühl. Die Behandlung besteht in einem Tauchverbot, Versuch der Wiederherstellung der Tubenfunktion mittels abschwellender Nasentropfen und ggf. Gabe von Schmerzmitteln.

Virale Labyrinthitis (Neuronitis vestibularis): Auch bei Kindern tritt nach scheinbar unauffällig verlaufenden respiratorischen Infekten in manchen Fällen eine viral bedingte Affektion des Labyrinthorgans auf. Oftmals können als Verursacher Herpesviren (HSV) nachgewiesen. Im Vergleich zu Erwachsenen zeigt sich dennoch eine bessere Ansprechrate auf eine medikamentöse Behandlung mit Virustatika bzw. Corticosteroiden bei vollständiger Restitutio! [5,6].

Benigner paroxysmaler Vertigo (BPV): Der BPV im Kindesalter stellt eine der häufigsten Formen von Schwindelursachen im Kindes- und Jugendalter dar. Die exakte Genese ist unbekannt, diskutiert wird eine Durchblutungsstörung der Nuclei vestibulares im Hirnstamm [5,6]. Klinisch präsentiert sich der BPV in Form von kurzen (Minuten andauernder), intensiver Schwindelattacken von spontaner Limitation - Im Vergleich zur wichtigsten Differentialdiagnose der **vestibulären Migräne** - ohne Cephalgie. Gleichfalls lässt sich mittels otoneurologischer Diagnostik kein Hör- oder Gleichgewichtsdefizit nachweisen.

Psychogener Vertigo: Trotz intensiver Bemühungen ist in manchen Fällen kein klinisches Korrelat fassbar. Anamnestische Hinweise können sich dabei durch anamnestische Begrifflichkeiten wie (plötzliches) „Schwarzwerden vor Augen“, Übelkeit oder ein „komisches Gefühl in der Magengegend“ ergeben. Diagnostisch wegweisend kann hier ein Computernystagmogramm (CNG) sein, welches in diesem Fall eine beidseitig ungestörte Gleichgewichtsfunktion zeigt und die oben genannte Verdachtsdiagnose untermauern kann [5,6].

Zusammenfassung

Vertigo ist ein häufiger Konsultationsgrund von Kolleginnen und Kollegen in der allgemeinmedizinischen bzw. hno-fachärztlichen Sprechstunde. Aufgrund der Bedeutung des Gleichgewichtssystems für die Orientierung unter Wasser und damit ein sicheres, unfallfreies Tauchen müssen Schwindelbeschwerden bei Taucherinnen und Tauchern ursächlich abgeklärt und ggf. behandelt werden. Die Ursachen für Gleichgewichtsstörungen sind multifaktoriell. Zusätzlich gibt es Unterschiede zwischen Kindern und Jugendlichen auf der einen und Erwachsenen auf der anderen Seite im Bezug auf die Pathogenese bzw. mögliche Differentialdiagnosen. Wegweisend kann hier die Anamnese sein - unterstützt von spezifischen otoneurologischen, laborchemischen bzw. radiologischen Befunden. Leider fehlen uns aktuell Daten zu Häufigkeiten von Vertigo und dessen Ursachen im Rahmen einer Tauchtauglichkeitsbeurteilung bei Kindern und Jugendlichen. Es bleibt zu hoffen, dass wir diese Lücke in Zukunft schließen können.

Literatur

1. Waldfahrer F & Iro H: Handbuch Schwindel. Grundlagen und Praxis mit kommentierten Fallbeispielen. 1. Auflage, Hennig Arzneimittel 2010
2. Glowania A, Lopez A: Hals-Nase-Ohren. In: Beyer Chr, Kretschmar B, Tetzlaff K (Hrsg.): Moderne Tauchmedizin im Kinder- und Jugendalter. 1. Auflage. Gentner Verlag, Stuttgart 2017
3. Klingmann C: Kapitel 10: Hals-Nasen-Ohrenärztliche Erkrankungen. in: Klingmann C & Tetzlaff (Hrsg.): Moderne Tauchmedizin. 2. Vollständig überarbeitete Auflage. Gentner Verlag, Stuttgart 2012
4. Tetzlaff K, Klingmann Ch, Muth CM, Piepho T, Welslau W: Kapitel 16: HNO-Heilkunde. in Checkliste Tauchtauglichkeit. 2. Auflage. Gentner Verlag, Stuttgart 2012
5. Devaraja K: Vertigo in children; a narrative review of the various causes and their management. Int J of Pediatr Otorhinolaryngol 2018(111):32-38
6. Balatsouras DG, Kaberos A, Assimakopoulos D, Katotomichelakis M, Economou NC, Korres SG: Etiology of vertigo in children. Int J of Pediatr Otorhinolaryngol 2007(71):487-494
7. Götte K, Nicolai T: Pädiatrische HNO-Heilkunde. 1. Aufl. Urban & Fischer, München 2010
8. Edmonds C, Bennett M, Lippmann J & Mitchell SJ (eds): Diving & Subaquatic Medicine. 5th edition. CRC Press, Boca Raton 2015
9. Lundgren CEG: Alternobaric vertigo - a diving hazard. Brit Med J 1965(2): 511-513
10. Glowania A & Schröckenfuchs M: Erkrankungen des Ohres - Besonderheiten in der Kindertauchmedizin. Sonderheft „Kindertauchmedizin“. Caisson 04/2019;34(2):12-16
11. Azizi MH: Ear disorders in scuba divers. Int J Occup Environ Med 2010;1:20-26
12. Schröckenfuchs M & Glowania A: Was jeder Taucher können muß, ist der Druckausgleich. WMW Skriptum zum Österreichischen HNO-Kongress 2018

COVID-19, POST-COVID-19, LONG-COVID und

Tauchtauglichkeit bei Kindern und Jugendlichen



Referent

Dr. med. Karsten Theiß •
FA Kinder- und Jugendmedi- •
zin / Taucherarzt GTÜM e.V. •
•
Oststraße 68 •
66386 St. Ingbert •
•
k.theiss@taucherarzt- •
theiss.de •

insgesamt 4.200.886 SARS-CoV-2 Nachweise registriert, hiervon entfielen 746.331 (17,77%) auf die Altersgruppe 0-19 Jahre bzw. 462.683 (11,01%) auf die für das Sport- & Freizeittauchen relevantere Altersgruppe von 10-19 Jahre. Bei einem Bevölkerungsanteil der 0-19-Jährigen von 18,44% bzw. der 10-19-Jährigen von 9,12% (Stand: 31.12.2020) korrespondieren die Infektionsnachweise in den Altersgruppen gut mit Ihrem Bevölkerungsanteil. Bei der Altersverteilung der Infektionsnachweise ist zu bedenken, dass mit fortschreitenden Impfprogramm die Infektionsnachweise in den bereits geimpften Altersgruppen zurückgehen und damit relativ in den nichtgeimpften Altersgruppen steigen. Bis zum 30.09.2021 waren bereits 75,1% der Bevölkerung über 18 Jahre vollständig geimpft, in der Altersgruppe der 12-17-Jährigen jedoch mit 34,6% deutlich weniger.

Die Daten der Laborbasierten Surveillance von SARS-CoV-2 des RKI weist die Altersgruppen 0-4 Jahre, 5-14 Jahre und 15-34 Jahre mit Abstand häufiger getestet aus als die Altersgruppen 35-59 sowie 60-79 Jahre (Anzahl der Personen mit SARS-CoV-2-PCR-Testung pro 100.000 Einwohner nach Altersgruppe), bei den Schulkindern kommen noch die statistisch nicht erfassten Antigen-Schnellteste im Rahmen der Testkonzepte der Bundesländer hinzu.

Epidemiologie

Kinder- und Jugendliche nehmen seit Beginn der Pandemie als Bestandteil der Bevölkerung an der Pandemie und dem Infektionsgeschehen teil. Für Influenza-Epidemien und -Pandemien ist bekannt, dass Kinder und Jugendliche relevant zur Verbreitung in der Bevölkerung beitragen. Im Zusammenhang mit COVID-19 konnte eine solche Rolle von Kindern und Jugendlichen bis heute nicht gezeigt werden. Die altersspezifischen Inzidenzwerte gehen beispielsweise nicht der Allgemeinbevölkerung voraus (Abbildung 1). Im Gegenteil, alle Hinweise deuten darauf hin, dass Kinder und Jugendliche im Wesentlichen von Erwachsenen angesteckt werden und deutlich seltener ihrerseits Erwachsene anstecken.

Bis zum 30.09.2021 hat das Robert Koch Institut (RKI)

Akuter Krankheitsverlauf

Die allermeisten Infektionen von Kindern und Jugendlichen, insbesondere ohne relevante Vorerkrankungen, verlaufen teilweise asymptomatisch (bis zu 20%) oder mit einer milden akuten COVID-19-Erkrankung mit dem Krankheitsbild eines grippalen Infektes bzw. gastrointestinalen Symptomen [8, 11]. Es gibt in Deutschland keine systematische und vollständige Erfassung zur Hospitalisierung von Kindern und Jugendlichen über den gesamten Pandemieverlauf, aus Registerdaten der Deutschen Gesellschaft

für pädiatrische Infektiologie (DGPI) [A] lässt sich schätzen, dass ca. 0,2% der Kinder- und Jugendlichen mit SARS-CoV-2-Nachweis einer stationären Behandlung wegen COVID-19 bedürfen. Von diesen stationär aufgenommenen Kindern und Jugendlichen bedürfen wiederum nur ca. 5% einer intensivmedizinischen Behandlung. Im DPGI-Survey entfällt etwas mehr als 1/3 (36%) der stationär behandelten Patienten auf die Altersgruppe 8-18 Jahre.

Vorhandene Begleiterkrankungen / Komorbiditäten haben auch bei Kindern einen erheblichen Einfluss auf den Behandlungsumfang und damit indirekt die Erkrankungsschwere. Intensivmedizinisch behandelte Patienten weisen zu 2/3 solche Komorbiditäten auf.

Im DGPI-Register wiesen 72% der stationär behandelten Patienten bei Entlassung eine Restitution ad integrum auf, 25,9% haben noch Restsymptome und lediglich 0,4% Folgeschäden. Des Weiteren sind im DPGI-Register 0,3% der stationär behandelten Kinder und Jugendlichen verstorben; beim RKI sind bis zum 30.09.2021 insgesamt 26 Todesfälle unter 20 Jahren gemeldet, wobei in 17 Fällen bekannte Vorerkrankungen vorlagen.

Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome (PIMS) / "Post-COVID-19"

Neben der akuten COVID-19 Erkrankung ist im Kindes- und Jugendalter noch das Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome (PIMS), häufig auch als Multisystem Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C) und in der internationalen Literatur auch immer wieder als POST-COVID-19 bezeichnet, von Bedeutung. Es handelt sich hierbei um ein schweres und teilweise lebensbedrohliches Krankheitsbild [10]. Häufig folgt dieses Krankheitsbild mit einer Latenz von ca. einem Monat der akuten Infektion, kann aber in seltenen Fällen auch bereits während der akuten COVID-19 Erkrankung auftreten. Die schwere der akuten COVID-19-Infektion spielt keine Rolle für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines PIMS. Ebenso spielt das Vorliegen von Komorbiditäten eine wesentlich geringere Rolle als bei der akuten COVID-19-Infektion. Die DGPI führt auch für dieses Krankheitsbild ein Register [B], aus welchem sich für Deutschland die grobe Schätzung einer Inzidenz von 5 PIMS-Fällen pro 10.000 SARS-CoV-2 Infektionen ergibt. Im Gegensatz zur akuten COVID-19-Erkrankung, wo die Altersgruppe 8-18 Jahre 36% der hospitalisierten Patienten stellt, stellt diese beim PIMS fast die Hälfte der Patienten (49%). Die Geschlechterverteilung ist bei COVID-19 ausgeglichen, jedoch beim PIMS deutlich zu den Jungen verschoben (65%).

Bei Entlassung weisen im DPGI-PIMS-Register 40% Restsymptome und 7% Folgeschäden auf. In beiden Fällen dominiert mit großem Abstand das Herz-Kreislauf-System (39% der Restsymptome und 87% der Folgeschäden). Die Atemwege sind bei 6% der Restsymptome genannt, jedoch nicht im Zusammenhang mit Folgeschäden.

Die Schwere dieses COVID-19 assoziierten Krankheitsbildes ist ein wichtiger Faktor für die allgemeine Impfpflichtung von Jugendlichen ab 12 Jahren durch die Ständige Impfkommission (STIKO).

Zusammenfassung akute COVID-19-Erkrankung bei Kindern und Jugendlichen

- 17,77% der beim RKI gemeldeten SARS-CoV-2-Nachweise entfallen auf Kinder- und Jugendliche (Stand: 30.09.2021)
- Anteil positiver Teste korreliert mit dem Bevölkerungsanteil der Altersgruppe
- Inzidenz der Kinder und Jugendlichen verläuft parallel zur Gesamtbevölkerung
- bis zu 20% der SARS-CoV-2 Nachweise verlaufen asymptomatisch
- ca. 0,2% benötigen eine stationäre Behandlung wegen COVID-19 (davon 5% intensivmedizinische Behandlung). 1/3 entfällt auf die Altersgruppe 8-18 Jahre, 2/3 der schweren stationären Verläufe haben Komorbiditäten
- Outcome der stationären Behandlung: 26% Restsymptome, 0,4% Folgeschäden



Zusammenfassung PIMS (im Sinne eines POST-COVID)

- ca. 5 PIMS-Fälle pro 10.000 SARS-CoV-2-Infektionen in Deutschland zu erwarten
- Krankheitsbild mit zumeist intensivmedizinischer Behandlung
- meist ca. einen Monat nach akuter Infektion
- Auftreten und Ausprägung unabhängig von Schwere der Primärinfektion, auch bei asymptomatischen SARS-CoV-2-Nachweisen möglich
- Im Vergleich zu stationärer COVID-19-Behandlung: ältere Kinder (49% 8-18 Jahre), mehr Jungen (64%)
- Outcome bei stationärer Entlassung: 40% Restsymptome, 7% Folgeschäden (für beides Herz-Kreislauf-System absolut dominierend), bisher kein Todesfall in Deutschland
- wichtiger Grund für Impfempfehlung der STIKO für 12-17-Jährige

Long-COVID

Als dritte Entität stellt sich die Frage nach Long-COVID und dessen Bedeutung bei Kindern und Jugendlichen. Bei Erwachsenen wird über ca. 1/3 prothierter Verläufe, im Sinne eines Long-COVID, nach durchgemachter Infektion berichtet. Für Kinder und Jugendliche ist die Datenlage bisher nicht klar. Die ersten Veröffentlichungen, insbesondere aus Italien [4] und Holland [3], haben anhand der Befragung ihrer vormals schwer an COVID-19-Erkrankten Patienten ähnliche Raten ermittelt. Zwischenzeitlich wurden jedoch populationsbezogene Daten, auch mit Kontrollgruppen, vor allem aus Sachsen [1], der Schweiz und Großbritannien [9, 12] veröffentlicht. Diese Untersuchungen haben gegenüber den Kontrollgruppen keine oder nur geringe Unterschiede in den berichteten Symptomen gezeigt. Es scheint also

außerordentlich schwierig die allgemeinen Auswirkungen der Pandemie und des Infektionsschutzes auf die Kinder und Jugendlichen von Symptomen nach durchgemachter COVID-19-Infektion, im Sinne eines Long-COVID, abzugrenzen [7]. Viele der Long-COVID typischen Symptome wie Konzentrationsprobleme / Aufmerksamkeitsstörungen, Schlafstörungen / Müdigkeit, etc. sind bei Kindern und Jugendlichen auch typische Symptome von Belastungsreaktionen und Anpassungsstörungen. Der Wegfall von Tagesstruktur, fehlende gleichaltrige Sozialkontakte, fehlende Rückzugsräume, Ängste der Eltern, wirtschaftliche Situation von Familien, Bedrohungen / Sorgen / Ängste, fehlende Perspektiven für die Altersgruppe, etc. stellen erhebliche Belastungsfaktoren der Kinder und Jugendlichen seit Beginn der Pandemie dar. Hier sind sicher noch weitere Untersuchungen notwendig, um die Abgrenzung und Bedeutung von Long-COVID bei Kindern und Jugendlichen zu ermitteln. Bereits heute kann man sagen, dass einem erheblichen Teil von Kindern und Jugendlichen professionelle Hilfe anzubieten ist, unabhängig ob die Symptomatik COVID-19 assoziiert (Long-COVID) oder Pandemie-assoziiert ist. Festzuhalten ist hier auch, dass lediglich symptom-/problemorientierte Therapieansätze zur Verfügung stehen, die unabhängig von der Ursache sind. Eine kausale oder spezifische Therapie bei Long-COVID steht nicht zur Verfügung. Beiden Gruppen muss daher eine Normalisierung Ihres Alltags ermöglicht werden und dieses, wo erforderlich mit professioneller Hilfe.

Zusammenfassung LONG-COVID

- keine einheitliche Definition
- sehr heterogenes Datenbild
 - hohe Prävalenzschätzungen aus Patientenbefragungen
 - deutlich geringere Differenzen bei Untersuchungen mit Kontrollgruppen
- LONG-COVID oder Long-Pandemie-Syndrom?
- Therapie, unabhängig der Diagnosestellung, symptomorientiert

Tauchtauglichkeit bei Kindern und Jugendlichen

Alle Daten weisen darauf hin, dass die allermeisten Erkrankungsverläufe von Kindern und Jugendlichen asymptomatisch oder mild sind. Bei ambulanten Verläufen ergibt sich kein Anhalt, dass die Beurteilung der Tauchtauglichkeit nach COVID-19-Infektion anderen Kriterien folgen sollte als bei Erwachsenen und den bisherigen GTÜM-Empfehlungen [C]. Zusätzliche Untersuchungen sind nach gegenwärtigem Stand nur bei einer entsprechenden Anamnese bzw. auffälligen Befunden in der klinischen Basisdiagnostik erforderlich.

Sehr wenige Erkrankungen bedürfen der stationären Behandlung, unabhängig davon ob akute COVID-19-Infektion oder PIMS. An dieser Stelle ist davon auszugehen, dass wenn bei Entlassung keine Restitutio ad integrum gegeben ist, aus den Behandlungsunterlagen, der Anamnese und der aktuellen klinischen Untersuchung die notwendigen Ergänzungs- und Spezialuntersuchungen zielgenau festzulegen sind. Für PIMS-Patienten wurde kürzlich auch eine standardisierte Nachsorge-Empfehlung veröffentlicht [6].

Bei der Frage von Long-COVID sollte sich die Tauchtauglichkeit, einschließlich evtl. notwendiger Ergänzungs-/Spezialdiagnostik, an den Symptomen, unabhängig der Ursache orientieren. Ebenfalls sollte die abschließende Beurteilung der Tauchtauglichkeit allein auf Basis des aktuellen Gesundheitszustandes, unabhängig der Ätiologie, erfolgen.

Insgesamt sind Folgeschäden bei Kindern und Jugendlichen sehr selten, wenn sie auftreten, so dominieren nach derzeitigem Stand die kardialen Folgeschäden. Pulmonale Folgeschäden, insbesondere ohne klinisches Korrelat, spielen bei Kindern und Jugendlichen praktisch keine Rolle [2].

Vor diesem Hintergrund bestätigt sich nochmals die Bedeutung des Routine-(Ruhe)EKG in der Tauchtauglichkeitsuntersuchung, z.B. mit Bestimmung der QTc-Zeit [5].

Bei klinisch unauffälligen Kindern und Jugendlichen, ohne dokumentierte Folgeschäden / Restsymptome nach einer durchgemachten Infektion, sind routinemäßig keine weiteren Untersuchungen außerhalb der allgemeinen GTÜM-Empfehlung zur Tauchtauglichkeit erforderlich.



Zusammenfassung Tauchtauglichkeit nach COVID-19:

- Die allermeisten Krankheitsverläufe sind asymptomatische oder milde Verläufe
- Veröffentlichte Empfehlungen zur Tauchtauglichkeit nach COVID-19 gelten auch für Kinder und Jugendliche
- Spezialuntersuchungen sind nur bei bekannten Restsymptomen / Folgeschäden in Abhängigkeit der Klinik erforderlich
- Stärkung des Ruhe-EKG bei der Tauchtauglichkeitsuntersuchungen, da Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Restsymptomen / Folgeschäden dominieren, z.B. QTc-Zeitverlängerungen

Links

- <https://dgpi.de/covid-19-survey-update/>
- <https://dgpi.de/pims-survey-update/>
- <https://www.gtuem.org/files/1011/20200424-gemeinsame-stellungnahme-tauchen-und-covid19-gt-m-dlrg-vdst.pdf> (letzter Abruf: 01.11.2021)

Sehr geehrte Leser*innen,

bitte beachten Sie, dass die dargestellte Situation in dieser Vortrags-Zusammenfassung den Stand vom November 2021 darstellt.

Dieser Hinweis gilt für alle Vorträge der letzten GTÜM-Tagung in diesem CAISSON.

Literatur

1. Blankenburg J, Wekenborg MK, Reichert J et al. (2021) Mental health of Adolescents in the Pandemic: Long-COVID19 or Long-Pandemic Syndrome? medRxiv:2021.2005.2011.21257037
2. Bottino I, Patria MF, Milani GP et al. (2021) Can Asymptomatic or Non-Severe SARS-CoV-2 Infection Cause Medium-Term Pulmonary Sequelae in Children? Frontiers in Pediatrics 9
3. Brackel CLH, Lap CR, Buddingh EP et al. (2021) Pediatric long-COVID: An overlooked phenomenon? Pediatric Pulmonology 56:2495-2502
4. Buonsenso D, Munblit D, De Rose C et al. (2021) Preliminary evidence on long COVID in children. Acta Paediatrica 110:2208-2211
5. Ece İ, Koçoğlu M, Kavurt AV et al. (2021) Assessment of Cardiac Arrhythmic Risk in Children With Covid-19 Infection. Pediatric Cardiology 42:264-268
6. Jakob A, Hufnagel M (2021) Inflammation bei pädiatrischem COVID-19: Nachsorge von Kindern bei PIMS. Dtsch Arztebl International 118:1814-1816
7. Lewis D (2021) Long COVID and kids: scientists race to find answers. Nature 595:482-483
8. Meyer M, Rübsteck E, Lehmann C et al. (2021) Prävalenz von SARS-CoV-2 bei Kindern in einer Kohorte von 2192 Patienten. Monatsschr Kinderheilkd 169:46-51
9. Miller F, Nguyen V, Navaratnam AM et al. (2021) Prevalence of persistent symptoms in children during the COVID-19 pandemic: evidence from a household cohort study in England and Wales. medRxiv:2021.2005.2028.21257602
10. Nakra NA, Blumberg DA, Herrera-Guerra A et al. (2020) Multi-System Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C) Following SARS-CoV-2 Infection: Review of Clinical Presentation, Hypothetical Pathogenesis, and Proposed Management. Children (Basel) 7
11. Parri N, Magistà AM, Marchetti F et al. (2020) Characteristic of COVID-19 infection in pediatric patients: early findings from two Italian Pediatric Research Networks. European Journal of Pediatrics 179:1315-1323
12. Stephenson T, Pereira SP, Shafran R et al. (2021) Long COVID - the physical and mental health of children and non-hospitalised young people 3 months after SARS-CoV-2 infection; a national matched cohort study (The CLoCK) Study. In: Research Square Platform LLC

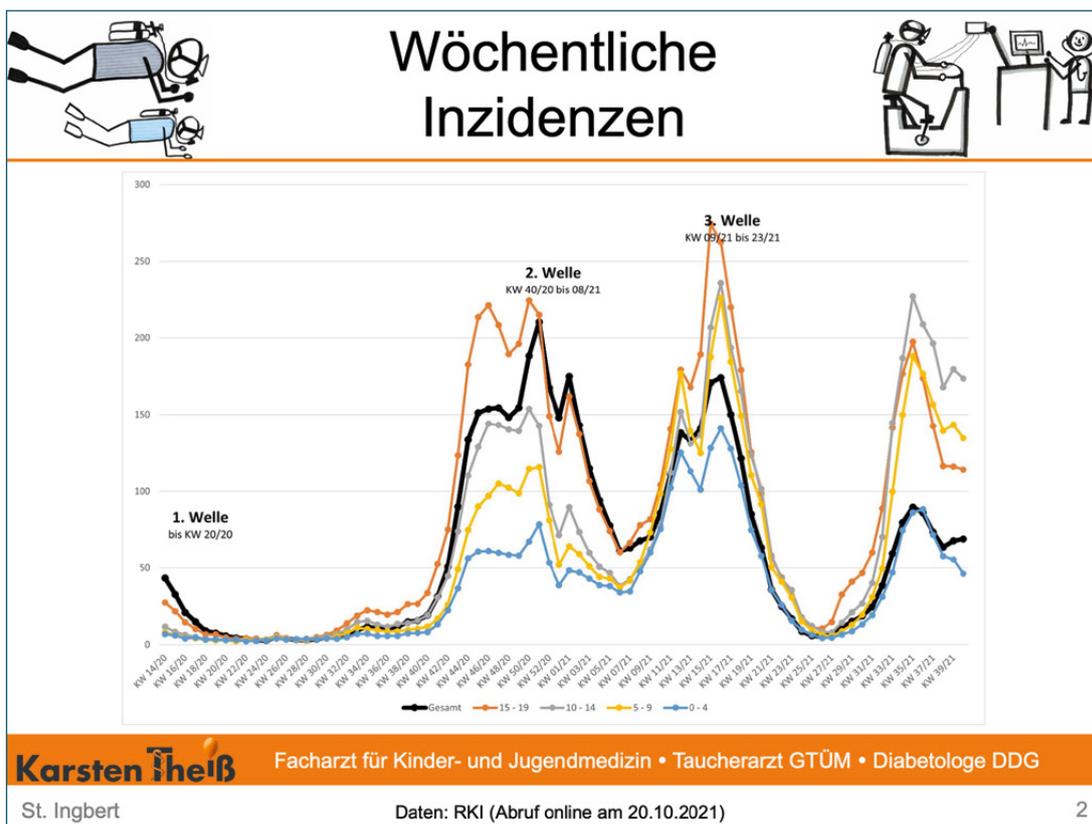


Abbildung 1
Verlauf der altersabhängigen "7-Tage-Inzidenzen" der Kinder und Jugendlichen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung

Lungenfunktion bei Kindern und Jugendlichen

nach einer Sars-Cov2-Infektion

Referent

Dr. med. Peter Ahrens

FA Kinder- und Jugend-
medizin, Pädiatrische
Pneumologie, Allergologie,
Neonatologie, Intensivmedizin

Straßenfeld 2
23569 Lübeck

praxis@kinderarzt-ahrens.de



Bei Erwachsenen sind auch nach asymptomatischen und milden Verläufen relevante Lungenfunktionsveränderungen beschrieben (Wang 2020, Harting 2020). Die überwiegende Anzahl der Kinder und Jugendlichen machen eine Sars-Cov-2 Infektion asymptomatisch oder mit einem milden Verlauf durch. Sind somit auch Kinder und Jugendliche gefährdet anhaltende Veränderungen in der Lungenfunktion zu entwickeln?

In der Zeit von März bis September 2021 haben sich 47 Kinder und Jugendliche (22w, 25m) im Alter von 4 2/12 bis 17 9/12 Jahren (x =10 7/12) nach einer durchgemachten Sars-Cov2-Infektion zur pneumologischen Untersuchung bei mir vorgestellt. Die Untersuchung fand 1-6 Monate nach der Infektion statt (x =3,8 Mo-

nate). Die asymptomatischen Patient:innen waren unterrepräsentiert mit n=4, die überwiegende Anzahl hatte Husten (n=38) und Schnupfen (n=35), des weiteren Halsschmerzen (n=15), Fieber (n=15) und Geruchs-/Geschmackstörungen (n=15).

Zum Untersuchungszeitpunkt gaben 34 Patient:innen an beschwerdefrei zu sein und 38 berichteten von einer normalen körperlichen Belastbarkeit, während 13 Patient:innen von anhaltenden Beschwerden (9 keine ausreichende körperliche Belastbarkeit, 2 Kopfschmerzen, 1 Schwindel, 1 Geschmacksstörungen) berichteten. Von den 9 Patient:innen, ohne ausreichende körperliche Belastbarkeit, hatte 6 eine normale Lungenfunktion incl. Sauerstoffsättigung vor und nach einer Lauf-

bandprovokation, d.h. die Einschränkung war für mich nicht objektivierbar.

In 44 Patient:innen zeigten eine unauffällige Lungenfunktionsuntersuchung. In einem Fall bestand eine bronchiale Obstruktion (bereits vorbestehende Beschwerden, eine Dauerinhalation wurde erneut begonnen), in 2 Fällen war eine scheinbare Restriktion erkennbar, die aber auf eine mangelnde Mitarbeit zurückzuführen war (1x Entwicklungsstörung und Z.n. PIMS).

Zum Untersuchungszeitpunkt konnte ich in dieser Patientengruppe keine anhaltenden Lungenfunktionsveränderungen durch die durchgemachte Sars-Cov2-Infektion feststellen. Diese Beobachtung entspricht den mittlerweile publizierten Ergebnissen von Bottino et al. (2021).

Diese Fallsammlung enthält eine zufällig entstandene Kohorte an Patienten, die eine durchgemachte Sars-Cov2 Infektion gemeinsam haben. Die Patienten hatten sich nicht mit der Frage einer Sport- oder Tauchtauglichkeit vorgestellt, sondern aus Sorge einer bleibenden Lungenschädigung nach durchgemachter Infektion. Wenn man aus diesen Daten Rückschlüsse auf eine Tauchtauglichkeit ziehen möchte, ist dies mit äußerster Vorsicht zu tun. Ich habe aber nach einer durchschnittlichen Zeit von 3 Monaten nach der Infektion, bei subjektivem Wohlbefinden und unauffälliger Lungenfunktion, keinen Hinweis für eine anhaltende Lungenschädigung gefunden, die die Tauchtauglichkeit beeinflussen würde.

Literatur

1. Wang JY, Chang SY, Huang YW, Chang SC. Serology-positive but minimally symptomatic COVID-19 may still cause lung injury and lung function impairment. *Int J Tuberc Lung Dis.* (2020) 24(6):568-569
2. Hartig F, Tauchen nach Covid-19-Erkrankung? 15.April 2020. <https://www.wetnotes.eu/tauchen-nach-covid-19-erkrankung/>
3. I. Bottino et al. ; Can Asymptomatic or Non-Severe SARS-CoV-2 Infection Cause Medium-Term Pulmonary Sequelae in Children? *Front. Pediatr.*, 2021 May 13;9

Der neue GTÜM-Tauchsportärztliche Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche 2.0

Zu Beginn der Präsentation wird erneut auf die neuen Untersuchungsintervalle für die tauchsportärztliche Untersuchung im Kindes-Jugendalter hingewiesen. Es wird jetzt eine jährliche Untersuchung bis zum 15. Geburtstag empfohlen. Danach entsteht dann ein 3-jähriges Untersuchungsintervall bis zum 18. Geburtstag. Die Begründung aus Kinder-Jugendärztlicher Sicht wurde bereits auf dem 3. Symposium Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter 2021 dargestellt und im darauffolgenden CAISSON veröffentlicht.

Zusammen mit den neuen Untersuchungs-Intervallen wurde auch der neue GTÜM-Tauchsportärztliche Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche vorgestellt. Dieser war von der GTÜM Arbeitsgruppe „Tauchmedizin im Kindes- und Jugendalter“ neu konzipiert worden und konnte bis auf den Anamneseteil weitgehend am Computer ausgefüllt werden. Das bedeutete bereits einen deutlichen Schritt in eine papierlose Dokumentation der Untersuchung. In den nachfolgenden Monaten wurde der Untersuchungsbogen auf Praktikabilität und Fehler hin getestet. Dabei zeigten sich einige kleinere Programmierfehler, aber auch, dass der Anamnesebogen elektronisch ausgefüllt werden sollte, da er sonst in der vollständigen Dokumentation leicht fehlen konnte. In der Praxis gestaltet sich das jetzt folgendermaßen: Der tauchsportärztliche Untersuchungsbogen wird von der GTÜM oder einer anderen Website heruntergeladen und abgespeichert. Als PDF-Datei kann er in der Regel in das Praxisprogramm übernommen werden. Wichtig ist, dass dabei die Fähigkeit zum Ausfüllen erhalten bleibt. Die Seite 1 (der Informations-Bogen) kann dem Patienten und seiner Familie vorab in einer nicht individualisierten Form in einer Schutzhülle zum Lesen gegeben werden. Der Anamneseteil 2.1 und 2.2 (Seite 2 und 3) kann auch vorab an den Patienten gegeben werden, muss dann aber später in die elektronische Form eingetragen werden. Einfacher geht es, wenn die Assistentin/

Referent

Dr. med. Christian Beyer •
FA Kinder- und Jugend- •
medizin •
Wandsbecker Markt- •
straße 69-71 •
D-22041 Hamburg •
c.beyer@gtuem.org •



der Assistent oder man selbst die Anamnese zügig durchführt und direkt einträgt. So ist es möglich, bereits bei der Anamnese eine Beziehung aufzubauen und das Kind/den Jugendlichen in seinem Verhalten kennen zu lernen. Alle Daten, wie Name, Vorname, Geburtsdatum, später dann Größe, Gewicht und weitere Daten werden jeweils auf die weiteren Seiten des Untersuchungsbogens automatisch übertragen. In der darauffolgenden körperlichen Untersuchung (der Kopf des Bogens ist bereits ausgefüllt) können individualisiert die einzelnen Befunde eingetragen werden oder ich kann zusammenfassend sagen, es ist alles in Ordnung. Hinzu kommen die Befunde aus der Lungenfunktion und dem EKG, sowie ggf. weitere Untersuchungsbefunde (Seite 4 und 5). In der Zusammenfassung kann ich bereits dann die Untersuchungsergebnisse beschreiben und festlegen ob

weitere fachärztliche Untersuchungen (hier wurde der Orthopäde neu eingefügt) erforderlich sind. Alle Einträge werden automatisch auf die Seite 6 mit der Zusammenfassung der Ergebnisse übertragen. In dem wichtigen Abschnitt mit den Informationen des Patienten und der Eltern über die Bedingungen dieser Untersuchung muss bei jeder Aussage einzeln angeklickt werden. Der Ort, das Datum und mögliche Einschränkungen werden direkt auf das Zertifikat übertragen. Die Seite 6 muss einmal ausgedruckt werden, damit der junge Taucher, die Sorgeberechtigten und die Ärztin bzw. der Arzt unterschreiben können (Ausnahme: Tablet mit elektronischer Unterschrift). Dieses Blatt muss anschließend wieder eingescannt werden. Bei einem positiven Ergebnis können Seite 1 (Informations-Bogen), Seite 6 (Unterschriftenblatt) und Seite 7 (Zertifikat) gleichzeitig ausgedruckt werden. Ich verkleinere das Zertifikat auf 65 % der Originalgröße, damit es leichter in das Logbuch passt. Es muss dann extra ausgedruckt werden. Wenn man sich mit dem Ablauf eingespielt

hat, ist es eine große Erleichterung, dass alle Daten die zu Beginn eingetragen werden, automatisch auf alle Blätter übertragen werden und nicht erneut ausgefüllt werden müssen. Hinzu kommt, dass jetzt die gesamte Dokumentation elektronisch durchgeführt werden kann. So wird auch aus juristischer Sicht dokumentiert, dass der Untersuchungsablauf jedes Mal identisch ist und entsprechend den Regeln der GTÜM durchgeführt wurde. Ich kenne weltweit keinen einzigen tauchsportärztlichen Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche der so einzigartig voll elektronisch ausgefüllt und in der Praxis Software dokumentiert werden kann. Vielleicht wird es in der Zukunft einmal eine GTÜM tauchsportärztliche Untersuchungs-App auf dem Smartphone geben (wie CovPass), auf die wir dann das Zertifikat elektronisch übertragen können.

Autoren: Dr. med. Christian Beyer, Dr. med. Anette Meidert

Tauchsportärztliche Untersuchung bei Kindern und Jugendlichen

Teil 2.1

Name: Vorname: Geburtsdatum:

Adresse: Tel:

Schulklasse: Kinder-Jugendarzt / Hausarzt:

Untersuchungsdatum:

Letzte Tauchsportärztliche-Untersuchung:

Sportliche Betätigung

Wie würdest Du Deine körperliche Fitness einordnen ?
 Sehr gut gut zufriedenstellend mäßig schlecht

Bist Du in einem Sportverein? Ja Nein
 Welche Sportart?
 Wie oft machst Du Sport ? Stunden pro Woche (ohne Schulsport)

Welches Schwimmaabzeichen hast Du?

Hast Du schon einen Tauchschein? Ja Nein
 Welchen?
 Wie viele Tauchgänge?
 Maximale Tiefe: m



Abbildung 1
Neuer GTÜM-Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche, Teil 2.1

WPW-Syndrom und Tauchsportärztliche Untersuchung im Kindes-Jugendalter



Referent

Dr. med. Christian Beyer •
FA Kinder- und Jugendmedizin •
Wandsbecker Markt-
straße 69-71 •
D-22041 Hamburg •
c.beyer@gtuem.org •

In der Kinder-Jugendkardiologischen Praxis sind paroxysmale supraventrikuläre Tachykardien auf der Grundlage akzessorischer Leitungsbahnen nicht selten. In Verbindung mit den tauchsportärztlichen Untersuchungen im Kindes-Jugendalter stellt sich deshalb die Frage, darf mein Kind mit einem WPW-Syndrom tauchen? Die Blick-Diagnose im EKG zeichnet sich aus durch eine Verkürzung der PQ Zeit auf $<$ bzw. $=$ 120 ms, Auftreten einer initialen Delta-Welle, Verbreiterung des QRS Komplexes auf $>$ bzw. $=$ 120 ms und sekundäre Repolarisationsstörungen der ST Strecke und T-Welle (Werte für Erwachsenen-EKG). Bei 50% der Kinder-Jugendlichen mit einer akzessorischen atrioventrikulären Leitungsbahn liegt keine Präexzitation vor („verborgene Leitungsbahn“). Nicht

nur bei Erwachsenen, sondern auch bei Kindern und Jugendlichen kann Vorhofflimmern-flattern auftreten, dass aufgrund der schnellen Überleitung bei kurzer Refraktärzeit der akzessorischen Bahn zu einem plötzlichen Herztod führen kann.

Was empfiehlt die Tauchmedizin bei einem WPW-Syndrom? In der GTÜM-Checkliste (2.Auflage, 2014) wird eine Tauchtauglichkeit bei seltenen kurzen Tachykardien ohne Symptomatik bescheinigt. Die Unterscheidung der relativen und absoluten Kontraindikationen soll über die Ergometrie geführt werden (kurze oder lange Refraktärzeit). Die SPUMS schreibt in Guidelines on Medical Risk Assessment for Recreational Diving (2020): Welche Taucher mit kardiovaskulären Problemen nicht tauchen sollten- „Paroxysmal arrhythmias causing unconsciousness or impairment of exercise capacity“. Diese Beurteilung ist bei Tauchern, die bewusstlos werden können, nachvollziehbar, auf eine Differenzierung der Tachykardien wird nicht eingegangen. In einer aktuellen Publikation von J.Krzyzak und K. Korzeniewski von 2021 Medical assessment of fitness to dive. Part I. Unter dem Stichwort WPW-Syndrom wird darauf hingewiesen, dass es bei paroxysmalen Tachykardien zu Bewusstlosigkeit kommen kann und deshalb eine absolute Kontraindikation besteht. Nur wenige Zeilen unter diesem klaren Statement wird es plötzlich aufgeweicht und eine Tauchtauglichkeit für Individuen unter 35 Jahren, ohne Bewusstlosigkeit während eines tachykarden Anfalls, ohne Medikation und ohne Tachykardie Anfall in den letzten 6 Monaten bescheinigt. Es verwundert, dass immer nur auf Bewusstlosigkeit eingegangen wird. Ich habe mehrere Patienten mit paroxysmalen Tachykardien gefragt, wie es wäre, wenn sie

diese unter Wasser bekämen. Alle haben mir gesagt, dass sie in Panik geraten würden. Ich halte deshalb dieses Risiko, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen, für wesentlich höher und die erste durch eine paroxysmale Tachykardie ausgelöste Panikattacke unter Wasser kann die letzte sein. Im Vortrag wird auf mehrere Fallbeschreibungen eines plötzlichen Herztodes als erstes Symptom bei WPW-Syndrom hingewiesen. In der Multicenter Studie von Susan P. Etheridge et al. (2018) „Life Threatening Event Risk in Children With Wolff-Parkinson-White-Syndrome“ wird u.a. gezeigt, dass ein lebensbedrohliches Ereignis (LTE) das erste Symptom sein kann. In einer Studie von Carlo Pappone et al. (2004) „Radiofrequency Ablation in Children with Asymptomatic Wolff-Parkinson-White-Syndrome“ wird berichtet, dass bei asymptomatischen Kindern, bei denen eine Leitungsbahn mit hohem Risiko in der elektrophysiologischen Untersuchung festgestellt wurde, in den nächsten 2 Jahren bei 50 % der Kinder mit einer Leitungsbahn und bei 100 % der Kinder mit mehreren Leitungsbahnen eine Tachykardie auftrat. In der Langzeit-Follow up-Studie von V. Santinelli (2009) wird aufgezeigt, dass von 184 Kindern 19 Kinder eine potenziell lebensbedrohliche Arrhythmie entwickelt haben. Dabei kam es bei 3 Patienten zu einem Herzstillstand. Vor 30-40 Jahren gab es mehrere Publikationen, die beschrieben, dass bei Verschwinden der Deltawelle unter Belastung oder bei einem intermittierenden WPW-Syndrom oder bei Beeinflussung durch Gabe einer Klasse IA Anti-Arrhythmischen Medikation eine nicht gefährliche akzessorische Leitungsbahn vorliegt. Auf diese Studien stützen sich auch heute noch viele Beurteilungen. Demgegenüber haben die Studien von Kiger ME et al. (2016), Mah DY et al. (2013) und Escudero CA et al. (2016 und 2020) gezeigt, dass eine persistierende Präexzitation, eine intermittierende Präexzitation oder ein Verlust der Präexzitation unter Belastung oder im Holter-EKG keinen Unterschied in der Prävalenz für eine akzessorische Leitungsbahn mit hohem Risiko darstellen. In einer prospektiven Studie über 8 Jahre von Pappone C et al (2014) „Wolff-Parkinson-White Syndrome in the Era of Catheter Ablation“ werden zwei Gruppen von Patienten beschrieben. Davon 1168 Patienten mit Ablation und 1001 Patienten ohne Ablation. In der Gruppe ohne Ablation waren 550 Patienten ohne Symptome.

Im Studien-Zeitraum entwickelten 15 Patienten, davon 13 Kinder mit einem Altersmedian von 11 Jahren, ein Kammerflimmern. In der Gruppe mit Ablation war der Ablations-Erfolg 98.5%. Es trat kein Kammerflimmern auf.

Bei einer asymptomatischen Präexzitation sollte die Entscheidungsfindung PRO-Ablation auf der Grundlage aktueller Leitlinien, individualisiert entsprechend dem Patientenwunsch und unter der Berücksichtigung individueller persönlicher (!) und institutioneller Erfahrung stattfinden. Die einzigen wirklich belastbaren Risiko-Marker können nur durch eine elektrophysiologische Untersuchung gewonnen werden. Während der Untersuchung können bei der Entscheidungsfindung noch risikoträchtige Lokalisationen (para-nodale, para-hissäre, epikardiale akzessorische Bahnen) mitberücksichtigt werden.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass bei asymptomatischen Kindern und Jugendlichen mit einem WPW-Syndrom der plötzliche Herztod das erste Symptom sein kann. Frühere Kriterien zur Unterscheidung einer „malignen“ von einer „benignen“ akzessorischen Leitungsbahn sind nicht mehr aktuell. Die einzige Methode die „Malignität“ einer akzessorischen Leitungsbahn zu beurteilen, ist die elektrophysiologische Untersuchung. In einem erfahrenen Zentrum für Elektrophysiologie beträgt die Erfolgsrate ca. 98% bei extrem geringer Komplikationsrate. Nach meiner Meinung ist bei einem asymptomatischen WPW-Syndrom im Kindes-Jugendalter eine Tauchtauglichkeit nicht gegeben. Eine erste paroxysmale Tachykardie könnte zu einer Panik-Attacke mit unkontrolliertem Aufstieg führen. Es sollte eine ausführliche kinder-kardiologische Beratung durchgeführt werden. Erst nach einer elektrophysiologischen Untersuchung (wahrscheinlich mit Ablation) in einem erfahrenen Zentrum kann nach 6-9 Monaten eine Tauchtauglichkeit ausgestellt werden.

Ich danke Herrn Dr.med. Joachim Hebe /Elektrophysiologie Bremen für die Überlassung mehrerer Bilder („Folien“) aus einem Vortrag von ihm zum Thema.

Literatur

1. Escudero CA et al., Intermittent Pre-excitation in Wolff Parkinson White Syndrome Does Not Convey Low Risk. Circulation November 11, 2016; Vol 134, Issue Suppl 1, Abstract 18170
2. Escudero CA et al., Loss of ventricular pre-excitation during noninvasive testing does not exclude high-risk accessory pathways: A multicenter study of WPW in children. Heart Rhythm. 2020, Oct;17 (10): 1729-1737.
3. Etheridge Susan P. et al, Life Threatening Event Risk in Children With Wolff-Parkinson-White-Syndrom, JACC 2018, Vol.4, No.4.
4. Checkliste Tauchtauglichkeit, 2. Auflage, 2014, Gentner Verlag
5. Kiger ME et al, Intermittent versus Persistent Wolff-Parkinson-White Syndrome in Children: Electrophysiologic Properties and Clinical Outcomes. Pace, Vol 39, Issue 1, January 2016, P 14-20.
6. J. Krzyzak, K. Korzeniewski. Medical assessment of fitness to dive. Part I., Int Marit Health, 2021;72,1:36-45
7. Mah DY et al. The electrophysiological characteristics of accessory pathways in pediatric patients with intermittent preexcitation. Pacing Clin Electrophysiol 2013;36:1117-22.
8. Pappone C et al , Radiofrequency Ablation in Children with Asymptomatic Wolff-Parkinson-White-Syndrom. N Eng J Med ;351 :1197-205.
9. Pappone C et al, Wolff-Parkinson-White Syndrom in the Era of Catheter Ablation. Circulation 2014 :130 :811-819.
10. The SPUMS diving medical 2020, Guidelines on Medical Risk Assessment for Recreational Diving 2020, South Pacific Underwater Society Incorporated.

Nachrufe



David H. Elliott Im Januar 2022 starb Professor David H. Elliott mit 89 Jahren in seiner Heimat Großbritannien. David Elliott begann seine tauch(medizinische) Karriere in der Royal Navy als ausgebildeter „Mine Clearance Diver“ mit O₂-Kreislaufgerät, semiclosed Nitrox-Rebreather und HeliOx-Tauchgängen bis 150 mWT, und beendete sie als Naval Consultant in Diving Physiology and Medicine. Bei „Shell UK“ war er danach als Chief Medical Officer letztverantwortlich für die gesamte Medizin im Upstream- und Downstream-Bereich mit besonderem Schwerpunkt auf das Sättigungstauchen in der Nordsee. Schließlich war er bei „Shell International Exploration and Production“ als „Group Adviser in Diving“ verantwortlich für die Entwicklung von Sicherheitsstandards. Diese Erfahrungen brachte er engagiert in seine aktive Mitarbeit in UHMS, EUBS, EDTC und DMAC ein. Gemeinsam mit Peter B. Bennett editierte er zwischen 1969 und 1993 insgesamt 4 Auflagen von „Physiology and Medicine of Diving“, DEM Standardwerk der Tauchmedizin.



Alf O. Brubakk Im April 2022 starb Professor Alf Ottar Brubakk im Alter von 81 Jahren in seinem Heimatland Norwegen. Alf Brubakk war Arzt und Dekompressionsphysiologe, als Professor of Environmental Physiology leitete er viele Jahre die Abteilung für Physiologie und Biomedizinische Technologie an der Norwegischen Universität für Wissenschaft und Technik in Trondheim. 2003 editierte er gemeinsam mit Tom S Neuman die 5. Auflage von „Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving“ (...Standardwerk der Tauchmedizin). Von 2006 bis 2009 war er Präsident der EUBS, hier war er sehr erfolgreich treibende Kraft bei der internationalen Aufwertung von „Diving and Hyperbaric Medicine“ (DHM), dem Periodical von EUBS und SPUMS. Aufgrund seines Studiums in Gießen sprach Alf Brubakk fließend Deutsch. Als international anerkannter Experte war er an den ersten Versionen der Leitlinie Tauchunfall der GTÜM persönlich beteiligt.



Peter B. Bennett Im Juni 2022 starb der gebürtige Brite Professor Peter B. Bennett mit 91 Jahren in seiner Wahlheimat USA. Peter Bennett war Anästhesist und Zellbiologe, Executive Director des F G Hall Hyperbaric Center an der Duke University in Durham, North Carolina, USA. Er war Gründungsmitglied der „Undersea Medical Society“ (UMS, jetzt UHMS) und Gründer und Präsident von „Divers Alert Network“ (DAN) und installierte 1982 die erste USA-weite Taucher-Hotline für Notfälle. Gemeinsam mit David H. Elliott editierte er zwischen 1969 und 1993 4 Auflagen von „Physiology and Medicine of Diving“ (...Standardwerk der Tauchmedizin). In Deutschland war Peter Bennett vor allem in den 1980er Jahren maßgeblich an den Tieftauchrekorden im „Geesthachter Unterwasser-Simulator“ (GUSI) bei der GKSS in Geesthacht beteiligt.

Veranstaltungen der Fachgesellschaften

SPUMS 50th Annual Scientific Meeting 2023



Termin: 04.06. - 09.06.2023
Tagungsort: Crystal Brook Riley Hotel, Cairns, Australia
Veranstalter: South Pacific Underwater Medicine Society

Anmeldung: <https://www.spums.au/index.php/asm-registration>

Anerkannt als Refresher-Veranstaltung mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa und als Kongress für GTÜM- und ÖGTH-Diplome IIb, IIc und III



2023 UHMS/ASMA Conjoint Annual Scientific Meeting

Termin: 15.06. - 18.06.2023
Tagungsort: Sheraton San Diego Hotel & Marina, San Diego, USA
Veranstalter: Undersea and Hyperbaric Medical Society

Anmeldung: <https://www.uhms.org/winter-symposium-on-hyperbaric-and-wound-management/meetings/uhms-directly-provided-meeting/annual-scientific-meeting.html>

Anerkannt als Refresher-Veranstaltung mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa und als Kongress für GTÜM- und ÖGTH-Diplome IIb, IIc und III



EUBS Annual Scientific Meeting 2023

Termin: Termin noch offen
Tagungsort: Porto, Portugal
Veranstalter: European Underwater and Baromedical Society

Anmeldung: <https://eubs2023.com/>

Anerkannt als Refresher-Veranstaltung mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa und als Kongress für GTÜM- und ÖGTH-Diplome IIb, IIc und III

Kursangebote

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

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

Universität Halle (Saale)

Kontakt: OÄ Dr. Annett Seiffart
 Universitätsklinikum Halle
 Klinik f. Anästhesie u. operative Intensiv
 medizin
 Hyperbare Oxygenation
 Ernst-Grube-Str. 40, FG 15 U02
 D-06120 Halle (Saale)
 Tel.: 0345/5574350
hbo@uk-halle.de

Thema: Druckkammerbedienerkurs
 Termin: 11.11. - 13.11.2022 und
 19.11. - 20.11.2022
 Ort: Halle (Saale)

DLRG Tauchturm Berlin

Kontakt: Dr. Wilhelm Welslau
 Dornbacher Straße 17
 A-1170 Wien
 Tel.: +43 (699) 18442390
taucherarzt@gmx.at
www.taucherarzt.at

Thema: Tauchmedizin-Refresher (16 UE)
 Termin: 17.09. - 18.09.2022
 Ort: Berlin

Universität Düsseldorf

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

Thema: Tauchmedizin-Refresher (16 UE)
 Termin: 14.01. - 15.01.2023
 Ort: Düsseldorf

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
 Termin: 18.11. - 20.11.2022
 Ort: Düsseldorf

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
 Termin: 10.02. - 12.02.2023
 Ort: Düsseldorf

HBO-Zentrum Euregio Aachen

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

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
 Termin: 04.11. - 06.11.2022
 Ort: Aachen

Thema: Tauchmedizin-Refresher (16 UE)
 Termin: 19.11. - 20.11.2022
 Ort: Aachen

Druckkammerzentrum Rhein-Main-Taunus

Kontakt: Druckkammerzentrum Rhein-Main-Taunus
Schiersteinerstr. 42
65187 Wiesbaden
www.diedruckkammer.de/fuer-aerzte/

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 31.10. - 02.11.2022
Ort: online-Kurs

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Tauchmedizin
Termin: 03.11. - 09.11.2022
Ort: online und Wiesbaden (Hybrid-Kurs)
Thema: GTÜM-Kurs IIb - Hyperbarmedizin
Termin: 11.11. - 18.11.2022
Ort: online und Wiesbaden (Hybrid-Kurs)

St. Josef Klinik Regensburg

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

Thema: GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 06.01. - 08.01.2023
Ort: Regensburg

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Tauchmedizin
Termin: 01.10. - 06.10.2023
Ort: Regensburg

taucherarzt.at – Wien

Kontakt: Dr. Wilhelm Welslau
Dornbacher Straße 17
A-1170 Wien
Tel.: +43 (699) 18 44-23 90
taucherarzt@gmx.at
www.taucherarzt.at

Thema: Tauchmedizin-Refresher (16 UE)
Termin: 24.09.-25.09.2022
Ort: Wien

Thema: ÖGTH/GTÜM-Kurs I - Tauchtauglichkeit
Termin: 14.10. - 16.10.2021
Ort: Wien

Thema: GTÜM-Kurs IIa - Tauchmedizin
Termin: 17.11. - 20.11.2022 (Teil 1) und
08.12. - 11.12.2022 (Teil 2)
Ort: Wien

Zertifizierte Veranstaltungen

Tauchmedizin-Seminar inkl. Refresher

Termin: 10.-17.09.2022
Tagungsort: Mallorca, Santa Ponsa
Nähere Auskünfte: Gunter Schendel, Tel.: +49 172 3838656,
seminar@tauchfreunde-lahndill.de

anerkannt mit 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa

16. Tauchmedizin-Workshop Malediven

Termin: 05.-11.02.2023
Tagungsort: M/S Nautilus Two, Malediven

Nähere Auskünfte: <https://www.taucherarzt.at>

anerkannt mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa

17. Tauchmedizin-Workshop Malediven

Termin: 11.-17.02.2023
Tagungsort: M/S Nautilus Two, Malediven
Nähere Auskünfte: <https://www.taucherarzt.at>

anerkannt mit 16 UE für GTÜM- und ÖGTH-Diplome I und IIa

Tauchertage 2023

Termin: 16.-17.04.2023
Tagungsort: Erding
Nähere Auskünfte: www.taucher-tage.de, tauch@t-online.de

anerkannt mit 10 UE für GTÜM-Diplome I und IIa

18. Intensivseminar Tauchunfall

Termin: 09.-10.06.2023
Tagungsort: Regensburg
Nähere Auskünfte: Hubertus Bartmann, Traubenweg 6, D-93309 Kehlheim, Tel.: +49 (0) 9441 4222,
Fax: +49 (0) 9441 4230, tauch@t-online.de,
Anmeldung: www.tauch-unfall.de

anerkannt mit 16 UE für GTÜM-Diplome I und IIa

Kontaktadressen GTÜM

Stand 01.07.2022

Engerer Vorstand

Präsident

PD Dr. med. Lars Eichhorn, MSc
Helios Klinikum Bonn/Rhein-Sieg
Von-Hompesch-Str. 1
D-53123 Bonn
Tel.: +49 (0)228 6481 11361
(Sekretariat)
gtuem@gtuem.org

Vize-Präsident

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

Sekretär

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

Schatzmeisterin

Dr. med. Karin Hasmler
Anästhesistin
BG - Unfallklinik Murnau
Prof.-Küntscher-Strasse 8
D-82418 Murnau
Tel.: +49 (0)88 41-48 2709
gtuem@gtuem.org

Erweiterter Vorstand

Redakteur CAISSON

Dr. med. Wilhelm Welslau
Arbeitsmediziner
Dornbacherstrasse 17
A-1170 Wien
Tel.: +43 (699)18 44-23 90
Fax: +43 (1)944-23 90
caisson@gtuem.org

Beisitzer

Dr. med. Peter Ahrens
Facharzt f. Kinder- Jugendmedizin
Straßenfeld 2
D-23569 Lübeck
gtuem@gtuem.org

Dr. med. Andreas Fichtner, MME
Leiter Notfall- & OP-Management
Kreiskrankenhaus Freiberg gGmbH
Donatsring 20
D-09599 Freiberg
Tel.: +49 (0)3731-772198
gtuem@gtuem.org

Prof. Dr. med. Björn Jüttner
Anästhesist
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Straße 1
D-30625 Hannover
Tel.: +49 (0)176-15 32 36 89
gtuem@gtuem.org

Till Klein
Klinik für Operative Intensivmedizin und
Intermediate Care, Uniklinik RWTH Aachen
HBO-Zentrum Euregio Aachen
Kackertstraße 11, 52072 Aachen
Tel: +49-(0) 241/84044
Fax: +49-(0) 241/8793494
gtuem@gtuem.org

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

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

Vorsitzender des VDD e.V.

Dr. med. Claus Müller-Kortkamp
HNO-Arzt
Seilerstr. 7
29614 Soltau
Tel.: +49 (0)5191-986016
info@vdd-hbo.de

Ansprechpartner

Geschäftsstelle GTÜM

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

Druckkammer-Liste

Dr. med. Ulrich van Laak
DAN Europe Deutschland
Eichkoppelweg 70
D-24119 Kronshagen
Tel.: +49 (0)4 31-54 42 87
Fax: +49 (0)4 31-54 42 88
gtuem@gtuem.org

Forschung

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

Leitlinien-Beauftragter

Prof. Dr. med. Björn Jüttner (s.o.)

Literatur-Datenbank

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

Recht

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

Tauchmedizin

Prof. Dr. med. Kay Tetzlaff (s.o.)
Dr. med. Peter Ahrens (s.o.)
(Dr. Ahrens nur für Kinder und
Jugendliche)

Webmaster

Müller, Oliver (s.o.)

Weiterbildung

Dr. med. Andreas Fichtner (s.o.)
(Diplome)
Prof. Dr. Claus-Martin Muth (s.o.)
(Veranstaltungen/Kurse)

HAUX-QUADRO Systems: Innovations for HBO Technology



HAUX-LIFE-SUPPORT GmbH
Auf der Hub 11-15
DE-76307 Karlsbad, Germany

Tel.: +49-(0)7248 9160-0
info@hauxlifesupport.de
www.hauxlifesupport.de



Ausbildung & Refresher-Kurse

Tauchmedizin-Ausbildung seit 2004 mit internationaler Anerkennung



Praxis Attersee (Kurs IIa)



Druckkammer (Workshop, Malediven)



Workshop, Nautilus Two, Notfallübung

unsere nächsten Termine

- Refresher (16 UE)** - Berlin, 17.-18.09.2022
- Refresher (16 UE)** - Wien, 24.-25.09.2022
- Kurs I** - Wien, 14.-16.10.2022
- Kurs IIa** - Wien, 17.-20.11.2022 (Teil 1) & 08.-11.12.2022 (Teil 2)
- Workshop Malediven** - 05.-11.02.2023
- Workshop Malediven** - 11.-17.02.2023

Einzelheiten & aktuelle Kurse: www.taucherarzt.at. Fragen bitte an: taucherarzt.at@gmx.at

über 50 Kurse in den letzten 18 Jahren. Deutschland, Österreich, Thailand, Malediven > 1000 Absolventen aus: Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien, Luxemburg, Niederlande, GB, Malediven, Thailand...

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

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



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



Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin

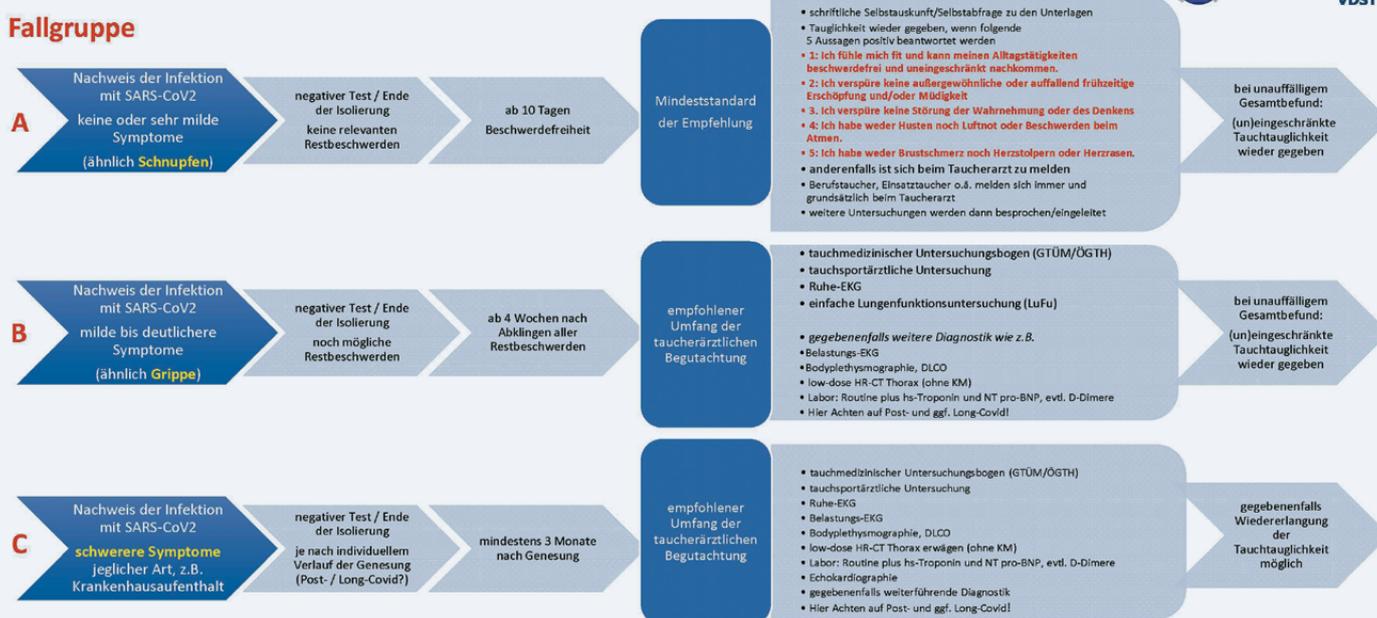
Empfehlungen zur (Wieder)Erteilung der Tauchtauglichkeit nach stattgehabter Infektion mit SARS-CoV2



DLRG



Fallgruppe



Stand Juli 2022, III. Quartal/22