



# SUHMS

SWISS UNDERWATER AND HYPERBARIC MEDICAL SOCIETY  
SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR UNTERWASSER- UND HYPERBARMEDIZIN  
SOCIÉTÉ SUISSE DE MÉDECINE SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE  
SOCIETÀ SVIZZERA DI MEDICINA SUBACQUEA E IPERBARICA

e-mail: [suhms@datacomm.ch](mailto:suhms@datacomm.ch)

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

## Leitlinie Tauchunfall

verfasst von Frank Hartig (Vorsitz),  
Wolfgang Förster, Wolfgang Hühn, Peter Knessl, Konrad Meyne,  
Volker Warninghoff und Wilhelm Welslau

erstellt am 20.03.2011 - gültig bis Oktober 2014

## Inhalt

### Leitlinie Tauchunfall

Vorbemerkungen	Seite 2
<b>Definition</b>	Seite 3
<b>Erste Hilfe am Unfallort</b>	Seite 5
- Schwere Symptome: Erste Hilfe durch medizinische Laien	Seite 5
- Schwere Symptome: Erste Hilfe durch medizinisches Personal	Seite 8
<b>Transport zum Behandlungszentrum oder Druckkammer (Primärtransport)</b>	Seite 11
<b>Erste Druckkammer-Behandlung</b>	Seite 12
<b>Weitertransport zum Behandlungszentrum (Sekundärtransport)</b>	Seite 14
<b>Druckkammer-Folgebehandlungen</b>	Seite 15
<b>Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall</b>	Seite 16
Wichtige Weblinks	Seite 17
Relevante Fachliteratur	Seite 17
Abkürzungen und Fachbegriffe	Seite 20

### Anlagen

1 Kurzfassung der Leitlinie	Seite 22
2 Blockgrafik „Systematik der Tauchunfälle“	Seite 28
3 Flussdiagramm „Tauchunfall-Management“	Seite 29
4 Tabelle "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen"	Seite 30
5 Tabelle "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen"	Seite 31
6 Checkliste „5 Minuten Neurocheck“ (DAN Europe)	Seite 32
7 Flussdiagramm „Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfall“	Seite 34
8 Leitlinien-Erklärung	Seite 35

## Vorbemerkungen

### Verantwortlichkeit

Verantwortlich für die Leitlinie ist die Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. (GTÜM), vertreten durch ihren Vorstand. Die Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit den Schwestergesellschaften der GTÜM, der Österreichischen Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin (ÖGTH) und der Schweizerischen Gesellschaft für Unterwasser und Hyperbarmedizin (SUHMS). Die Entwicklung erfolgte ohne Unterstützung durch Dritte.

### Autoren

Die Leitlinie wurde durch eine Expertengruppe unter der Leitung von Dr. med. Frank Hartig (Österreich) als „Leitlinie der Stufe 1“ gemäß den Methodischen Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“ der deutschen Arbeitsgemeinschaft Medizinisch-wissenschaftlicher Fachgesellschaften (AWMF, Stand 02/2000), erstellt. Mitglieder der Expertengruppe waren: Dr. med. Konrad Meyne (Deutschland), Dr. med. Volker Warninghoff (Deutschland), Dr. med. Wolfgang Hühn (Deutschland), Dr. med. Wolfgang Förster (Deutschland), Dr. med. Peter Knessl (Schweiz), Dr. med. Wilhelm Welslau (Deutschland/Österreich).

### Evidenzeinstufung

Zur in Stufe 1 erstellten Leitlinie wurde in Stufe 2 nach AWMF (Methodische Empfehlungen, siehe oben) am 18.3. und 20.3.2011 auf einer Konsensuskonferenz im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung von GTÜM, ÖGTH und SUHMS in Regensburg beraten. Die Expertengruppe aus Stufe 1 stellte die Leitlinie vor. Als Steuergremium für die Stufe 2 fungierte eine international besetzte Jury unter dem Vorsitz von Dr. med. Ulrich van Laak (Deutschland). Mitglieder: Prof. Dr. med. Alf O. Brubakk (Norwegen), Dr. med. Claudio Camponovo (Schweiz), Dr. med. Rob van Hulst (Niederlande), PD Dr.med. Andreas Koch (Deutschland), Dr. med. Peter Müller (Deutschland), Dr. med. Roswitha Prohaska (Österreich) sowie Dr. med. Wilhelm Welslau als korrespondierendes Mitglied der Expertengruppe der Stufe I ohne Stimme.

Die vorliegende Leitlinie basiert auf der 2002 erstmals erstellten und 2005 und 2008 überarbeiteten „Leitlinie Tauchunfall“. Nähere Einzelheiten sind der Leitlinien-Erklärung zu entnehmen (siehe Anlage 8). Da keine Studien der Evidenzklasse 1 zwischenzeitlich neu veröffentlicht wurden, wurde die Leitlinie entsprechend den methodischen Empfehlungen der AWMF erneut auf einer Konsensuskonferenz beraten.

### Gültigkeit

Die Leitlinie wurde in Stufe 2 am 20.03.2011 durch die Jury und das Fachpublikum der Konsensuskonferenz approbiert. Sie ist bis 2014 gültig und ist spätestens in 3 Jahren erneut zu überarbeiten.

### Ziele

Die Leitlinie soll eine Hilfe für medizinische Entscheidungsprozesse im Rahmen der Versorgung der Patienten darstellen. Im Rahmen der Qualitätssicherung stellt sie eine qualitativ hochstehende medizinische Versorgung auch unter dem Gesichtspunkt ökonomischer Zwänge dar.

Sie gibt Informationen und Instruktionen über den aktuellen Stand der medizinischen Erkenntnisse zum Tauchunfall und zu treffenden Maßnahmen:

- In der Ersten Hilfe durch medizinische Laienhelfer, medizinisches Fachpersonal und Ärzte
- In den Prinzipien der Rettungskette und des Transports verunfallter Taucher
- In der ersten definitiven Therapie von Tauchunfällen
- In der weiteren medizinischen Versorgung von Tauchunfällen

Zielgruppen der Leitlinie sind:

- Alle Taucher, insbesondere alle Tauchausbilder und andere geschulte Laienhelfer
- Erstbehandelnde Ärzte und Notärzte, sowie Rettungsorganisationen
- Ärzte an therapeutischen Druckkammern

### **Anwendbarkeit**

Bei jedem Zweifel an der Anwendbarkeit der Leitlinie ist im Einzelfall der Rat eines Experten (d. h. eines erfahrenen Taucherarztes) einzuholen. In der Leitlinie wird dies explizit bei der Ersten Hilfe durch medizinische Laien, der Ersten Hilfe durch medizinisches Personal, der ersten Druckkammerbehandlung und bei der Frage der Tauchtauglichkeit nach einem Tauchunfall genannt.

### **Nationale Anpassung**

In Österreich und in der Schweiz müssen Behörden und Organisationen gesondert eingebunden werden. Dies geschieht in der Verantwortung der ÖGTH (Österreich) sowie der SUHMS (Schweiz) und wird an dieser Stelle nicht ausgeführt. Die nationale Anpassung gilt auch für Übersetzungen in andere Landessprachen.

### **Kommentarkästchen**

Kommentarkästchen enthalten erklärende oder ergänzende Zusatzinformation.

## **Definition**

Gesundheitliche Zwischenfälle beim Tauchen können unterschiedliche Ursachen haben, die nicht notwendigerweise mit der hyperbaren Exposition in Verbindung stehen müssen. Grundsätzlich sollte jedoch zunächst von einem Tauchunfall ausgegangen werden. Ein „Tauchunfall“ im Sinne dieser Leitlinie ist ein potentiell lebensbedrohliches Ereignis, hervorgerufen durch Abfall des Umgebungsdruckes beim Tauchen mit und ohne Tauchgerät in der sogenannten Dekompressionsphase. Er ist gekennzeichnet durch die Bildung freier Gasblasen in Blut und Geweben. Aus diesen Vorgängen kann eine Dekompressions-Erkrankung entstehen. Sie wird englisch als „Decompression Illness“, „Decompression Incident“ oder „Decompression Injury“ bezeichnet, die international übliche Abkürzung hierfür ist „DCI“. Im deutschen Sprachgebrauch wird auch die Bezeichnung Dekompressions-Unfall verwendet. Tauchunfälle können abhängig vom Entstehungsmechanismus in Dekompressions-Krankheit (englisch „Decompression

Sickness“, Abkürzung „DCS“) und arterielle Gasembolie (englisch „Arterial Gas Embolism“, Abkürzung „AGE“) unterschieden werden (siehe Anlage 2 "Systematik der Tauchunfälle").

Die DCI tritt nach längerem Aufenthalt im Überdruck und entsprechender Inertgas-Aufsättigung auf. Hierzu wird weltweit eine für medizinische Laien gedachte Einteilung in „Milde Symptome“ und „Schwere Symptome“ verwendet (siehe Anlage 3 „Tauchunfall-Management“).

***Kommentar zu den älteren DCI Einteilungen:***

*In früheren Leitlinien wurden weitere Klassifizierungen verwendet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden sie in der Leitlinie nicht genannt. So wurde klassisch in die „DCS Typ I“ mit dem Leitsymptom „muskuloskelettale Schmerzen“ und die „DCS Typ II“ mit dem Leitsymptom „neurologische Symptomatik“ unterschieden.*

*Die AGE ist typischerweise die Folge eines Lungen-Barotraumas mit Überdehnung oder Riss von Lungengewebe. Ursächlich ist ein ungenügendes Entweichen von Luft aus der Lunge während der Reduktion des Umgebungsdrucks beim Aufstieg. Als Nebenefunde sind ein Pneumothorax und/oder ein Mediastinalemphysem möglich.*

*Darüber hinaus kann es bei massiver Blasenbildung auf der venösen Seite durch verschiedene Shunt-Mechanismen zu einem Übertritt von Gas ins arterielle System kommen, zum Beispiel durch ein persistierendes Foramen ovale (Abkürzung „PFO“) oder direkte transpulmonale Passage von Gasbläschen.*

*Klinisch sind DCS Typ II und AGE in vielen Fällen nicht differenzierbar, aufgrund sich überlappender Symptomatiken sind andere medizinische Differentialdiagnosen ebenso ausreichend mit zu betrachten, ggf. auszuschließen (Infarkte, Apoplex, Aspiration, Panik, Kreislaufdysfunktionen, etc.). (siehe Anlage 4 "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen" und Anlage 5 "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen").*

# Erste Hilfe am Unfallort

Bei Tauchunfällen sind Ersthelfer in der Regel die Tauchpartner, Sicherungstaucher, Tauchgruppenführer und Tauchausbilder.

Der Erfolg der Erste-Hilfe-Maßnahmen und der weiteren Behandlung hängt entscheidend davon ab, dass die geschulten Ersthelfer schnell und richtig handeln. Nur dann können die in dieser Leitlinie angegebenen Maßnahmen auch wirkungsvoll durchgeführt werden. Voraussetzungen hierfür sind:

- a) Eine entsprechende Ausbildung aller Taucher,
- b) Vorhandensein einer auf die Tauchgangs-Planung angepassten Notfallausrüstung
- c) Ein Tauchnotfallplan und
- d) Sichere Kommunikationsmittel (zum Beispiel Mobiltelefon und Telefonnummern).

Tauchpartner können im Verlauf ebenso symptomatisch werden. Sie sollten bzgl. milder oder schwerer Symptome beobachtet werden.

Die Verdachtsdiagnose Tauchunfall ist bei Vorliegen folgender Voraussetzungen wahrscheinlich:

- Es wurde zuvor aus einem Tauchgerät unter Wasser geatmet, unabhängig von dem verwendeten Atemgas / der Atemgas-Mischung (eventuell nur ein Atemzug) *oder*
  - Es wurde zuvor aus einer Luftansammlung unter Wasser geatmet (zum Beispiel Wrack oder Höhle) *oder*
  - Es wurden zuvor Apnoe-Tauchgänge durchgeführt (in der Regel mehrere tiefe Tauchgänge)
- und*
- Es liegt/liegen eines/mehrere der folgenden Symptome vor:

## Milde Symptome

- Auffällige Müdigkeit,
- Hautjucken („Taucherflöhe“)

mit kompletter Rückbildung innerhalb von 30 Minuten nach Einleiten der spezifischen Erste-Hilfe-Maßnahmen.

## Maßnahmen bei milden Symptomen

- Sofortige Atmung von 100% Sauerstoff, unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasmisch,
- Trinken lassen, 0,5 - 1 Liter (keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke),
- Schutz sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung
- Überprüfung von Bewusstsein, Bewegungsfähigkeit und Wahrnehmung (siehe Anlage 6 „DAN 5 Minuten-Neurocheck“),
- Dokumentation des Tauchunfallverlaufs und der Maßnahmen

- Keine nasse Rekompensation!
- 100% Sauerstoffatmung fortführen, auch wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten.; Taucherarzt verständigen (siehe Telefonhotline Box Seite 7), 24 Stunden beobachten,
- Wenn noch Symptome nach 30 Minuten oder zusätzlich schwere Symptome: wie schwere Symptome behandeln (s. Seite 8).
- Taucherärztliche Telefonberatung:

***Taucherärztliche Telefonberatung***

Der tauchmedizinisch geschulte Arzt sollte insbesondere beraten, ob eine Druckkammerbehandlung erforderlich und wie dringlich diese ist. Medizinische Laien und auch Ärzte ohne tauchmedizinische Ausbildung sind damit meist überfordert.

Schnellstmögliche Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen abzustimmen, zum Beispiel:

- Nationale DAN-Hotline für die Schweiz (via REGA):  
+41 333 333 333 (oder 1414 für Anrufe innerhalb der Schweiz)

Bei allen Telefonnummern Kennwort „Tauchunfall“ angeben.

Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM unter <http://www.gtuem.org>.

**Schwere Symptome**

Bei Auftreten von Symptomen noch unter Wasser oder Vorliegen von anderen Symptomen wie

- Hautflecken und -veränderungen,
- Schmerzen,
- Ameisenlaufen,
- Körperliche Schwäche,
- Taubheitsgefühl,
- Lähmungen,
- Atembeschwerden,
- Seh-, Hör-, Sprachstörungen,
- Schwindel,
- Übelkeit,
- Bewusstseinsstörungen,
- Bewusstlosigkeit.
- Fortbestehen milder Symptome über 30 min trotz Sauerstoff-/Flüssigkeitsgabe

## Schwere Symptome: Erste Hilfe durch Laien

### Herz-Lungen-Wiederbelebung

Falls erforderlich, entsprechend aktueller ERC- oder AHA-Empfehlungen.

Beim bewusstlosen Taucher ohne erkennbare Eigenatmung empfehlen ERC und AHA initiale Beatmungen.

### Tauchunfallspezifische erste Hilfe

- Lagerung
  - Bei Bewusstseinsstörung Seitenlage
  - Sonst Rückenlagerung
  - Keine Kopftieflagerung
- Atmung von 100% Sauerstoff (schnellstmöglicher Beginn und unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasmisch):
  - Bei ausreichender Eigenatmung unabhängig vom Bewusstseinszustand Atmung von 100% Sauerstoff (Abkürzung „O<sub>2</sub>“) über dicht abschließende Maske / Atemregler (auf Einbeziehung / Abdichtung der Nase achten) mit:
    - a) Demand-Ventil oder
    - b) Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid (Abkürzung „CO<sub>2</sub>“),
    - c) Gegebenenfalls über Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) mit Reservoirbeutel und Rückschlagventilen, wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen.
  - Bei unzureichender Eigenatmung Masken-Beatmung mit 100% O<sub>2</sub>-Zufuhr über:
    - a) Beatmungsbeutel mit O<sub>2</sub>-Reservoir und O<sub>2</sub>-Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) oder
    - b) Beatmungsbeutel mit 100% O<sub>2</sub> Demand-Ventil oder
    - c) Kreislauf-System mit CO<sub>2</sub>-Absorber.
  - Die Atmung von 100% Sauerstoff muss auch vom Rettungsdienst ohne Pause bis zum Erreichen der Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden.
  - Auch bei sehr begrenztem O<sub>2</sub>-Vorrat soll O<sub>2</sub> immer in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute.
- Flüssigkeitsgabe
  - Bewusstseinsklare Taucher 0,5-1 Liter Flüssigkeit/Stunde trinken lassen (keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke!).
  - Eingetrübte Taucher nicht trinken lassen! (intravenöse Volumengabe erforderlich).
- Rettungsleitstelle alarmieren, „Verdacht auf Tauchunfall“ angeben.

**Weitere Maßnahmen bei schweren Symptomen**

- Überprüfung von Bewusstsein, Bewegungsfähigkeit und Wahrnehmung (siehe Anlage 6 „DAN 5 Minuten-Neurocheck“)
- Dokumentation des Tauchunfallverlaufs und der Massnahmen
- Keine nasse Rekompensation!
- Sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung schützen (geschützter Ort). Bei Unterkühlung keine aktive Wiedererwärmung (zum Beispiel heiß duschen), da dies eventuell zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome und anderen Problemen führen kann.

**Transport-Organisation**

- Transportmittel-Organisation über Rettungsleitstelle
- Es gibt keine prinzipielle Präferenz für ein bestimmtes Transportmittel, es ist das im Hinblick auf die Gesamt-Transportzeit schnellste und schonendste Transportmittel zu verwenden. Für einen Helikoptertransport gilt die Einhaltung der niedrigsten fliegerisch vertretbaren Flughöhe.
- Transportziel: Nächste erreichbare Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Behandlungs-Druckkammer
- Dokumentation:  
Bei Übergabe des Tauchers an Rettungsdienst/Transportbegleitung Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und bisherigen Behandlungsmaßnahmen mitgeben.
- Gerätesicherstellung: Alle Geräte, die zur Rekonstruktion des Unfall-Tauchgangs beitragen können (zum Beispiel Dekompressions-Computer) sollten dem Taucher bzw. Rettungspersonal mitgegeben werden.
- Tauchpartner sollen in die Beobachtung mit einbezogen werden.

**Taucherärztliche Telefonberatung**

Siehe Seite 6

## **Schwere Symptome: Erste Hilfe durch medizinisches Fachpersonal**

**Herz-Lungen-Wiederbelebung**

Falls erforderlich, entsprechend aktueller ERC oder AHA-Empfehlungen

Beim bewusstlosen Taucher ohne erkennbare Eigenatmung empfehlen ERC und AHA initiale Beatmungen.

**Erste Hilfe**

- Lagerung
  - Bei Bewusstseinsstörung Seitenlage

- Sonst Rückenlagerung
- Keine Kopftiefenlagerung
- Atmung oder Beatmung mit 100% Sauerstoff ( $F_{iO_2} = 1,0$  anstreben, schnellstmöglicher Beginn, unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasgemisch):
  - Bei ausreichender Eigenatmung unabhängig vom Bewusstseinszustand Atmung von 100% Sauerstoff (Abkürzung „O<sub>2</sub>“) über dicht abschließende Maske / Atemregler (auf Einbeziehung / Abdichtung der Nase achten) mit:
    - d) Demand-Ventil oder
    - e) Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid (Abkürzung „CO<sub>2</sub>“),
    - f) Gegebenenfalls über Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) mit Reservoirbeutel und Rückschlagventilen, wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen.
  - Bei unzureichender Eigenatmung: Beatmung mit 100% O<sub>2</sub>, gegebenenfalls Atemwegssicherung entsprechend AHA und ERC-Empfehlungen.
  - Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungs-Druckkammer weitergeführt werden
  - Auch bei sehr begrenztem O<sub>2</sub>-Vorrat soll O<sub>2</sub> in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute
- Flüssigkeitsersatz:  
0,5 - 1 Liter Flüssigkeit / Stunde intravenös (glucosefreie Vollelektrolytlösungen oder kolloidale Lösungen)
- Medikamente  
Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen Standards. Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

### **Weitere Massnahmen**

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen Standards,
- Orientierende klinische und neurologische Untersuchung im Verlauf (siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck"),
- Blasenkatheter, falls erforderlich,
- Pleura-Drainage, falls erforderlich,
- Sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung schützen. Bei Unterkühlung weiteren Wärmeverlust verhindern. Patienten mit schwerer Unterkühlung (kein Kältezittern mehr) möglichst wenig bewegen. Bei schwerer Unterkühlung ist eine aktive Wiedererwärmung mit vor Ort zur Verfügung stehenden Möglichkeiten oft ineffektiv und birgt ohne intensivstationäre Interventionsmöglichkeiten das Risiko eventuell nicht beherrschbarer Herz-Kreislaufprobleme. Daneben kann eine Wiedererwärmung (zum Beispiel durch heiß duschen) eventuell zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome führen.
- **Behandlungs-Druckkammer**  
Nach Indikationsstellung schnellstmögliche Behandlung in einer therapeutischen Druckkammer, gegebenenfalls nach taucherärztlicher Telefonberatung. Eine

Druckkammer-Behandlung ist in den meisten Fällen auch bei verzögertem Behandlungsbeginn erforderlich.

**Taucherärztliche Telefonberatung**

Siehe Seite 6

**Monitoring und Dokumentation**

- Notarztprotokoll,
- Dokumentation der Tauchgangsdaten, des Symptomverlaufes und der durchgeführten Behandlungsmaßnahmen,
- Mitgegebene Geräte (zum Beispiel Dekompressions-Computer).

# Transport zum Behandlungs- zentrum oder Druckkammer (Primärtransport)

## Transportmittel

- Hubschrauber (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe),
- Bodengebundene Rettungsfahrzeuge (Risiko bei Fahrten über Bergpässe),
- Boot (möglichst erschütterungsarm),
- Flugzeug (Kabinendruck nahe 1 bar).

Beim Transport von DCI-Patienten ohne vorangegangene Druckkammerbehandlung ist eine Druckreduktion unter den Luftdruck am Tauchgewässer (zum Beispiel Fahrt über höher gelegene Passstraßen) nach Möglichkeit zu vermeiden, da dies einerseits zu einer Verschlechterung der Symptomatik führen kann. Andererseits muss die Druckkammer rasch erreicht werden, weswegen mitunter eine passagere klinische Verschlechterung in Kauf genommen werden muss. Somit ist eine Einzelfall-Entscheidung eines erfahrenen Taucherarztes oder Notarztes erforderlich.

## Betreuung während des Transports

- **Sauerstoff**  
Die Atmung oder Beatmung mit 100% Sauerstoff ( $FiO_2 = 1,0$  anstreben) muss ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungs-Druckkammer weitergeführt werden
- Eingeleitete Maßnahmen der Spezifischen Erste Hilfe fortführen (siehe oben).
- Regelmäßige Wiederholung der orientierenden klinischen und neurologischen Untersuchung (siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck").

# Erste Druckkammer-Behandlung

Prinzipiell sollte die erste Druckkammerbehandlung so schnell wie möglich erfolgen. Auch ein verzögerter Behandlungsbeginn (auch nach Tagen) kann eine Besserung der Symptomatik bewirken.

## **Technische Mindestanforderungen an die Behandlungs-Druckkammer**

- In der Schweiz werden künftig die Druckkammern der Norm EN 14931 entsprechen müssen
- Allgemein wird gefordert
  - Mindest-Arbeitsdruck von 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe),
  - O<sub>2</sub>-Atemmöglichkeit für alle Personen in der Druckkammer,
  - Medizinische Ausstattung entsprechend einem Notarztkoffer nach DIN 13232.

## **Massnahmen vor der ersten Behandlung**

- Neurologischer Status, notfalls zu Beginn der Behandlung (Dokumentation!),
- Bei Verdacht auf Lungen-Barotrauma: Thorax-Röntgen, alternativ (besser) Thorax-Computertomografie zum Ausschluss eines Pneumothorax. Die Untersuchung ist immer durchzuführen, wenn dies ohne vertretbaren Zeitverlust möglich ist.
- Blasenkatheter, falls erforderlich,
- Pleura-Drainage, falls erforderlich,
- Parazentese, falls erforderlich,
- Beim beatmeten Patienten: Befüllen des jeweiligen Cuffs mit Flüssigkeit oder kontinuierliche Cuff-Druckkontrolle,
- Weitere Maßnahmen nach medizinischer Erfordernis im jeweiligen Einzelfall,
- Gegebenenfalls taucherärztliche Telefonberatung: s. Seite 6

## **Behandlungstabellen**

- Standard-Behandlungstabelle ist "US Navy Treatment Table 6" oder Modifizierungen dieser Tabelle (zum Beispiel Tabelle S1 in Berufgenossenschaftlicher Information (BGI) 690 „Merckblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten im Überdruck“). Diese Tabelle wird für alle Tauchunfälle empfohlen, unabhängig vom verwendeten Atemgas des verunfallten Tauchers (zum Beispiel Sauerstoff, Luft, Nitrox, Triox, Trimix oder Heliox).
- Andere Behandlungs-Tabellen (zum Beispiel Comex-Tabelle „Cx 30“) sollten Einrichtungen und Personal mit Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ereignissen und Ergebnissen umgehen zu können.
- Wenn bei unzureichender Dekompression ohne Symptomatik die Indikation für eine Druckkammerbehandlung gestellt wird, sind kürzere Behandlungstabellen möglich, zum Beispiel „US Navy Treatment Table 5“ oder "Problemwunden-Schema".

**Massnahmen während der ersten Behandlung**

- Wiederholt neurologische Kontrolluntersuchungen, zum Beispiel während Luftatmungsphasen, immer vor Entscheidungen über eventuell erforderliche Verlängerungen der Behandlungstabelle (Dokumentation!),
- Wiederholte klinische Untersuchung und Auskultation der Lungen (Pneumothorax? gegebenenfalls seitengleiche Beatmung? Halsvenenstauung?), insbesondere nach Drucksenkungen in der Behandlungstabelle,
- Regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen Gasräume in den medizinischen Behandlungsgeräten (zum Beispiel jeweiliger Cuff zur Atemwegssicherung, Infusion, Tropfkammer, Blutdruck-Manschette), immer vor Drucksenkungen in der Behandlungstabelle.

**Adjuvante Behandlungsmassnahmen**

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards,
- Bei wachen Patienten zur Vermeidung von Unsicherheiten und Ängsten besondere Zuwendung,
- Flüssigkeitsbilanzierung, abhängig von der Symptomatik,
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist ausser dem Sauerstoff bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

**Dokumentation**

Durchgeführten Massnahmen zur Übergabe an die/den Weiterbehandelnde(n) dokumentieren.

# Weitertransport zum Behandlungszentrum (Sekundärtransport)

Wenn nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden sind, müssen innerhalb von 24 Stunden gegebenenfalls weitere Behandlungen folgen. Wenn zwischen den Druckkammer-Behandlungen keine stationäre medizinische Betreuung möglich ist, muss ein Transport in ein entsprechend ausgestattetes Behandlungszentrum erfolgen. Die Wahl des Transportmittels erfolgt unter Abwägung von Transportstrecke und Transportzeit und der unter „Transportmittel“ genannten Leitlinien.

## Transportmittel

- Hubschrauber (Einzelfall-Entscheidung über Flughöhe und Zeitpunkt des Transports),
- Flugzeug (Einzelfall-Entscheidung über Kabinendruck und Zeitpunkt des Transports)
- Boot (möglichst erschütterungsarm),
- Bodengebundene Rettungsfahrzeuge (möglichst erschütterungsarm).

Es gibt keine gesicherten Daten für eine pauschale Forderung nach einem Transport unter 1 bar-Bedingungen auch für Sekundärtransporte. Die Entscheidung ist nicht nur unter Kostenaspekten, sondern auch im Sinne des Patienten zu bedenken. Flüge mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) sind sehr viel schneller und einfacher zu organisieren.

Beim Transport von DCI-Patienten nach Druckkammer-Behandlung stellt ein Flugtransport mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) kein prinzipielles Transporthindernis dar. Grundsätzlich muss Sauerstoffatmung möglich sein.

Die Entscheidung für einen solchen Transport ist in Abhängigkeit von a) dem bisherigen Krankheitsverlauf und b) der Schwere eventuell noch bestehender Symptome. Es liegen international keine einheitlichen Empfehlungen vor, nach welcher Zeit und nach wie vielen Druckkammerbehandlungen DCI-Patienten mit welchem Kabinendruck geflogen werden sollen. Die Entscheidung sollte im Einzelfall mit erfahrenen Taucherärzten abgestimmt werden.

## Betreuung während des Transports

- Falls erforderlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards,
- Eingeleitete Maßnahmen fortführen,
- 100% Sauerstoff in Abhängigkeit von den klinischen Symptomen,
- Volumenersatz, bei jedem Flug auf gute Hydrierung achten (intravenös oder oral),
- Orientierende klinische und neurologische Verlaufskontrollen,
- Dokumentation, zum Beispiel Notarztprotokoll / Intensivtransport-Protokoll,
- Medikamente: grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards.

# Druckkammer-Folgebehandlungen

Sind nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden, so hat sich innerhalb von 24 Stunden eine oder ggf. mehrere Folgebehandlung/en anzuschließen.

## **Art und Anzahl der Druckkammer-Behandlungen nach der ersten**

### **Druckkammer-Behandlung**

- Gegebenenfalls eine zweite Druckkammer-Behandlung nach der Standard-Behandlungstabelle (siehe oben) oder
- Sofort mindestens 1x täglich Behandlungen mit hyperbarem Sauerstoff (HBO) zum Beispiel nach dem sogenannten „Problemwunden-Schema“
- Andere Behandlungs-Tabellen sollten Einrichtungen und Personal mit Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ergebnissen umgehen zu können.

### **Abstände zwischen den Behandlungen**

Höchstens 24 Stunden, höchstens 2 Behandlungen innerhalb 24 Stunden

### **Weitere Diagnostik / Kontrolluntersuchungen nach klinischer Symptomatik**

- Magnetresonanztomografie (MRT),
- Computertomografie (CT),
- Fachneurologische Konsiliaruntersuchung (regelmäßig),
- Lungenfunktion nach klinischer Symptomatik,
- Weitere fachärztliche Konsiliaruntersuchungen je nach Symptomatik und betroffenen Organsystemen.

### **Krankengymnastik / Physiotherapie**

- Zwischen den Druckkammerbehandlungen:
  - Entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild durch Fachpersonal,
  - Beginn frühestmöglich.
- Während der Druckkammerbehandlungen:
  - Vorteile gegenüber der alleinigen Durchführung zwischen den Druckkammer-Behandlungen sind nicht erwiesen.

### **Entscheidung über Beendigung der Druckkammerbehandlungen**

- Nach vollständiger und anhaltender Symptommfreiheit kann die Druckkammer-Therapie beendet werden. Zur Erzielung einer anhaltenden Symptommfreiheit sind ggf. 1 – 2 über die Symptommfreiheit hinausgehende hyperbare Behandlungen indiziert.
- Kommt es bei mehreren durchgeführten Behandlungen nach initialer Besserung unter fortgeführter Therapie während 3-5 Tagen zu keiner weiteren Verbesserung der Symptomatik, so wird die Druckkammer-Therapie abgebrochen und die für das neurologische Krankheitsbild empfohlene Rehabilitations-Maßnahme fortgeführt.

### **Dokumentation**

**Weitere therapeutische Massnahmen**

Medikamentöse und weitere Therapie entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild nach Maßgabe der beteiligten Fachgebiete.

**Rehabilitation nach Ende der Druckkammer-Behandlungen**

Bei fortbestehenden neurologischen Ausfällen wird die für das neurologische Krankheitsbild empfohlene Rehabilitations-Maßnahme unmittelbar an die Druckkammer-Therapie angeschlossen.

## Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall

Grundsätzlich sollte die Beurteilung der Tauchtauglichkeit für Sporttaucher nach Tauchunfall gemäß den Empfehlungen der nationalen und internationalen Fachgesellschaften für Tauchmedizin erfolgen. Für gewerbliche Taucher gelten besondere nationale Rechtsvorschriften einschließlich der damit in Zusammenhang stehenden speziellen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung.

Voraussetzung für die Erwägung einer erneuten Tauchtauglichkeit ist eine vollständige Beendigung der Tauchunfall-Therapie und die Stabilität des Behandlungs-Ergebnisses, auch im Fall von Residuen.

Die erneute Tauglichkeitsuntersuchung sollte nur durch einen erfahrenen Tauchmediziner erfolgen. Dessen Qualifikation sollte mindestens "Diving Medicine Physician" sein (siehe Ausbildungs-Richtlinien unter: <http://www.gtuem.org>, <http://www.oegth.at>, <http://www.suhms.org> oder <http://www.edtc.org>). Zusätzlich sollte er über praktische Erfahrung in der Tauchunfall-Behandlung verfügen. Für gewerbliche Taucher gelten entsprechende Bedingungen.

## Wichtige Weblinks

1. SUVA – Schweizerische Unfallversicherungsanstalt: **www.suva.ch**  
Bei Tauchunfällen von Berufstauchern sind die vorgeschriebenen Verfahrenswege maßgeblich (Meldepflicht, Berufskrankheitenverfahren etc.). Hier finden Sie Hinweise zu diesem Gesamtkomplex.
2. ERC – European Resuscitation Council: **www.erc.edu**
3. AHA- American Heart Association, **www.americanheart.org**. Hier finden Sie die aktuellen Empfehlungen zur Herz-Lungen-Wiederbelebung. Hier finden Sie die aktuellen Empfehlungen zur Herz-Lungen-Wiederbelebung.
4. GTÜM – Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.: **www.gtuem.org**
5. ÖGTH – Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin: **www.oegth.at**
6. SUHMS – Schweizerische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin: **www.suhms.org**

## Relevante Fachliteratur

1. Acott CJ: Flying after recompression treatment for decompression illness: why wait four weeks? South Pacific Underwater Medicine Society Journal 2004; 34 (4): 203-208.
2. Annane D, Troche G, Delisle F, Devauchelle P, Paraire F, Raphael JC, Gajdos P: Effects of mechanical ventilation with normobaric oxygen therapy on the rate of air removal from cerebral arteries. Crit Care Med. 1994; 22 (5): 851-7
3. ArbMedVV, Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge v. 18.12.2008 ( BGBl. S. 2768)
4. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF): W. Lorenz, W. Müller: Methodische Grundlagen der Leitlinienerstellung - Leitlinie für Leitlinien, Februar 2000
5. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) und Ärztliche Zentralstelle für Qualitätssicherung (ÄZQ): Das Leitlinien-Manual. Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung (ZaeFQ). 95 (2001); Suppl I. Urban&Fischer, ISSN 1431-7621
6. Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung (ÄZQ): Checkliste Methodische Qualität von Leitlinien. 2. Version (8/1999), gültig bis 2/2003
7. Ball R: Effect of severity, time to recompression with oxygen, and re-treatment on outcome in forty-nine cases of spinal cord decompression sickness. Undersea Hyperb Med. 1993; 20: 133-45
8. Bennett and Elliott's "The Physiology and Medicine of Diving" (fifth edition). Brubakk AO and Neuman TS (Eds); Saunders 2003
9. Berufgenossenschaftliche Information BGI 690 „Merkblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten in Überdruck (Arbeiten in Druckluft, Taucherarbeiten)“, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss „Arbeitsmedizin“, Oktober 1996
10. Berufgenossenschaftliche Vorschrift BGV C23 Unfallverhütungs-Vorschrift (UVV) Taucherarbeiten
11. Berufgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, G 31. 4. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart 2007: 415-424,
12. Boussuges A, Blanc P, Molenat F, et al.: Haemoconcentration in neurological decompression illness. Int J Sports Med 1996; 17: 351-355
13. Bracken MB, Holford TR: Effects of timing of methylprednisolone or naloxone administration on recovery of segmental and long-tract neurological function in NASCIS 2. J Neurosurg 1993; 79: 500-507
14. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, et al.: A randomized, controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal-cord injury. Results of the Second National Acute Spinal Cord Injury Study. New Engl J Med 1990; 322: 1405-1411
15. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, Jr, et al.: Methylprednisolone or naloxone treatment after acute spinal cord injury: 1-year follow-up data. Results of the second National Acute Spinal Cord Injury Study. J Neurosurg 1992; 76: 23-31

16. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, et al.: Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. Results of the Third National Acute Spinal Cord Injury Randomized Controlled Trial. National Acute Spinal Cord Injury Study. *JAMA* 1997; 277: 1597-1604
17. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, et al.: Methylprednisolone or tirilazad mesylate administration after acute spinal cord injury: 1-year follow up. Results of the third National Acute Spinal Cord Injury randomized controlled trial. *J Neurosurg* 1998;89:699-706
18. Bruno A, Biller J, Adams HP, Jr, et al.: Acute blood glucose level and outcome from ischemic stroke. *Neurology* 1999; 52: 280-284
19. Bühlmann AA: Dekompressionskrankheit des Rückenmarks. Resultate der Früh- und Spätbehandlung. *Schweiz. Med. Wschr.* 1985; 115: 796-800
20. Comex Medical Book, revised edition, 1986. Louis Lartigot, Aubagne (F), 1986
21. Dovenbarger J, Uguccioni D (Eds.): Report on Decompression Illness and Diving Fatalities: 1998 Edition, Divers Alert Network
22. Dovenbarger J, Uguccioni DM, Sullivan K, Freiburger JJ, Dear, GD, Moon RE: A review of payalysis in 69 recreational SCUBA injuries. *Undersea & Hyperbaric Medicine*. Suppl. 2000
23. Dromsky DM, Toner CB, Fahlman A, et al.: Prophylactic treatment of severe decompression sickness with methylprednisolone. *Undersea Hyperbaric Med* 1999; 26 (Suppl): 15
24. Edmonds C, Lowry CH, Pennefather J, Walker R: *Diving and Subaquatic Medicine*, 4th Ed., Arnold Publishers, London, 2002
25. Ehm OF, Hahn M †, Hoffmann U, Wenzel J: Tauchen noch sicherer. Tauchmedizin für Freizeittaucher, Berufstaucher und Ärzte. 9. völlig neubearbeitete und revidierte Auflage, Müller-Rüschlikon Verlags AG, Cham 2003.
26. Feldmeier JJ et al.: Hyperbaric Oxygen 2003. Indications and results. The hyperbaric oxygen therapy committee report. *Undersea and hyperbaric medical society* 2003, ISBN 0-930406-23-0
27. Flynn ET: Decompression Sickness. In: *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Critical Review*. Eds: Camporesi EM, Barker AC, Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda MD, 1991
28. Field, John M., Mary Fran Hazinski, Michael R. Sayre, Leon Chameides, Stephen M. Schexnayder, Robin Hemphill, Ricardo A. Samson, John Kattwinkel, Robert A. Berg, Farhan Bhanji, Diana M. Cave, Edward C. Jauch, Peter J. Kudenchuk, Robert W. Neumar, Mary Ann Peberdy, Jeffrey M. Perlman, Elizabeth Sinz, Andrew H. Travers, Marc D. Berg, John E. Billi, Brian Eigel, Robert W. Hickey, Monica E. Kleinman, Mark S. Link, Laurie J. Morrison, Robert E. O'Connor, Michael Shuster, Clifton W. Callaway, Brett Cucchiara, Jeffrey D. Ferguson, Thomas D. Rea, and Terry L. Vanden Hoek 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science, Part 1: Executive Summary: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care *Circulation*. 2010;122:S640-S656, doi:10.1161/CIRCULATION.AHA.
29. Freiburger JJ, Denoble PJ, Vann RD, Pieper CF, Uguccioni DM, Pollock NW, Wachholtz C, Moon RE: The association of presenting symptoms of DCI with residual neurological abnormalities after treatment. *Undersea & Hyperbaric Med*, Suppl. 2001
30. Geerts WH, Heit JA, Clagett GP, et al.: Prevention of venous thromboembolism. Sixth ACCP Consensus Conference on Antithrombotic Therapy. *Chest* 2001; 119: 132S-175S
31. Gemeinsamer Bundesausschuß: Abschlußbericht des Ausschusses Krankenhaus nach §137c SGB V. Methode: Hyperbare Sauerstofftherapie (HBO), Indikation: Dekompressionskrankheit. <http://www.g-ba.de>
32. Gemeinsamer Bundesausschuß: Abschlußbericht des Ausschusses Krankenhaus nach §137c SGB V. Methode: Hyperbare Sauerstofftherapie (HBO), Indikation: Arterielle Gasembolie. <http://www.g-ba.de>
33. Green JW, Tichenor J, Curley MD: Treatment of type I decompression sickness using the U.S. Navy treatment algorithm. *Undersea Biomed Res* 1989; 16 (6): 465-470
34. Hamilton RW: Meeting Report: DAN and UHMS Workshop on management of mild decompression sickness in remote locations. *Europ J Underwater Hyperbaric Med* 2004, 5(2): 26-28
35. Hampson NB (Ed.): *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report*. Undersea and Hyperbaric Medical Society, 10531 Metropolitan Avenue, Kensington MD 20805-2627, USA. Revised 1999

36. Hopson ASM: Adjuncts to the treatment of decompression illness: an audit of practice in British Hyperbaric Association hyperbaric units and review of the evidence. *Europ J Underwater Hyperbaric Med* 2007, 8(4): 65-70
37. Hurlbert RJ: The role of steroids in acute spinal cord injury: an evidence-based analysis. *Spine* 2001; 26 (24 Suppl): S39-S46
38. Hyldegaard O, Kerem D, Melamed Y: Effect of combined recompression and air, oxygen, or heliox breathing on air bubbles in rat tissues. *J Appl Physiol.* 2001;90:1639-47
39. Hyldegaard O, Moller M, Madsen J: Effect of He-O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub> breathing on injected bubbles in spinal white matter. *Undersea Biomed Res* 1991; 18: 361-371
40. Mathieu D: 7<sup>th</sup> European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine, Lille, 3<sup>rd</sup> – 4<sup>th</sup> December 2004. *Europ J Underwater Hyperbaric Med* 2005; 6 (2): 29-38
41. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H: Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992 Jan 2; 326 (1): 30-35
42. Mitchell SJ: Lidocaine in the treatment of decompression illness: a review of the literature. *Undersea Hyper Med* 2001; 28 (3): 165-174
43. Mitchell SJ: Treatment of decompression illness in the 21st century: a brief overview. *Diving and Hyperbaric Medicine* 2007; 37: 73-75
44. Moon R: Adjunctive therapy in decompression illness: present and future. *SPUMS Journal* 2000; 30: 99-110
45. Moon RE, Dear GL, Stolp BW: Treatment of decompression illness and iatrogenic gas embolism. *Respir Clin N Am* 1999; 5: 93-135
46. Moon RE, Sheffield PJ: Guidelines for treatment of decompression illness. *Aviat Space Environ Med.* 1997 Mar; 68 (3): 234-243
47. Moon RE: Classification of the decompression disorders: time to accept reality. *Undersea Hyperb Med.* 1997; 24 (1): 2-4
48. Moon RE: Treatment of diving emergencies. *Crit Care Clin.* 1999; 15: 429-456
49. Muth CM, Shank ES, Larsen B: Der schwere Tauchunfall: Pathophysiologie - Symptomatik - Therapie. *Anaesthesist* 2000; 49 (4): 302-316
50. Muth CM, Shank ES: Gas embolism. *N Engl J Med.* 2000; 342 (7): 476-482
51. Mutzbauer TS, Ermisch J, Tetzlaff K, Frey G, Lampl LA: Low dose lidocaine as adjunct for treatment of decompression illness (DCI). *Undersea Hyperbaric Med* 1999; 26 (supp): A20
52. Myers RA, Bray P (1985) Delayed treatment of serious decompression sickness. *Ann Emerg Med* 14; 254-257
53. NOAA Diving Manual, Diving for Science and Technology 1991; 20-8 - 20-9
54. Pelaia P: 2<sup>nd</sup> European Consensus Conference on Treatment of Decompression Accidents in Recreational Diving. Recommendations of the Jury. European Committee of Hyperbaric Medicine, Marseille (F), 9-11 May 1996. <http://www.oxynet.org>
55. Perret C: 1<sup>st</sup> European consensus conference on hyperbaric medicine: Recommendations of the jury. European Committee of Hyperbaric Medicine, Lille (F), 19-21 Sept. 1994. <http://www.oxynet.org>
56. Pointillart V, Petitjean ME, Wiart L, et al.: Pharmacological therapy of spinal cord injury during the acute phase. *Spinal Cord* 2000; 38: 71-76
57. Radermacher P, Warninghoff V, Nürnberg JH, Flechsig F, van Laak U: Erfolgreiche Langzeitbehandlung mit hyperbarem Sauerstoff nach schwerer zerebroarterieller Gasembolie, *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 1994; 29: 59-61
58. Schlotterbeck K, Tanzer H, Alber G, Mueller P: Zerebrale Luftembolie nach zentralem Venenkatheter. *Anaesth Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997; 32: 458-462
59. Shank ES, Muth CM: Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy. *Int Anesthesiol Clin.* 2000; 38: 111-138

60. Shupak A, Melamed Y, Ramon Y, Bentur Y, Abramovich A, Kol S: Helium and oxygen treatment of severe air-diving-induced neurologic decompression sickness. *Arch Neurol.* 1997; 54: 305-311
61. Spiess BD, Cochran RP, Kunzelman K, et.al.: Cerebral protection from massive air embolism with a perfluorocarbon emulsion prime addition for cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*, 1994; 81: A692
62. St Leger Dowse M, Barnes R, Smerdon G, Bryson P: Time to fly after hyperbaric chamber treatment for decompression illness: current recommendations. *SPUMS J.* 2005; 35: 67-70
63. Strauss MB, Borer RC Jr: Diving medicine: contemporary topics and their controversies. *Am J Emerg Med.* 2001 May; 19 (3): 232-238
64. Thalmann ED: Principles of U.S. Navy Recompression Treatments for Decompression Sickness. In: Moon RE and Sheffield PJ (eds.): *Treatment of Decompression Illness, Proceedings of the Forty-fifth Workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society.* UHMS, Kensington MD 1996
65. US Navy Diving Manual. Naval Sea Systems Command Publication 0910-LP-100-3199, Revision 4, March 2001
66. Vann R, Denoble P, Ugucioni D, Freiberger J, Perkins R, Reed W, Dovenbarger J, Caruso J: Report on Decompression Illness, Diving Fatalities and Project Dive Exploration: 2002 Edition, Divers Alert Network
67. Vann RD, Gerth WA: Physiology of decompression sickness. In Pilmanis AA, Editor. *Proceedings of the 1990 Hypobaric Decompression Sickness Workshop*, p. 35-51. Brooks Air Force Base, Armstrong Laboratory, 1990
68. Wass CT, Lanier WL, Hofer RE, et al.: Temperature changes of 1°C alter functional neurological outcome and histopathology in a canine model of complete cerebral ischemia. *Anesthesiology* 1995; 83: 325-335
69. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Review.Lancet.* 2011 Jan 8;377(9760):153-64. Review.
70. Wattel F: 7<sup>st</sup> European consensus conference on hyperbaric medicine: Recommendations of the jury. European Committee of Hyperbaric Medicine, Lille (F), 3-4 Dec. 2004. *CAISSON* 2005 (3)
71. Wendling J, Ehm O, Ehram R, Knessl P, Nussberger P (eds.): *GTÜM / ÖGTH / SUHMS Manual Tauchtauglichkeit.* 2<sup>nd</sup> ed., Sept. 2001
72. Wendling, J: Epidemiology, Clinical Manifestation and Treatment Results of Recreational Diving Accidents. In: European Committee for Hyperbaric Medicine: *Proceedings of the 2nd European Consensus Conference on Treatment of Decompression Accidents in Recreational Diving.* Recommendations of the Jury. Hrsg.: F.Wattel, D.Mathieu, Marseille, 1996: 37-57
73. Welslau W et al.: Leitlinie Tauchunfall der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. *Anästhesiologie & Intensivmedizin* 2003; 44: 372-376
74. Young Y, Menon DK, Tisavipat N, Matta BF, Jones JG: Propofol neuroprotection in a rat model of ischaemia reperfusion injury. *Eur J Anaesthesiol* 1997; 14: 320-326
75. Guidelines for Occupational Medical Examinations. G31 Hyperbaric Pressure, 295-303, Gentner Verlag, Stuttgart, 2007

## Abkürzungen und Fachbegriffe

AGE	Arterielle Gasembolie
AWMF	Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher medizinischer Fachgesellschaften
ÄZQ	Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung
bar absolut	Druckeinheit für absoluten Druck
BGI	Berufsgenossenschaftliche Information
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
Blasenkatheter	Instrument zur künstlichen Harnableitung
CAVE	"Vorsicht", Hinweis auf besonderes medizinisches Problem
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CT	Computer-Tomografie
Cuff	Aufblasbare Manschette am distalen Ende eines Endotrachealtubus
DAN	Divers Alert Network
DCI	Decompression Illness oder - Incident oder - Injury
DCS	Decompression Sickness
Dekompression	Druckreduzierung
Demand-Ventil	Ventil, welches bei geringem Sog / Unterdruck auf der Niederdruckseite "auf Anforderung" (= on demand) Gas liefert
ERC	European Resuscitation Council
EUBS	European Underwater and Baromedical Society
FiO <sub>2</sub>	Anteil (Fraktion) des Sauerstoffs (O <sub>2</sub> ) am Einatemgas (i) als Teil von 1
GTÜM	Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.
HBO	Hyperbarer Sauerstoff (= hyperbaric oxygen)
Heliox	Atemgasgemisch aus Helium und Sauerstoff
ICHM	International Committee for Hyperbaric Medicine
kPa	Kilopascal
MRT	Magnet-Resonanz-Tomografie
Neurocheck	Orientierende Untersuchung des Nervensystems
Nitrox	Atemgasgemisch aus Stickstoff und Sauerstoff
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
ÖGTH	Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin
oral	den Mund betreffend, mündlich, in den Mund
PFO	Patent foramen ovale
Pleura-Drainage	Drainage der Pleurahöhle zur Ableitung von Luft und pathologischen Flüssigkeitsansammlungen
Problemwunden-Schema	Tabelle für Druckkammern mit 90 Minuten O <sub>2</sub> -Atmung bei 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe), wird auch zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
SUHMS	Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
Std.	Stunde/n
Tabelle S1	Tabelle für Druckkammern mit initialer O <sub>2</sub> -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
Thorax-CT	Computertomografie der Brustkorborgane

Treatment Table 5	Tabelle der US Navy für Druckkammern mit initialer O <sub>2</sub> -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Vorbeugung von Tauchunfällen bei Verstoß gegen Dekompressionsregeln eingesetzt
Treatment Table 6	Tabelle der US Navy für Druckkammern mit initialer O <sub>2</sub> -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
Trimix	Atemgasgemisch aus Helium, Stickstoff und Sauerstoff
Triox	Atemgemisch aus Helium, Stickstoff und Sauerstoff (>21%)
Tubus	hier: Endotrachealtubus: anatomisch angepasstes, relativ starres Beatmungsrohr zum Einführen in Mund, Nase oder Tracheostoma
UHMS	Undersea and Hyperbaric Medical Society
VDD	Verband deutscher Druckkammerzentren e.V.

# Leitlinie Tauchunfall

## - Kurzfassung -

### Definition

Der Tauchunfall im Sinne dieser Leitlinie wird auch als „Dekompressions-Unfall“, „Decompression Illness“, „Decompression Incident“, „Decompression Injury“ oder „DCI“ bezeichnet. Er wird hervorgerufen durch Abfall des Umgebungsdruckes und ist gekennzeichnet durch die Bildung freier Gasblasen in Blut und Geweben. Abhängig vom Entstehungsmechanismus können „Dekompressionskrankheit“ („Decompression Sickness“ [DCS]) und „arterielle Gasembolie“ („Arterial Gas Embolism“ [AGE]) unterschieden werden. Klinisch sind DCS und AGE oft nicht differenzierbar. Wichtige Differentialdiagnosen sind das Barotrauma des Innenohres (Ruptur der Rundfenster-Membran), zerebraler Insult durch Embolie oder Blutung und vertebraler Diskusprolaps, sowie Herzinfarkt, Hypoglykämie und Epilepsie.

### Erste Hilfe bei Verdacht auf Tauchunfall

#### Erste Hilfe durch Laien

Ersthelfer sind in der Regel die Tauchpartner. Der Erfolg der Ersten Hilfe und der weiteren Behandlung hängt ab von einer entsprechenden Ausbildung der Taucher, einer auf die Tauchgangsplanung angepassten Notfallausrüstung und sicheren Kommunikationsmitteln (zum Beispiel Mobiltelefon & Telefonnummern).

#### Bei milden Symptomen (auffällige Müdigkeit, Hautjucken „Taucherflöhe“):

- 100% Sauerstoffatmung (unabhängig von dem beim Tauchen verwendeten Atemgas),
- Trinken lassen, 0,5-1 Liter (keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke),
- Sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung schützen,
- Orientierende neurologische Untersuchung,
- Keine nasse Rekompression,
- Wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten: 100% Sauerstoffatmung fortführen, Taucherarzt verständigen, 24 Stunden beobachten,
- Wenn noch Symptome nach 30 Minuten: wie schwere Symptome behandeln.

#### Bei Auftreten von Symptomen noch unter Wasser oder anderen Symptomen wie:

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| • Hautflecken und -veränderungen | • Atembeschwerden,             |
| • Schmerzen,                     | • Seh-, Hör-, Sprachstörungen, |
| • Ameisenlaufen,                 | • Schwindel,                   |
| • Körperliche Schwäche,          | • Übelkeit,                    |
| • Taubheitsgefühl,               | • Eingeschränktes Bewusstsein, |
| • Lähmungen,                     | • Bewusstlosigkeit,            |

sind folgende Maßnahmen zu treffen:

#### Spezifische Erste Hilfe

- Gegebenenfalls Reanimation nach ERC/AHA-Empfehlungen,
- Bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage, sonst Rückenlagerung,
- 100% Sauerstoffatmung (schnellstmöglicher Beginn, unabhängig von dem beim Tauchen verwendeten Atemgas):

- a) Bei Eigenatmung über Maske / Atemregler (Demand-Ventil oder Kreislauf-System mit CO<sub>2</sub>-Absorber), wenn nicht verfügbar: Konstantdosierung (15-25 Liter/Minute, Reservoir und Rückschlagventile),
- b) Unzureichende Eigenatmung: Beatmung mit 100% O<sub>2</sub> (Beatmungsbeutel mit Reservoir und Konstantdosierung (15-25 Liter/Minute) oder Demand-Ventil oder Kreissystem mit CO<sub>2</sub>-Absorber.
- Sauerstoffatmung ohne Pause bis Erreichen der Druckkammer. Auch bei begrenztem Vorrat immer höchst mögliche O<sub>2</sub>-Konzentration, kein Air-Mix oder Konstant-Dosierung unter 15 Liter/Minute.
- Flüssigkeit
  - a) Bewusstseinsklare Taucher 0,5-1 Liter Flüssigkeit/Stunde trinken lassen (keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke),
  - b) Eingetrübte Taucher nicht trinken lassen.
- Rettungsleitstelle alarmieren, „Verdacht auf Tauchunfall“ angeben.

#### Weitere Maßnahmen

- Orientierende klinische und neurologische Untersuchungen,
- Sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung schützen. Bei Unterkühlung keine aktive Wiedererwärmung,
- Keine nasse Rekompensation,
- Transport-Organisation:
  - a) Rettungsleitstelle alarmieren,
  - b) Transportmittel: keine Präferenz für bestimmtes Transportmittel, schneller und schonender Transport, keine Einschränkung für einen Helikopter (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe),
  - c) Transportziel: Nächste Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Behandlungs-Druckkammer.
- Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und Behandlungsmassnahmen.
- Tauchpartner in die Beobachtung mit einbeziehen.
- Gerätesicherstellung (zum Beispiel Dekompressions-Computer).
- Taucherärztliche Telefonberatung: s. unten

Nationale DAN-Hotline für die Schweiz (via REGA): +41 333 333 333 (1414 innerhalb der Schweiz)

Weitere Telefonnummern unter <http://www.gtuem.org>.

### **Erste Hilfe durch medizinisches Personal**

#### Spezifische Erste Hilfe-Massnahmen:

- Gegebenenfalls Reanimation nach ERC/AHA-Richtlinien,
- Bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage, sonst Rückenlagerung,
- 100% Sauerstoff (unabhängig vom beim Tauchen verwendeten Atemgas):
  - Bei intakter Eigenatmung: über Maske / Atemregler (Demand-Ventil oder Kreislauf-System mit CO<sub>2</sub>-Absorber), wenn nicht verfügbar: Konstantdosierung (15-25 Liter/Minute, Reservoir und Rückschlagventile),

- Bei unzureichender Eigenatmung: Beatmung mit  $O_2$  ( $FiO_2 = 1,0$  anstreben) gegebenenfalls über Tubus oder anderer Atemwegssicherung, ohne Pause bis zum Erreichen der Druckkammer,
- Auch bei begrenztem Vorrat immer höchst mögliche  $O_2$ -Konzentration, kein Air-Mix oder Konstantdosierung unter 15 Liter/Minute.
- Flüssigkeitsersatz: 0,5 – 1 Liter/Stunde intravenös (keine ausschließlich glukosehaltigen Lösungen),
- Medikamente:  
Grundsätzlich nach notfallmedizinischen Standards. Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

#### Weitere Maßnahmen

- Überprüfung von Bewusstsein, Bewegungsfähigkeit und Wahrnehmung (siehe Anlage 6 „DAN 5 Minuten-Neurocheck“)
- Orientierende klinische und neurologische Verlaufskontrollen,
- Blasenkatheter, falls erforderlich,
- Pleura-Drainage, falls erforderlich,
- Sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung schützen. Bei Unterkühlung aktive Wiedererwärmung nur mit intensivstationären Interventionsmöglichkeiten,
- Druckkammer-Behandlung in Therapiedruckkammer schnellstmöglich nach Indikationsstellung, gegebenenfalls nach taucherärztlicher Telefonberatung. Eine Druckkammer-Behandlung ist sehr oft auch bei verzögertem Beginn erforderlich,
- Taucherärztliche Telefonberatung (siehe oben),
- Monitoring und Dokumentation,  
Notarztprotokoll, Laien-Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und Behandlungsmaßnahmen, mitgegebene Geräte (zum Beispiel Dekompressions-Computer).

### **Transport zur nächsten Druckkammer (Primärtransport)**

Transport mit Hubschrauber (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe), bodengebundenem Fahrzeug, Boot oder Flugzeug (Kabinendruck nahe 1 bar). Transport möglichst erschütterungsarm und ohne Druckreduktion. Sauerstoffatmung ( $FiO_2 = 1,0$  anstreben) ohne Pause bis zum Erreichen der Druckkammer weiterführen. Eingeleitete Maßnahmen fortführen.

### **Erste Druckkammer-Behandlung**

#### Therapeutische Druckkammer

Behandlungs-Druckkammer, Arbeitsdruck mind. 280 kPa (2,8 bar absolut /18 Meter Wassertiefe), in Europa Bau und Ausrüstung nach EN 14931, Notarztkoffer z.B. nach DIN 13232.

#### Maßnahmen vor Behandlungsbeginn

- Neurologischer Status (Dokumentation!),
- Bei Verdacht auf Lungenbarotrauma: Thorax-Röntgen / Thorax-CT, wenn zeitlich vertretbar,
- Pleura-Drainage, falls erforderlich,
- Blasenkatheter, falls erforderlich,

- Parazentese, falls erforderlich,
- Bei intubierten Patienten Füllung des jeweiligen Cuffs mit Flüssigkeit oder kontinuierliche Cuff-Druckkontrolle,
- Taucherärztliche Telefonberatung, falls erforderlich (siehe Seite 24).

#### Behandlungstabellen

- Standard-Behandlungstabelle ist US Navy Treatment Table 6 oder Modifizierungen dieser Tabelle für alle Unfälle unabhängig vom Atemgas des verunfallten Tauchers.
- Bei ungenügender Dekompression ohne Symptomatik sind kürzere Tabellen möglich (zum Beispiel US Navy Treatment Table 5).

#### Maßnahmen während der Behandlung

- Wiederholt klinische und neurologische Kontrollen (Dokumentation!),
- Wiederholt Auskultation der Lungen, insbesondere nach Drucksenkungen,
- Regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen Gasräume (zum Beispiel Tubus-Cuff, Infusion, Tropfkammer, Blutdruck-Manschette), immer vor Drucksenkungen.

#### Adjuvante Behandlungsmaßnahmen

- Grundsätzlich nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards,
- Bei wachen Patienten zur Vermeidung von Unsicherheiten und Ängsten besondere Zuwendung,
- Flüssigkeitsbilanzierung, abhängig von Symptomatik,
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt,
- Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen für den weiterbehandelnden Arzt.

### **Weitetransport zum Behandlungszentrum (Sekundärtransport)**

Wenn nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden sind, müssen innerhalb von 24 Stunden gegebenenfalls weitere Behandlungen folgen. Wenn zwischen den Druckkammer-Behandlungen keine stationäre medizinische Betreuung möglich ist, muss der Transport in ein entsprechendes Behandlungszentrum erfolgen. Nach Druckkammer-Behandlung ist ein Flug mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) prinzipiell möglich. Grundsätzlich muss 100% O<sub>2</sub>-Atmung möglich sein. Die Transport-Entscheidung ist im Einzelfall mit erfahrenen Taucherärzten in Abhängigkeit von Krankheitsverlauf und noch bestehenden Symptomen abzustimmen.

#### Betreuung während Transport:

- Grundsätzlich nach notfallmedizinischen/intensivmedizinischen Standards,
- Eingeleitete Maßnahmen fortführen,
- 100% O<sub>2</sub>-Atmung in Abhängigkeit von der Symptomatik,
- Volumenersatz, bei Flug auf Hydrierung achten (intravenös/oral),
- Orientierende neurologische Verlaufskontrollen,
- Dokumentation, zum Beispiel Notarztprotokoll,
- Medikamente: grundsätzlich nach notfallmedizinischen/intensivmedizinischen Standards.

## Druckkammer-Folgebehandlungen

- Gegebenenfalls zweite Behandlung mit Standard-Behandlungstabelle oder sofort HBO-Behandlungen, zum Beispiel sog. „Problemwunden-Schema“. Höchstens 2 Behandlungen innerhalb 24 Stunden, Abstand zwischen Behandlungen höchstens 24 Stunden.
- Diagnostik: abhängig von Symptomatik MRT, CT und fachneurologische Konsiliaruntersuchungen (regelmäßig), Lungenfunktionskontrolle, weitere fachärztliche Konsiliaruntersuchungen nach klinischer Symptomatik.
- Krankengymnastik/Physiotherapie zwischen den Druckkammerbehandlungen je nach klinischer Symptomatik, Beginn spätestens 3 Tage nach Tauchunfall. Krankengymnastik/ Physiotherapie während der Druckkammerbehandlungen ist möglich, ein Vorteil gegenüber der alleinigen Durchführung zwischen den Druckkammerbehandlungen ist nicht erwiesen.
- Medikamentöse und weitere Therapie entsprechend der klinischen Symptomatik nach Maßgabe der beteiligten medizinischen Fachgebiete.
- Entscheidung über Beendigung der Druckkammerbehandlungen: Nach vollständiger und anhaltender Symptomfreiheit können die Druckkammerbehandlungen beendet werden. Kommt es bei laufenden Behandlungen nach initialer Besserung während 3-5 Tagen zu keiner weiteren Besserung der Symptomatik, so wird die Druckkammer-Therapie abgebrochen und die für das neurologische Krankheitsbild empfohlene Rehabilitations-Maßnahme fortgeführt
- Dokumentation
- Rehabilitation: Bei fortbestehenden neurologischen Ausfällen nach Ende der Druckkammer-Behandlungen wird die der Symptomatik entsprechende Rehabilitations-Maßnahme unmittelbar an die Druckkammerbehandlungen angeschlossen.

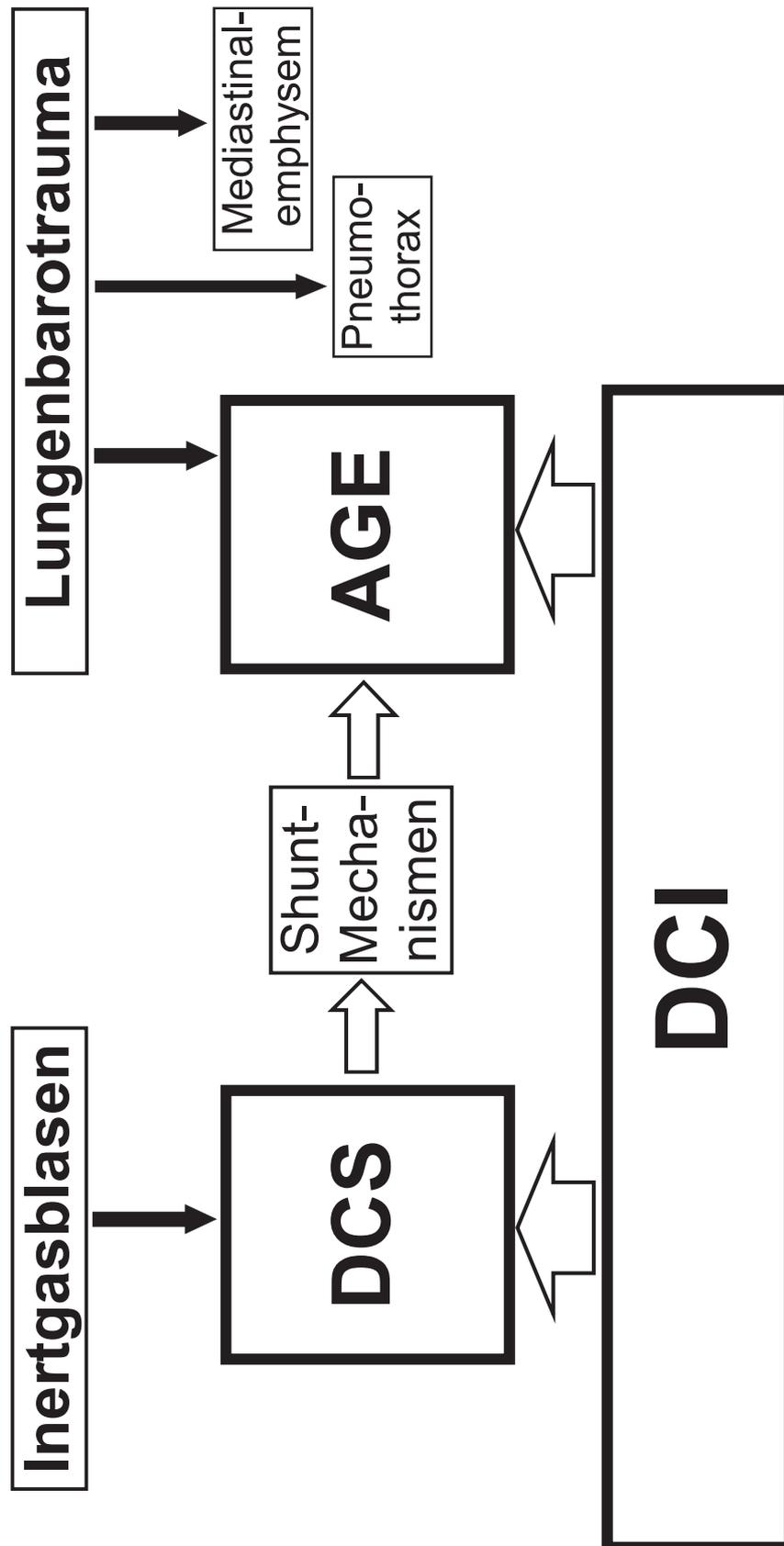
## Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall

Grundsätzlich sollte die Beurteilung der Tauchtauglichkeit für Sporttaucher nach Tauchunfall gemäß den Empfehlungen der nationalen und internationalen Fachgesellschaften für Tauchmedizin erfolgen. Für gewerbliche Taucher gelten die gesetzlichen Vorschriften.

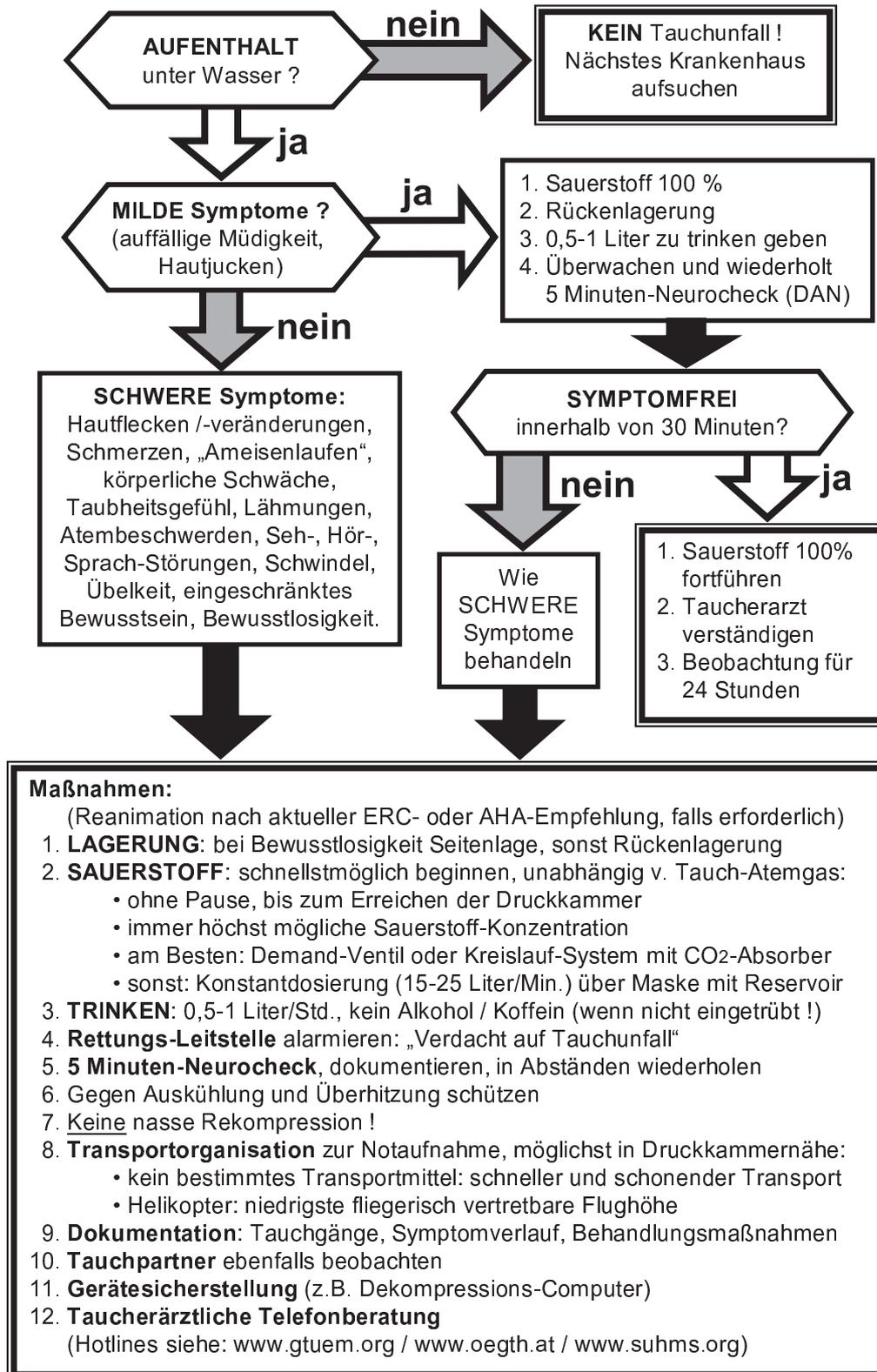
Die Erwägung einer erneuten Tauchtauglichkeit setzt die Beendigung der Tauchunfall-Therapie und die Stabilität des Behandlungs-Ergebnisses voraus.

Die Tauglichkeitsuntersuchung sollte erfahrenen Taucherärzten mit Mindest-Qualifikation entsprechend "Diving Medicine Physician EDTC" und praktischer Erfahrung in der Tauchunfall-Behandlung vorbehalten sein.

### Systematik der Tauchunfälle



## Flussdiagramm „Tauchunfall-Management“



**Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen**

	<b>Dekompressionskrankheit (DCS) (Decompression Sickness)</b>	<b>Arterielle Gasembolie (AGE)</b>
<b>Pathogenetische Faktoren</b>	Größere Tauchtiefe / hohe Umgebungsdrücke <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Expositionszeit</li> <li>• Aufsättigung der Körpergewebe mit Inertgas (je nach verwendetem Atemgas)</li> <li>• Zu rasches Auftauchen nach längeren und/oder tiefen Tauchgängen mit hoher Aufsättigung</li> </ul>	Übertritt von Gasblasen in die arterielle Strombahn beim Tauchen durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulmonales Barotrauma mit Überblähung der Lunge</li> <li>• Paradoxe Embolie bei DCS durch                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Übertritt von venös entstandenen Gasblasen über die Lungengefäße</li> <li>b) Übertritt von venös entstandenen Gasblasen über ein persistierendes Foramen ovale (PFO)</li> </ol> </li> </ul>
<b>Zeit bis zum Auftreten von Symptomen</b>	Minuten bis Stunden, maximal 24 Stunden nach Tauchgangsende (bei besonderer Konstellation max. 48 Std.)	Minuten nach Tauchgangsende, eventuell bereits während des Auftauchens
<b>Symptome</b>	<p><b><u>DCS Typ I</u></b>  <b>Hautsymptome („Taucherflöhe“)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juckreiz</li> <li>• Punktförmige Rötung</li> <li>• Schwellung</li> <li>• Marmorierung der Haut *</li> </ul> <p><b>Muskel- und Gelenkschmerzen („Bends“):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Große und mittelgroße Gelenke (auch belastungsabhängig)</li> <li>• Skelettmuskulatur.</li> <li>• Selten: Hand- und Fußgelenke</li> </ul> <p><b>Lymphsystem:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwollene, druckschmerzhafte Lymphknoten (selten)</li> </ul> <p><b>Sonstiges:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auffällige Müdigkeit *</li> </ul> <p><b><u>DCS Typ II</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apathie / Bewusstlosigkeit</li> <li>• Schwindel / Erbrechen</li> <li>• Sensibilitätsstörungen, Paresen, Paraplegie</li> <li>• Blasen- und Mastdarmschwäche</li> <li>• Gestörte Muskelkoordination</li> <li>• Hör / Seh / Sprachstörungen</li> <li>• Akute Dyspnoe („Chokes“) mit Brustschmerz, Husten, Erstickungsgefühl</li> <li>• Zusätzlich gegebenenfalls Muskel- / Gelenkschmerzen schon während des Auftauchens (Verteilung wie bei Typ I)</li> <li>• Sonstige neurologische Symptome</li> </ul>	<p><b><u>AGE</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apathie / Bewusstlosigkeit</li> <li>• Schwindel / Erbrechen</li> <li>• Verwirrtheit, Desorientiertheit</li> <li>• Sprach- und/oder Sehstörungen</li> <li>• Nervenausfälle unterschiedlicher Ausprägung: von leichten Sensibilitätsstörungen bis zur kompletten Lähmung</li> <li>• Bei Mitbeteiligung des Atemzentrums: Blutdruckabfall, Atemstörungen, Herzstillstand</li> <li>• Pupillenasymmetrie möglich: einseitig weite Pupille</li> <li>• Sonstige neurologische Symptome</li> </ul>

\*) Diese Symptome können auch Zeichen von DCS Typ II oder AGE sein !

## Differentialdiagnosen von Tauchunfällen

*Häufig ist die sichere Unterscheidung zwischen DCS und AGE am Unfallort schwierig. Mischformen sind häufig. Hinweis: Die Behandlung ist gleich.*

	<b>Differential-Diagnose</b>	<b>Klinische Symptome</b>
<b>DCI mit Innenohr-symptomen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barotrauma des Innenohres (Ruptur der Rundfenster-Membran)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hörverlust</li> <li>• Tinnitus</li> <li>• Vertigo</li> </ul> <p>CAVE: die oben genannte klassische Symptomtrias ist oft nur unvollständig vorhanden</p>
<b>DCI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zerebraler Insult durch Embolie oder Blutung</li> <li>• Vertebrale Diskusprolaps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motorische, sensible oder Hirnnerven-Ausfälle</li> <li>• Querschnitts-Symptomatik</li> </ul>
<b>DCI</b>	Herzinfarkt	zum Beispiel Schmerzen linke Schulter
<b>DCI</b>	Hypoglykämie	zum Beispiel Bewusstlosigkeit
<b>DCI (AGE)</b>	Epilepsie	zum Beispiel Krampfanfall
<b>Verdacht auf DCI Unsichere Symptome</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atemgaskontamination (CO u.a.m.)</li> <li>• toxische Gaseffekte bei Mischgastauchen</li> <li>• Hypercapnie bei inadäquater Atmung (skip breathing)</li> <li>• Hyperventilation bei psychischem Stress</li> <li>• Hypoglykämie</li> <li>• Psychotrope Medikamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopfschmerz</li> <li>• Bewusstseinstörung</li> <li>• Schwindel</li> </ul>

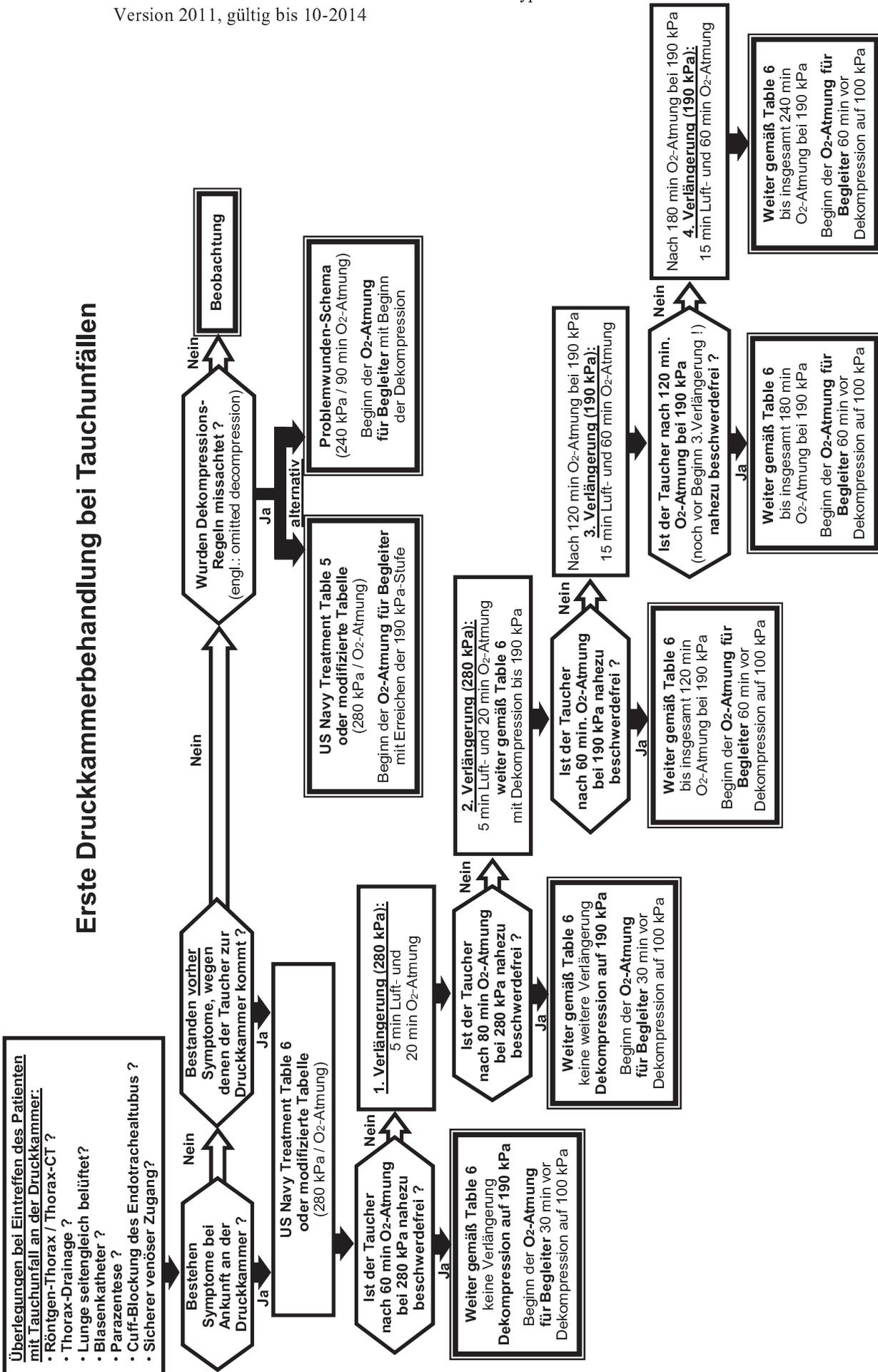
**„5 Minuten-Neurocheck“ (DAN Europe)**

*Der Neurocheck ist eine im zeitlichen Verlauf durchgeführte orientierende klinische und neurologische Untersuchung, zur Symptomkontrolle und Dokumentation.*

Durchgang Nr. 1		1. Orientierung	Durchgang Nr. 2	
Zeit:			Zeit:	
Ja	nein		ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher zur Person orientiert (Namen, Alter)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher örtlich orientiert (derzeitiger Aufenthaltsort)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher zeitlich orientiert (aktuelle Zeit, Datum)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	2. Augen	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kann der Taucher die ihm vorgehaltene Anzahl von Fingern wahrnehmen (2-3 Versuche)? Zuerst ist jedes Auge einzeln, erst danach beide zusammen zu überprüfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kann der Taucher ein entferntes Objekt identifizieren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher dazu in der Lage, dass er bei stillgehaltenem Kopf mit seinen Augen einem vor seinem Gesicht bewegten Finger folgt? Der Finger sollte in ca. 50 cm Abstand langsam von rechts nach links und von oben nach unten bewegt werden. Zu achten ist auf eine gleichförmige Bewegung beider Augen und auf eventuelle ruckartige Bewegungen in den Endlagen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sind die Pupillen des Tauchers gleich groß und rund und werden sie bei Lichteinfall enger? Auf Seitenunterschiede ist zu achten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	3. Gesicht	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert zu pfeifen. Auf eine symmetrische Bewegung beider Gesichtshälften und auf seitengleiche Muskelspannung ist dabei zu achten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert „die Zähne zu zeigen“. Auf eine symmetrische Bewegung beider Gesichtshälften und auf seitengleiche Muskelspannung ist dabei zu achten..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert die Augen zu schließen. Abwechselnd werden dann die linke und rechte Hälfte seiner Stirn und des Gesichts, berührt und der Taucher gefragt, ob seine Gefühlswahrnehmungen seitengleich sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	4. Gehör	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert seine Augen zu schließen. Dann werden in ca. 50 cm Entfernung vom rechten, anschließend vom linken Ohr des Tauchers Daumen und Zeigefinger aneinander gerieben und der Taucher gefragt, ob er das Geräusch seitengleich wahrnimmt. Die Überprüfung ist beidseits mehrmals durchzuführen. Bei Lärm in der Umgebung ist der Abstand eventuell zu verkürzen bzw. Lärmquellen abzustellen (andere Personen um Ruhe ersuchen, laufende Maschinen abschalten).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	5. Schluckreflex	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert zu schlucken. Zu beobachten ist, ob sich sein Adamsapfel gleichmäßig auf- und abwärts bewegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ja	nein	6. Zunge	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert seine Zunge gerade herauszustrecken. Zu beachten ist, ob sie sich genau in der Mitte befindet, oder Abweichungen nach rechts oder links zeigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	7. Muskelkraft	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert, beide Schultern hochzuziehen, während ihnen mit den Handflächen des Untersuchenden ein sanfter Widerstand entgegengesetzt wird. Dadurch ist leicht zu überprüfen, ob er beidseits die gleiche Kraft entwickeln kann, oder ob Seitenunterschiede vorliegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert, die Arme in den Ellenbogengelenken rechtwinkelig zu beugen. Er wird dann angewiesen seine Hände nach oben, nach unten und zur Seite zu bewegen, während seinen Bewegungen durch die Hände des Untersuchenden ein Widerstand entgegengesetzt wird. Zu beurteilen sind eventuelle Seitenunterschiede der groben Kraft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert sich flach auf den Rücken zu legen. Er wird dann angewiesen seine Knie gegen den Widerstand der Hände des Untersuchenden zu heben bzw. die Sprunggelenke gegen Widerstand auf- und ab zu bewegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	8. Gefühlswahrnehmung	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert die Augen zu schließen. Abwechselnd werden dann im Seitenvergleich die linke und rechte Hälfte seines Rumpfes, dann die Außen- und Innenseiten seiner Extremitäten berührt und der Taucher gefragt, ob seine Gefühlswahrnehmungen seitengleich sind. Das Ergebnis der Untersuchung muss für jede Körperregion beurteilt und aufgezeichnet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein	9. Gleichgewicht und Koordination	ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert aufzustehen, die Füße parallel zusammen zu stellen, die Arme nach vorne zu strecken, die Handflächen nach oben zu richten und die Augen zu schließen. Der Taucher sollte in der Lage sein, das Gleichgewicht zu halten, wenn der Boden unbewegt ist. <b>Achtung:</b> Während dieses Tests muss der Untersuchende darauf vorbereitet sein, dass der Taucher stürzen könnte, und dazu bereit sein, ihn aufzufangen!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert die Augen zu schließen. Er wird dann angewiesen, seine Arme nach vorne zu strecken und abwechselnd mit seinen Zeigefingern seine Nasenspitze zu berühren. Zu beurteilen sind eventuell Seitenunterschiede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Taucher wird aufgefordert sich flach auf den Rücken zu legen. Er wird angewiesen, abwechselnd eine Ferse über die vordere Schienenseite des anderen Beines zu bewegen. Zu beachten sind eventuell Seitenunterschiede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>10. Sonstige Bemerkungen und Beobachtungen:</b>				

Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfällen



**Leitlinienreport zu der methodischen Vorgehensweise bei der  
Entwicklung der Leitlinie Tauchunfall der GTÜM e.V.  
(AWMF-Register-Nr.: 072-001) in Zusammenarbeit mit der ÖGTH in  
Österreich und der SUHMS in der Schweiz**

**1. Geltungsbereich und Zweck****1.1 Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas**

Diese Leitlinie soll eine Hilfe für medizinische Entscheidungsprozesse im Rahmen einer leistungsfähigen Versorgung der Patienten darstellen. Im Rahmen der Qualitätssicherung stellt sie eine qualitativ hochstehende medizinische Versorgung auch unter dem Gesichtspunkt ökonomischer Zwänge dar. Sie gibt dem einzelnen Arzt in einem Notfallbereich weit abseits der Routine Informationen und Instruktionen über den aktuellen Stand der medizinischen Erkenntnisse.

**1.2 Zielorientierung der Leitlinie**

Die Leitlinie legt den aktuellen Stand der Erkenntnisse in der Behandlung von Tauchunfällen dar

- in der Ersten Hilfe durch Laien, medizinisches Assistenzpersonal und Ärzte
- in den Prinzipien der Rettungskette und des Transports verunfallter Taucher
- in der ersten definitiven Therapie von Tauchunfällen
- in der weiteren medizinischen Versorgung von Tauchunfällen

**1.3 Patientenzielgruppe**

Alle Personen ohne Beschränkungen hinsichtlich Geschlecht, Alter, Krankheitsstadium oder Begleiterkrankungen, die einen Tauchunfall gemäß Definition der Leitlinie erlitten haben.

**1.4 Versorgungsbereich**

Diese Leitlinie umfasst sowohl den ambulanten Versorgungsbereich als auch den klinisch stationären Versorgungssektor. Die Leitlinie weist auf die Früherkennung von Tauchunfällen hin, beschreibt die notwendige Diagnostik und im Sinne des Leitlinienthemas die notwendige Therapie. Entsprechend 1.2 erfolgt eine präzise Beschreibung für primäre Maßnahme durch medizinischen Laien sowie medizinische Fachpersonal.

**1.5 Anwenderzielgruppe/Adressaten**

Betroffen und indirekte Anwender dieser Leitlinie sind alle Taucher. Gleichzeitig werden den Tauchern und insbesondere verantwortlichen Tauchlehrern konkrete Entscheidungs- und Handlungsprozesse für eine fachgerechte primäre Versorgung von Tauchunfällen vorgegeben. Nebenmedizinischen Laienhelfern ist im Rahmen der Notfallversorgung das medizinische Fachpersonal der Rettungsdienste einschließlich der erstbehandelnden Ärzte Anwender dieser Leitlinie. Zusätzlich sollen sowohl den primärversorgenden

Ärzten in den Notaufnahmen der Krankenhäuser als auch den weiterbehandelnden Ärzten an therapeutischen Druckkammern die Entscheidungs- und Handlungsprozesse der Leitlinie Tauchunfall anwenden. Indirekte Anwender einer leitliniengemäßen Behandlung von Tauchunfällen im weiteren Sinne sind ebenso Kostenträger der Krankenversorgung und Entscheidungsträger im gesundheitspolitischen Bereich.

## **2. Zusammensetzung der Leitliniengruppe: Beteiligung von Interessensgruppen**

### 2.1 Repräsentativität der Leitliniengruppe: Beteiligte Berufsgruppen

Die Leitliniengruppe wurde in Bezug auf die Anwendergruppen repräsentativ zusammengesetzt.

Vorsitz der Expertengruppe

- Dr. med. Frank Hartig, Referent für Tauchmedizin der ÖGTH (Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin), Notfallmediziner, Tauchlehrer  
Expertengruppe
- Dr. med. Wolfgang Förster, Leiter des Arbeitsmedizinischen Dienstes der Berufsgenossenschaft Bau, Arbeitskreis Überdruck (Berufstaucher, Druckluftbaustellen)
- Dr. med. Wolfgang Hühn, Verband Deutscher Druckkammern e.V.
- Dr. med. Peter Knessl, Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser und Hyperbarmedizin, Notfallmediziner
- Dr. med. Konrad Meyne, Leiter Fachbereich Tauchmedizin Verband Deutscher Sporttaucher e.V., Notfallmediziner, Tauchlehrer
- Dr. med. Volker Warninghoff, Abteilungsleiter Tauch- und Überdruckmedizin, Schifffahrtmedizinisches Institut der Marine - Dr. med. Wilhelm Welslau, Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V., Notfallmediziner

Für die Zusammensetzung der Entwicklungsgruppe wurde sowohl die tauchmedizinische Expertise als auch die Repräsentation der Anwendergruppen Taucher (Sporttaucher, Berufstaucher, Druckluftarbeiter), Tauchlehrer (Erste-Hilfe durch Laien), medizinisches Assistenzpersonal (Rettungsdienst, präklinische Notfallmedizin) und Ärzte (präklinische/klinische Primärversorgung und Weiterbehandlung in Druckkammern) berücksichtigt.

### 2.2 Repräsentativität der Leitliniengruppe: Beteiligung von Patienten

Patienten im Sinne der Leitlinie Tauchunfall sind Taucher. Alle beteiligten Experten der Leitliniengruppe sind zumindest erfahrene Sporttaucher und somit potentiell selbst betroffen. Dr. Frank Hartig (Tauchlehrer bei Barakuda International) und Dr. Konrad Meyne (Tauchlehrer im Verband deutscher Sporttaucher) übernahmen insbesondere die Patientenvertretung für Sporttaucher und nicht-berufliche Taucher. Dr. Wolfgang Förster vertrat als Leiter des Arbeitsmedizinischen Dienstes die Berufstaucher.

### **3. Methodologische Exaktheit**

#### **Recherche, Auswahl und Bewertung wissenschaftlicher Belege (Evidenzbasierung)**

##### 3.1 Formulierung von Schlüsselfragen

Für die Erarbeitung der Leitlinie wurden von der Expertengruppe Schlüsselfragen formuliert. Diese Schlüsselfragen beinhalteten die Forderungen nach einer systematischen und sensitiven Erfassung von Erkrankungssymptomen, nach einer Hilfe für medizinische Entscheidungsprozesse im Rahmen einer leistungsfähigen Versorgung der Patienten und einer ökonomischen Beurteilung.

##### 3.2 Verwendung existierender Leitlinien zum Thema

Für die Erarbeitung dieser vorliegenden Leitlinie wurden die Leitlinien Tauchunfall der vorausgehenden Entwicklungsstufen zugrunde gelegt. Auf die existierenden Leitlinien zur Wiederbelebung von ERC/AHA wurde gegebenenfalls verwiesen.

##### 3.3 Systematische Literaturrecherche

Der Expertengruppe stand für die computergestützte Literatur-Recherche die Literatur-Datenbank der GTÜM e.V. zur Verfügung (Access-Datenbank mit Suchprogramm incl. Volltextsuche, monatliches Update durch Bibliothekarin der GTÜM e.V., erhältlich über „www.gtuem.org“, letzter Stand: März2011):

#### Liste der verwendeten Datenquellen:

##### Datenbanken:

- MEDLINE Standard incl. SERLINE (seit 1966, Medline on Silverplatter)
- Cochrane Library
- Databank of Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS), U.S.A.
- National Library of Medicine (NLM), U.S.A.
- Dt. Institut f. Medizinische Dokumentation u. Information (DIMDI), Deutschland

##### Kongressberichte:

- European Underwater and Baromedical Society (EUBS): 1973, 1977, 1983, 1985, 1987 ff.
- Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS): 1979, 1980, 1984, 1985, 1988, 1991 ff.
- International Congress on Hyperbaric Medicine (ICHM): 1987, 1990, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005, 2008
- 2nd International Congress on Hyperbaric Oxygenation 1964
- International Symposium on Hyperbaric Physiology and Medicine 1997
- 1st ECHM Consensus Conference, Lille, 1994
- 2nd ECHM Consensus Conference, Marseille, 1996
- 7th ECHM Consensus Conference, Lille, 2004

##### Sonstige Quellen (Bücher):

- Kindwall, Hyperbaric Medicine Practice (1994)
- Elliott, Medical Assessment of Fitness to Dive (1995)
- Divers Alert Network, The Best of Alert Diver (1997)

- Brubakk & Neuman (Eds.): Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving, 5th Ed., 2003
- Edmonds, Lowry, Pennefather, Walker: Diving and Subaquatic Medicine, 4th Ed., 2002

Verwendete Parameter für Datenbank-Suchen:

(Search profile für MEDLINE, Profile für andere Datenbanken sind sehr ähnlich)

- HBO or hyperbaric oxygen or hyperbaric-oxygen or hyperbaric-oxygenation or hyperbaric oxygenation or hyperbaric-oxigenation or hyperbaric oxigenation or hyperbaric-therapy or hyperbaric therapy or hyperbaric-medicine or hyperbaric medicine
- Hyperbaric hyperoxia or hyperbaric-hyperoxia or oxygen toxicity or oxygen-toxicity or oxygenintoxication or oxygen-intoxication or nitrogen toxicity or nitrogen-toxicity or nitrogen intoxication or nitrogen-intoxication
- inert gas narcosis or inert-gas-narcosis or nitrogen narcosis or nitrogen-narcosis or HPNS or high pressure neurological syndrome or high-pressure-neurological-syndrome or high pressure nervous syndrome or high-pressure-nervous-syndrome
- caisson or barotrauma or recompression or gas-embolism or gas embolism or decompression sickness or decompression-sickness or decompression illness or decompression-illness or arterial air embolism or arterial-air-embolism
- diving or submarine-medicine or submarine medicine or submarine escape training or submarine-escape-training or escape training or escape-training or decompression chamber or decompression-chamber or hyperbaric-chamber or hyperbaric chamber or undersea-biomed-res or undersea-hyperb-med
- diver in TI
- diver in AB
- diver in MESH
- divers in TI
- divers in MESH

Verwendete Deskriptoren:

Die Literatur-Datenbank der GTÜM e.V. verwendet die gleichen Medical Subject Headings (MeSH)- Deskriptoren wie MEDLINE.

Die Eingrenzung der relevanten Literatur zu den einzelnen Unterthemen in der Leitlinie erfolgte durch die Experten anhand der zu beantwortenden Fragestellungen. Zusätzlich erfolgte eine Handsuche nach relevanter Literatur durch jeden der beteiligten Experten, es wurden hierfür keine Einschränkungen oder Reglementierungen festgelegt.

### 3.4 Auswahl der Evidenz

Es wurden wo möglich Studien der Evidenzklasse I herangezogen. In wesentlichen Bereichen waren jedoch Studien der Evidenzklasse I nicht vorhanden und können aus ethischen Gründen auch nicht erstellt werden. Dies geschieht in Übereinstimmung mit anderen Bereichen der Medizin, für die aus den o.g. Gründen trotz weltweiter Akzeptanz der Therapiemaßnahmen keine entsprechenden randomisierten Studien zur Verfügung.

### 3.5 Bewertung der Evidenz

Im Rahmen der Leitlinienentwicklung der Stufe 2k erfolgte keine Bewertung der Evidenz.

### 3.6 Erstellung von Evidenztabelle

Im Rahmen der Leitlinienentwicklung der Stufe 2k erfolgte keine Bewertung der Evidenz.

## **Formulierung der Empfehlungen und strukturierte Konsensfindung**

### 3.7 Formale Konsensfindung: Verfahren und Durchführung

Stufe 1: Die vorliegende Leitlinie basiert auf der 2002 erstmals erstellten und 2005 überarbeiteten „Leitlinie Tauchunfall“. Zur Erstellung der Leitlinie in Stufe 1 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 12/2004) wurde ehemals eine repräsentative Expertengruppe gebildet. Der gesamte Schriftwechsel im Rahmen der Leitlinienerstellung wurde mit der gesamten Expertengruppe diskutiert. Es wurde im informellen Konsens eine Empfehlung erarbeitet, die vom Vorstand der Fachgesellschaft verabschiedet wurde.

Stufe 2: Zu der in Stufe 1 erstellten Leitlinie wurde in Stufe 2 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 12/2004) am 19.-20.04.2008 auf einer Konsensuskonferenz nach dem „National Institutes of Health“-Vorbild im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM e.V. beraten und das Ergebnis am Konferenzende festgeschrieben.

Stufe 2k: Die Expertengruppe wurde 6 Monate vor der Konsensuskonferenz vom 18.-20.03.2011 eingesetzt. Die nach der systematischen Literaturrecherche relevante Literatur stand allen Experten zur Verfügung. Da seit der Verabschiedung der letzten Leitlinie (20.04.2008) keine Studien der Evidenzklasse 1 neu veröffentlicht wurden, ist die Leitlinie entsprechend den methodischen Empfehlungen der AWMF erneut im Rahmen eines Konsensusverfahrens entwickelt worden. Im Rahmen des Schriftverkehrs während der Erstellung der Leitlinie wurden durch die Expertengruppe systematische Fehlermöglichkeiten und insbesondere Konflikte ausführlich diskutiert. Systematische Fehler konnten nicht festgestellt werden.

Alle für die Konsensuskonferenz vorbereiteten Entscheidungen, Statements und dargestellten Schlüsselempfehlungen der Expertengruppe wurden einstimmig getroffen.

Entsprechend den Empfehlungen der AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 12/2004), wurden die vorformulierte Fragen und Stellungnahmen der Expertengruppe am 18.03.2011 auf einer Konsensuskonferenz nach dem „National Institutes of Health“-Vorbild im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM/ÖGTH/SUHMS präsentiert. Das tauchmedizinische Fachpublikum der Tagung (ca. 150 Teilnehmer) hatte die Möglichkeit in der Diskussion die Stellungnahmen zu hinterfragen und zu ergänzen. Die nachstehende unabhängige international besetzte Jury übernahm in einem Panel die Funktion der neutralen Moderation und Präzisierung der Diskussion mit den Konferenzteilnehmern.

Vorsitz der Jury

- Dr. Ulrich van Laak (DAN Europe)

Jurymitglieder

- Prof. Dr. Alf O. Brubakk (NTNU, Norwegen)

- Dr. Claudio Camponovo (SUHMS)

- Dr. Rob van Hulst (Holländische Marine)

- PD Dr. Andreas Koch (Deutsche Marine)

- Dr. Peter Müller (EUBS)
- Dr. Roswitha Prohaska (ÖGTH)

Im Anschluß folgte innerhalb der Leitliniengruppe eine Präsentation der Stellungnahmen der Experten und der Kommentare Abschnitt für Abschnitt des vorliegenden Leitlinienmanuskripts. Im Umlaufverfahren wurden die Ergänzungen registriert und gegebenenfalls durch den moderierenden Vorsitzenden der Jury (Dr. Ulrich van Laak) zusammengefasst. Wo erforderlich wurde eine Rangfolge der einzelnen Kommentare erstellt. Im Anschluss an die Diskussion der einzelnen Punkte erfolgte eine endgültige Abstimmung der Expertengruppe per Handzeichen. Die vorliegende Leitlinie wurde im abschließenden Umlauf von den Experten der Leitliniengruppe (siehe 2.1) mit einem einstimmigen Konsens am 20.03.2011 festgeschrieben.

### 3.8 Berücksichtigung von Nutzen, Nebenwirkungen-relevanten Outcomes

Die Erkenntnisse zur Behandlung von Dekompressionsunfällen mit einer hyperbaren Sauerstofftherapie (Druckkammerbehandlung) gehen auf historisch, empirische Erfahrungen zurück. Die Rekompensation stellt bis heute die einzige kausale Behandlungsmöglichkeit für Dekompressionsunfälle dar. Bis heute wurden die Behandlungsstrategien durch Grundlagenforschungen, Tierversuche und die Wirksamkeit in Beobachtungsstudien zahlreicher behandelter Tauchunfälle hinreichend belegt und weiter entwickelt. Die Rekompationsbehandlung ist heute weltweit als medizinischer „Goldstandard“ zur Therapie von Dekompressionskrankheit und arterieller Gasembolie anerkannt.

Aufgrund des pathophysiologischen Ablaufs wird ein schwerer Tauchunfall mit neurologischen Ausfällen die bestmöglichen Erfolgsaussichten nur bei einem Beginn der hyperbaren Sauerstofftherapie innerhalb von maximal 2 Stunden haben. Die ansteigende Gefahr von Restsymptomen wird bei Zeitverzug mit bis zu 30% angegeben.

Randomisierte, placebo-kontrollierte prospektive Studien mit einer aussagekräftigen Fallzahl untersuchter Patienten sind nicht verfügbar und ethisch nicht vertretbar.

Die Rekompensation mit Sauerstoffatmung ist nicht ohne mögliche Nebenwirkungen.

Aufgrund der hohen Sauerstoffpartialdrücke besteht das prinzipielle Risiko eine Sauerstoffintoxikation. Dieses Risiko existiert vor allem für das zentrale Nervensystem, die Lunge und die Augen. bei fachgerechter Durchführung der heute etablierten, leitliniengemäßen Therapieschemata ist das Auftreten der genannten Nebenwirkungen gering. Das Risiko des sauerstoffinduzierten Krampfanfalls wird mit ungefähr 1:10.000 angegeben.

In jedem Fall überwiegen die Vorteile der hyperbaren Sauerstoffatmung die prinzipiell möglichen Risiken.

### 3.9 Formulierung der Empfehlungen und Vergabe von Evidenzgraden und/ oder Empfehlungsgraden

entfällt (S2k-Leitlinie)

#### **4. Externe Begutachtung und Verabschiedung**

##### 4.1 Pilottestung

Die Empfehlungen, Schlüsselempfehlungen und Therapieschemata der vorliegenden Leitlinie bestehen prinzipiell seit Jahrzehnten und in Form einer Leitlinienempfehlung für Deutschland seit 2002. Es besteht ein anerkanntes überragendes Nutzen/Risiko Verhältnis entsprechend 3.8.

##### 4.2 Externe Begutachtung

Die Publikation der vorliegenden Leitlinie ist wie für die vorausgehende Leitlinien (Anästh Intensivmed 2008;49:663-671) in einem indexierten und referierten Journal vorgesehen.

##### 4.3 Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden

Fachgesellschaften/Organisationen Die in der Expertengruppe konsentrierte Leitlinie wurde dem Vorstand der GTÜM am 20.03.2011 zur Begutachtung und Autorisierung eingereicht. Nachdem keine Änderungswünsche bestanden, wurde die vom GTÜM-Vorstand autorisierte Leitlinie am 04.05.2011 an die weiteren mitbeteiligten Fachgesellschaften (SUHMS, ÖGTH) zur Begutachtung innerhalb von vier Wochen elektronisch versendet. Alle mitbeteiligten Fachgesellschaften autorisierten die Leitlinie ohne inhaltliche Änderungswünsche.

#### **5. Redaktionelle Unabhängigkeit**

##### 5.1 Finanzierung der Leitlinie

Es erfolgte keine Unterstützung durch Dritte. Sämtliche anfallenden Kosten im Zusammenhang mit der Leitlinienerstellung inklusive zu erstattender Auslagen der Experten (siehe 2.1) und Jury-Mitglieder (siehe 3.7) wurden von der GTÜM getragen.

##### 5.2 Darlegung von und Umgang mit potenziellen Interessenkonflikten

Die Darlegung von möglichen Interessenkonflikten erfolgte für die Experten der Leitliniengruppe in der von der AWMF vorgeschlagenen Form.

#### **6. Verbreitung und Implementierung**

##### 6.1 Konzept zur Verbreitung und Implementierung

Die Publikation der Leitlinie insbesondere in der notfallmedizinischen Fachliteratur ist wesentlicher Bestandteil der Verbreitung. In den Fortbildungs-Kursen und ärztlichen Weiterbildungs-Kursen der tauchmedizinischen Fachgesellschaften (GTÜM, ÖGTH, SUHMS) ist der Vermittlung der Leitlinienempfehlungen essentieller Bestandteil.

Die Information der betroffenen Taucher und medizinischen Laien erfolgt über die Implementierung der Leitlinienempfehlungen in die Tauchausbildung und über Zeitschriften.

## 6.2 Unterstützende Materialien für die Anwendung der Leitlinie

Die Schlüsselempfehlungen der Leitlinie wurden mit schnell erfassbaren Flussdiagrammen dargestellt.

## 6.3 Diskussion möglicher organisatorischer und/oder finanzieller Barrieren gegenüber der Anwendung der Leitlinienempfehlungen

Aufgrund einer bundesweit abnehmenden Zahl leistungsfähiger und uneingeschränkt einsatzbereiter Behandlungsdruckkammern, stellt die Organisation der Notfallversorgung eine erhebliche Schwierigkeit dar. Durch die fehlenden Behandlungsalternativen können keine abweichenden Therapieempfehlungen gegeben werden.

Die Diskussion der ökonomischen und gesundheitspolitischen Schwierigkeiten in Deutschland muss zukünftig eine stärkere Berücksichtigung finden.

## **7. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren**

### 7.1 Datum der letzten inhaltlichen Überarbeitung und Status (Gültig bis..Datum)

20.03.2011

### 7.2 Aktualisierungsverfahren

Eine Überarbeitung der Leitlinie Tauchunfall ist bis Oktober 2014 vorgesehen.