

Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.



Leitlinie Tauchunfall

verfasst von Wilhelm Welslau und Mitarbeitern

erstellt am 13.10.2002 - gültig bis Okt. 2005

Inhalt

Leitlinie Tauchunfall

Vorbemerkungen	Seite 2
Definition	Seite 4
Erstmaßnahmen am Unfallort	Seite 5
- Erste Hilfe durch Laien	Seite 5
- Erste Hilfe durch medizinisches Personal	Seite 8
Transport zur Behandlungs-Druckkammer	Seite 9
Erste Druckkammer-Behandlung	Seite 10
Transport zum Behandlungszentrum	Seite 11
Druckkammer-Folgebehandlungen	Seite 12
Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall	Seite 14
Verzeichnis der relevanten Fachliteratur	Seite 14
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	Seite 17

Anlagen

1 Zusammenfassung der Leitlinie	Seite 19
2 Blockgrafik „Systematik der Tauchunfälle“	Seite 24
3 Flussdiagramm „Tauchunfall-Management“ (mod. nach DAN Europe)	Seite 25
4 Tabelle "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen"	Seite 26
5 Tabelle "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen"	Seite 27
6 Checkliste „5 Minuten Neurocheck" (DAN Europe)	Seite 28
7 Flussdiagramm „Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfall“	Seite 30
8 „Problemwunden-Schema“ (GTÜM e.V.)	Seite 31
9 Leitlinien-Erklärung	Seite 32

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 (SGUHM). Die Entwicklung erfolgte ohne Unterstützung durch Dritte.

Autoren

Die Leitlinie wurde durch eine Expertengruppe unter der Leitung von Dr. med. Wilhelm Welslau (GTÜM) erstellt. Mitglieder der Expertengruppe waren: Dr. med. Wilfried Beuster (ÖGTH), Dr. med. Wolfgang Förster (Tiefbau-BG), Dr. med. Günter Frey (Bundeswehrkrankenhaus Ulm), Dr. med. Armin Kemmer (BG-Unfallklinik Murnau), Dr. med. Ulrich van Laak (DAN Europe), Dr. med. Claus-Martin Muth (Universität Ulm), Dr. med. Doreen Peusch-Dreyer (VDD), Prof. Dr. med. Peter Radermacher (Universität Ulm), Dr. med. Adel Taher (Hyperbaric Medical Center Sharm el Sheikh, Ägypten), Dr. med. Jürg Wendling (SGUHM), Dr. rer. nat. Jürgen Wenzel (DLR, Institute for Aerospace Medicine, Köln), Norbert Zanker (Tauchlehrer, Belgien)

Evidenzeinstufung

Zur Erstellung der Leitlinie in Stufe 1 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 02/2000) wurde in 12/2001 die oben genannte repräsentative Expertengruppe gebildet.

Zur in Stufe 1 erstellten Leitlinie wurde in Stufe 2 nach AWMF (Methodische Empfehlungen, s.o.) am 12.10.-13.10.2002 auf einer Konsensuskonferenz im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM e.V. 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 Prof. Dr. med. Alf O. Brubakk (Universität Trondheim, Norwegen). Mitglieder: Dr. med. Peter Germonpre (DAN Europe, Belgien), Dr. med. Clemens Mader (ÖGTH, Österreich), Dr. rer. nat. Klaus Müller (DLR, Institute for Aerospace Medicine, Köln), Dr. med. Peter Müller (EJUHM), Dr. med. Peter Nussberger (SGUHM, Schweiz), Dr. med. Giso Schmeißer (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - HVBG), Dr. med. Wilhelm Welslau (GTÜM).

Gültigkeit

Die Leitlinie wurde in Stufe 2 am 13.10.2002 durch die Jury und das Fachpublikum der Konsensuskonferenz approbiert. Die Leitlinie ist bis Oktober 2005 gültig. Sie wird spätestens alle 3 Jahre überarbeitet.

Die Überarbeitung erfolgt durch eine Expertengruppe, die durch Vertreter der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften GTÜM, ÖGTH und SGUHM gebildet wird. Kommt ein solches Gremium nicht zustande, so wird jedenfalls eine solche Expertengruppe spätestens 6 Monate vor der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM durch die GTÜM allein gebildet. Die Expertengruppe überprüft die Leitlinie auf ihre Gültigkeit (Leitlinie Stufe 1). Im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung werden erforderliche Änderungen der Leitlinie in einer Konsensuskonferenz erneut als Stufe 2-Leitlinie verabschiedet.

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 dem einzelnen Arzt in einem Notfallbereich weit abseits der Routine Informationen und Instruktionen über den aktuellen Stand der medizinischen Erkenntnisse. Dargelegt wird der aktuelle Stand der Erkenntnisse in der Behandlung von Tauchunfällen:

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

Zielgruppen der Leitlinie sind:

- Alle Taucher, insbesondere alle Tauchlehrer und andere Laienhelfer
- erstbehandelnde Ärzte und Notärzte, sowie Rettungsorganisationen
- alle Ärzte an therapeutischen Druckkammern

Anwendbarkeit

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

Regionale Anpassung

In Österreich und der Schweiz müssen national die Behörden und Organisationen gesondert eingebunden werden. Dies geschieht in der Verantwortung der ÖGTH (Österreich) und der SGUHM (Schweiz) und wird an dieser Stelle nicht ausgeführt. Andere regionale Anpassungen sind nicht sinnvoll und nicht notwendig.

Definition

Der Tauchunfall ist ein potentiell lebensbedrohliches Ereignis, hervorgerufen durch raschen 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 dem Tauchunfall kann eine Dekompressions-Erkrankung entstehen (englisch „Decompression Illness“, die international übliche Abkürzung hierfür ist „DCI“). Der Tauchunfall wird daher auch als Dekompressions-Unfall bezeichnet. Tauchunfälle können abhängig vom Entstehungsmechanismus in Dekompressions-Krankheiten (englisch „Decompression Sickness“, Abkürzung „DCS“) und arterielle Gasembolien (englisch „Arterial Gas Embolism“, Abkürzung „AGE“) unterschieden werden (siehe Anlage 2 "Systematik der Tauchunfälle").

Die DCS tritt nach längerem Aufenthalt im Überdruck und entsprechender Inertgas-Aufsättigung auf. Sie wird klassisch in die „DCS Typ I“ mit dem Leitsymptom „muskuloskeletale Schmerzen“ und die „DCS Typ II“ mit neurologischer Symptomatik unterschieden. Diese Systematik wird auch in dieser Leitlinie verwendet (siehe unten Kasten „Symptomatik“). Parallel hierzu wird weltweit eine für medizinische Laien (= Taucher) gedachte Einteilung in „Milde Symptome“ (starke Müdigkeit, Hautjucken) und „Schwere Symptome“ unter Einbeziehung der AGE verwendet (siehe Anlage 3 „Tauchunfall-Management“). Daneben werden weitere Klassifizierungen verwendet, die sich jedoch bisher nicht allgemein durchsetzen konnten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden sie in der Leitlinie nicht genannt, obwohl sie in mancher Hinsicht Vorteile gegenüber der klassischen Einteilung bieten.

Die AGE ist typischerweise die Folge eines Lungen-Barotraumas mit Überdehnung der Lunge. Ursächlich ist ein ungenügendes Entweichen von Luft aus der Lunge während der Reduktion des Umgebungsdrucks beim Aufstieg. Als Nebenfunde sind ein Pneumothorax und/oder ein Mediastinalemphysem möglich. Darüber hinaus kann es bei massiver Blasenbildung auf der venösen Seite durch verschiedene Shuntmechanismen zu einem Übertritt von Gas ins arterielle System kommen, z.B. 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 (siehe Anlage 4 "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen" und Anlage 5 "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen").

Erstmaßnahmen am Unfallort

Bei Tauchunfällen ist/sind Ersthelfer in der Regel der/die Tauchpartner oder Sicherungstaucher. Der Erfolg der Ersten Hilfe-Maßnahmen und der weiteren Behandlung hängt entscheidend davon ab, dass die Ersthelfer schnell und richtig handeln. Voraussetzung hierfür ist

- a) eine entsprechende Ausbildung aller Taucher,
- b) das Vorhandensein einer auf die Tauchgangs-Planung angepassten Notfallausrüstung, sowie
- c) sichere Kommunikationsmittel (zum Beispiel Mobiltelefon und Telefonnummern).

Nur dann können die in dieser Leitlinie angegebenen Maßnahmen auch wirkungsvoll durchgeführt werden.

Die Vorlage für Anlage 3 (Fließschema „Tauchunfall-Management“) stammt von Divers Alert Network Europe. Das Fließschema in Anlage 3 weicht in einigen Punkten vom DAN-Schema ab. Da dieses aber unter Tauchern weit verbreitet ist wird darauf hingewiesen, dass das DAN-Schema grundsätzlich richtig ist und verwendet werden kann.

Erste Hilfe durch Laien

Entscheidung für Verdachtsdiagnose Tauchunfall bei folgenden Voraussetzungen:

- es wurde zuvor aus einem Tauchgerät unter Wasser geatmet, unabhängig von dem verwendeten Atemgas / der Atemgas-Mischung (eventuell nur ein Atemzug)
- es wurde zuvor aus einer Luftansammlung unter Wasser geatmet (zum Beispiel Wrack oder Höhle)
- es wurden zuvor Apnoe-Tauchgänge durchgeführt (in der Regel mehrere tiefe Tauchgänge)

und

- es liegt/liegen eines/mehrere der folgenden Symptome vor:

Milde Symptome

- extreme Müdigkeit
- Hautjucken („Taucherflöhe“)

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

Maßnahmen

- Sauerstoffgabe (100%, siehe unten)
- Flüssigkeitsgabe, 0,5 - 1 Liter oral
(keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke!)
- bei Unterkühlung weiteren Wärmeverlust verhindern (Decken, Dampfsperre)

- orientierende neurologische Untersuchung (siehe Anlage 6 „5 Minuten-Neurocheck“)
- keine nasse Rekompensation
- wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten: Arzt verständigen, 24 Stunden beobachten
- wenn noch Symptome nach 30 Minuten: wie schwere Symptome behandeln

Schwere Symptome

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

- Hautsymptome
- Schmerzen
- Ameisenlaufen
- Körperliche Schwäche
- Taubheitsgefühl
- Lähmungen
- Atembeschwerden
- Seh-, Hör-, Sprachstörungen
- Schwindel
- Übelkeit
- Eingeschränktes Bewusstsein
- Bewusstlosigkeit

Spezifische Erste Hilfe-Maßnahmen

- Lagerung
 - bei bewusstseinsklarem Taucher: Rückenlagerung
 - bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage
- Sauerstoffgabe (schnellstmöglicher Beginn)
 - bei intakter Eigenatmung unabhängig vom Bewusstseinszustand Atmung von 100% Sauerstoff (Abkürzung „O₂“) über dicht abschließende Maske mit
 - a) Demand-Ventil oder
 - b) Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid (Abkürzung „CO₂“),
 - c) gegebenenfalls über Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) mit Reservoirbeutel und Rückschlagventilen, wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen.Bewußtseinsklare Taucher können die Maske eventuell selbst halten.
 - bei insuffizienter Eigenatmung Masken-Beatmung mit 100% O₂-Zufuhr
 - a) Beatmungsbeutel mit O₂-Reservoir und O₂-Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) oder
 - b) Beatmungsbeutel mit 100% O₂ Demand-Ventil oder
 - c) Kreislauf-System mit CO₂-Absorber

Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen der Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden.

Auch bei sehr begrenztem O₂-Vorrat soll O₂ immer in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute.

- Flüssigkeitsgabe
 - Bei bewußtseinsklaren Opfern mit stabiler neurologischer Symptomatik und intaktem Schluckreflex schluckweise orale Gabe von 0,5-1 Liter Flüssigkeit/Stunde (keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke!)
 - Bei eingetrübten oder bewusstlosen Opfern oder bei gestörtem Schluckreflex keine orale Flüssigkeitsgabe! (intravenöse Volumengabe erforderlich)

Weitere Maßnahmen

- Gegebenenfalls Herz-Lungen-Wiederbelebung
- Orientierende neurologische Untersuchung (siehe Anlage 6 „5 Minuten-Neurocheck“)
- Wärmeverlust verhindern (geschützter Ort, Decken, Dampfsperre, möglichst wenig bewegen), keine aktive Wiedererwärmung (zum Beispiel auch heiß duschen), da dies evtl. zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome und anderen Problemen führen kann.

Taucherärztliche Telefonberatung

Schnellstmögliche Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen zu koordinieren, zum Beispiel

- nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
- internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
- Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Transport-Organisation

- Rettungsleitstelle alarmieren, „Verdacht auf Tauchunfall“ angeben
- Transportmittel
Es gibt keine prinzipielle Präferenz für ein bestimmtes Transportmittel, es ist das im Hinblick auf die Gesamt-Transportzeit schnellste und schonendste Transportmittel zu verwenden. Es besteht keine Einschränkung für einen Helikoptertransport (möglichst nicht höher als 1000 Fuss / 300 Meter Flughöhe über Grund).
- Transportziel
nächste erreichbare Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Behandlungs-Druckkammer
- Dokumentation
Bei Übergabe des Opfers 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, Tiefenmesser), sollten dem Taucher mitgegeben werden.
- Tauchpartner des verunfallten Tauchers sollen in die Beobachtung mit einbezogen werden.

Nasse Rekompensation

Für eine nasse Rekompensation gibt es in Mitteleuropa keine Indikation, sie ist zu unterlassen.

Erste Hilfe durch medizinisches Personal

Herz-Lungen-Wiederbelebung

falls erforderlich

Spezifische Erste Hilfe-Maßnahmen

- Lagerung (siehe oben)
- 100% Sauerstoffgabe (schnellstmöglicher Beginn)
 - bei intakter Eigenatmung: (siehe oben)
 - bei insuffizienter Eigenatmung Beatmung mit 100% O₂ ggf. nach endotrachealer Intubation über Tubus

Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungs-Druckkammer weitergeführt werden.

Auch bei sehr begrenztem O₂-Vorrat soll O₂ in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute

- Flüssigkeitsgabe
intravenöse Gabe von 0,5 - 1 Liter Flüssigkeit / Stunde (bevorzugt Ringerlaktat, keine ausschließlich Glucose-haltigen Lösungen)

Medikamente (dem Arzt vorbehalten)

- 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 neurologische Untersuchung (wiederholt, siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck")
- Urinkatheter, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Blasenentleerungsstörungen)
- Thoraxdrainage, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Spannungs-Pneumothorax)
- Bei Hyperthermie: Aggressive Behandlung bei Patienten mit schweren neurologischen Symptomen
- Bei Unterkühlung: Weiteren Wärmeverlust verhindern. Patienten mit schwerer Unterkühlung (kein Kältezittern mehr) möglichst wenig bewegen. Patienten an geschützten Ort bringen und in wärmende Decken hüllen, Dampfsperre zum Beispiel mit Rettungsdecke.

CAVE: bei schwerer Unterkühlung ist eine aktive Wiedererwärmung mit vor Ort zur Verfügung stehenden Möglichkeiten oft ineffektiv und birgt ohne intensivstationäre Interventionsmöglichkeiten das Risiko evtl. nicht beherrschbarer Herz-Kreislaufprobleme. Daneben kann eine Wiedererwärmung (zum Beispiel auch heiß duschen) evtl. zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome führen.

Taucherärztliche Telefonberatung

Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen zu koordinieren, zum Beispiel

- nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
- internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
- Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Monitoring und Dokumentation

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

Transport zur Behandlungs-Druckkammer

Transportmittel

- bodengebundene Rettungsfahrzeuge (möglichst erschütterungsarm, CAVE Passfahrten)
- Boot (möglichst erschütterungsarm)
- Hubschrauber (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe, möglichst nicht mehr als 1000 Fuss / 300 Meter über Grund)
- Flugzeug (Kabinendruck nahe 1 bar)

Beim Transport von DCI-Patienten ohne vorangegangene Druckkammerbehandlung ist eine Umgebungsdruckreduktion deutlich unter den Luftdruck am Tauchgewässer zu vermeiden, da dies zu einer Verschlimmerung der Symptomatik führen kann.

Betreuung während Transport

- Eingeleitete Maßnahmen der Spezifischen Erste Hilfe fortführen (siehe oben)
- Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden
- Regelmäßige Wiederholung der orientierenden neurologischen Untersuchung (siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck")

Erste Druckkammer-Behandlung

Technische Mindestanforderungen an die Behandlungs-Druckkammer

- In Deutschland muß die Behandlungs-Druckkammer den Anforderungen der DIN 13256 entsprechen
- Allgemein wird gefordert
 - Mindest-Arbeitsdruck von 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe),
 - O₂-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!)
- Röntgen-Thorax in 2 Ebenen, alternativ (besser) Thorax-Computertomografie zum Ausschluss eines Pneumothorax. Die Untersuchung ist immer durchzuführen, wenn
 - dies ohne vertretbaren Zeitverlust möglich ist oder
 - bei Verdacht auf Lungenbarotrauma
- Urinkatheter, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Blasenentleerungsstörungen)
- Thoraxdrainage, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Spannungs-Pneumothorax)
- Parazentese, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Bewusstlosigkeit)
- bei intubierten Patienten kontinuierliche Cuffdruckkontrolle (Stand der Technik) oder befüllen des Endotrachealtubus-Cuffs mit Aqua destillata
- Weitere Maßnahmen nach medizinischer Erforderniss im jeweiligen Einzelfall
- gegebenenfalls taucherärztliche Telefonberatung, um Vorgehen abzustimmen, zum Beispiel
 - nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
 - internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
 - Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Behandlungstabellen

- Standard-Behandlungstabelle ist "US Navy Treatment Table 6" oder Modifizierungen dieser Tabelle mit initialer 100% O₂-Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe) (zum Beispiel Tabelle S1 in Berufsgenossenschaftlicher Information (BGI) 690 „Merkblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten im Überdruck“). Diese Tabelle wird für alle Tauchunfälle empfohlen, unabhängig vom verwendeten Atemgas (zum Beispiel Sauerstoff, Luft, Nitrox, Heliox oder Trimix).
- 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.
- Bei Verstoß gegen Dekompressionsregeln (englisch „omitted decompression“) ohne Symptomatik sind kürzere Behandlungstabellen zum Beispiel bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe) oder 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe) mit O₂-Atmung möglich, zum Beispiel „US Navy Treatment Table 5“ oder "Problemwunden-Schema" (s. Anlage 8).

Maßnahmen während der ersten Behandlung

- wiederholt neurologische Kontrolluntersuchungen, zum Beispiel während Luftpausen, immer vor Entscheidungen über evtl. erforderliche Verlängerungen der Behandlungstabelle (Dokumentation!)
- wiederholt Auskultation der Lungen (Pneumothorax? ggf. seitengleiche Beatmung?), immer vor Drucksenkungen in der Behandlungstabelle
- regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen Gasräume in den medizinischen Behandlungsgeräten (zum Beispiel Endotrachealtubus-Cuff, Infusion, Tropfkammer, Blutdruck-Manschette), immer vor Drucksenkungen in der Behandlungstabelle

Adjuvante Behandlungsmaßnahmen

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards
- bei wachen Patienten psychologische Unterstützung!
- Flüssigkeitsbilanzierung, abhängig von der Symptomatik
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

Dokumentation

der durchgeführten Maßnahmen zur Übergabe an den Weiterbehandler

Transport zum Behandlungszentrum

Sind nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden, so hat sich innerhalb von 24 Stunden eine oder gegebenenfalls mehrere Folgebehandlung/en anzuschließen. Ist in diesen Fällen die erste Behandlung in einer Druckkammer durchgeführt worden, wo zwischen den Druckkammer-Behandlungen keine stationäre medizinische Betreuung möglich ist, so 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 Kautelen.

Transportmittel

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

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, da Flüge mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) oft schneller und einfacher zu organisieren sind.

Beim Transport von DCI-Patienten nach Durchführung von mindestens einer Druckkammer-Behandlung und mindestens 24 Stunden nach dem Unfallereignis stellt ein Flugtransport mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) kein prinzipielles Transporthindernis mehr dar. Es muss aber in jedem Fall daran gedacht werden, dass Sauerstoffatmung erforderlich sein kann.

Die Entscheidung für einen solchen Transport ist in Abhängigkeit von a) dem bisherigen Krankheitsverlauf und b) der Schwere evtl. 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 Transport

- grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards
- eingeleitete Maßnahmen fortführen
- 100% Sauerstoffgabe in Abhängigkeit von der Klinik
- Volumenersatz, bei jedem Flug auf gute Hydrierung achten (intravenös oder oral)
- orientierende 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 gegebenenfalls 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“ mit 90 Minuten O₂-Atmung bei 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe)
- 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 je nach klinischen Symptomen

- Magnetresonanztomografie (MRT)
- Computertomografie (CT)
- fachneurologische Konsiliaruntersuchung (regelmäßig)
- Lungenfunktion nach klinischer Symptomatik

Krankengymnastik / Physiotherapie

- zwischen den Druckkammerbehandlungen:
 - entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild durch Fachpersonal
 - Beginn spätestens nach 3 Tagen.
- während der Druckkammerbehandlungen:
 - ist möglich, Vorteile gegenüber der Durchführung zwischen den Druckkammer-Behandlungen sind nicht erwiesen.

Entscheidung über Beendigung der Druckkammerbehandlungen

- Nach vollständiger und anhaltender Symptombefreiheit kann die Druckkammer-Therapie beendet werden.
- 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 (Intensivmedizin, Innere Medizin, Urologie, Neurologie usw.)

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 nach Tauchunfall gemäß den Empfehlungen im "Tauchtauglichkeits-Manual" (siehe unter Literatur) erfolgen.

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> oder <http://www.edtc.org>). Zusätzlich sollte er über praktische Erfahrung in der Tauchunfall-Behandlung verfügen.

Relevante Fachliteratur

1. 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
2. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF): W. Lorenz, W. Müller: Methodische Grundlagen der Leitlinienerstellung - Leitlinie für Leitlinien, Februar 2000
3. 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
4. Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung (ÄZQ): Checkliste Methodische Qualität von Leitlinien. 2. Version (8/1999), gültig bis 2/2003
5. 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
6. Bennett PB & Elliott DH: The Physiology and Medicine of Diving (fifth edition). Brubakk A and Neuman T (Eds.); London: Harcourt Brace, 2002 (in press)
7. 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

8. Boussuges A, Blanc P, Molenat F, et al.: Haemoconcentration in neurological decompression illness. *Int J Sports Med* 1996;17:351-355
9. 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
10. 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
11. 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
12. 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
13. 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
14. Bruno A, Biller J, Adams HP, Jr, et al.: Acute blood glucose level and outcome from ischemic stroke. *Neurology* 1999;52:280-284
15. Bühlmann AA: Dekompressionskrankheit des Rückenmarks. Resultate der Früh- und Spätbehandlung. *Schweiz. Med. Wschr.* 1985;115:796-800
16. Dovenbarger J, Ugucioni D (Eds.): Report on Decompression Illness and Diving Fatalities: 1998 Edition, Divers Alert Network
17. Dovenbarger J, Ugucioni DM, Sullivan K, Freiburger JJ, Dear, GD, Moon RE: A review of paralysis in 69 recreational SCUBA injuries. *Undersea & Hyperbaric Medicine. Suppl.* 2000
18. Dromsky DM, Toner CB, Fahlman A, et al.: Prophylactic treatment of severe decompression sickness with methylprednisolone. *Undersea Hyperbaric Med* 1999;26 (Suppl):15
19. Edmonds C, Lowry CH, Pennefather J, Walker R: *Diving and Subaquatic Medicine*, 4th Ed., Arnold Publishers, London, 2002
20. Ehm OF, Hahn M, Wenzel J: Tauchen noch sicherer. Leitfaden der Tauchmedizin für Sporttaucher, Berufstaucher und Ärzte. 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Müller-Rüschlikon Verlags AG, Cham 1999.
21. 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, 1996:13-25
22. Flynn ET: Decompression Sickness. In: *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Critical Review*. Eds: Camporesi EM, Barker AC, Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda MD, 1991
23. Freiburger JJ, Denoble PJ, Vann RD, Pieper CF, Ugucioni 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
24. Geerts WH, Heit JA, Clagett GP, et al.: Prevention of venous thromboembolism. Sixth ACCP Consensus Conference on Antithrombotic Therapy. *Chest* 2001;119:132S-175S

25. 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
26. GTÜM/ÖGTH/SGUHM: Tauchtauglichkeits-Manual. Wendling, J., O. Ehm, R. Ehram, P. Knessl, P. Nussberger (Eds.), 2nd Edition, September 2001
27. Hampson NB (Ed.): *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report*. Undersea and Hyperbaric Medical Society, 10531 Metropolitan Avenue, Kensington MD 20805-2627, USA. Revised 1999
28. Hurlbert RJ: The role of steroids in acute spinal cord injury: an evidence-based analysis. *Spine* 2001;26(24 Suppl):S39-S46
29. 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
30. Hyldegaard O, Moller M, Madsen J: Effect of He-O₂, O₂, and N₂O-O₂ breathing on injected bubbles in spinal white matter. *Undersea Biomed Res* 1991;18:361-371
31. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H: Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992 Jan 2;326(1):30-5
32. Mitchell SJ: Lidocaine in the treatment of decompression illness: a review of the literature. *Undersea Hyper Med* 2001;28(3):165-174
33. Moon R: Adjunctive therapy in decompression illness: present and future. *SPUMS Journal* 2000;30: 99-110
34. Moon RE, Dear GL, Stolp BW: Treatment of decompression illness and iatrogenic gas embolism. *Respir Clin N Am* 1999;5:93-135
35. Moon RE, Sheffield PJ: Guidelines for treatment of decompression illness. *Aviat Space Environ Med*. 1997 Mar;68(3):234-43
36. Moon RE: Classification of the decompression disorders: time to accept reality. *Undersea Hyperb Med*. 1997;24(1):2-4
37. Moon RE: Treatment of diving emergencies. *Crit Care Clin*. 1999;15:429-56
38. Muth CM, Shank ES, Larsen B: Der schwere Tauchunfall: Pathophysiologie - Symptomatik - Therapie. *Anaesthesist* 2000;49(4): 302-316
39. Muth CM, Shank ES: Gas embolism. *N Engl J Med*. 2000;342(7):476-82
40. 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
41. Myers RA, Bray P (1985) Delayed treatment of serious decompression sickness. *Ann Emerg Med* 14;254-257
42. NOAA Diving Manual, Diving for Science and Technology 1991;20-8 - 20-9
43. Pointillart V, Petitjean ME, Wiart L, et al.: Pharmacological therapy of spinal cord injury during the acute phase. *Spinal Cord* 2000;38:71-6
44. 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
45. Schlotterbeck K, Tanzer H, Alber G, Mueller P: Zerebrale Luftembolie nach zentralem Venenkatheter. *Anaesth Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997;32: 458-462

46. Shank ES, Muth CM: Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy. *Int Anesthesiol Clin.* 2000;38:111-38
47. 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;54:305-11
48. 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
49. Strauss MB, Borer RC Jr: Diving medicine: contemporary topics and their controversies. *Am J Emerg Med.* 2001 May;19(3): 232-8
50. 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
51. US Navy Diving Manual. Naval Sea Systems Command Publication 0910-LP-100-3199. Revision 4, March 2001
52. Vann R, Denoble P, Ugucioni D, Freiburger J, Perkins R, Reed W, Dovenbarger J, Caruso J: Report on Decompression Illness, Diving Fatalities and Project Dive Exploration: 2002 Edition, Divers Alert Network
53. 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
54. 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
55. 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
56. 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

Abkürzungen und Fachbegriffe

AGE	Arterielle Gasembolie
AWMF	Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher medizinischer Fachgesellschaften
ÄZQ	Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung
bar absolut	Druckeinheit für absoluten Druck
CAVE	"Vorsicht", Hinweis auf besonderes medizinisches Problem
CO ₂	Kohlendioxid
CT	Computer-Tomografie
DAN	Divers Alert Network
DCI	Decompression illness

DCS	Decompression sickness
Dekompression	Druckreduzierung
Demand-Ventil	Ventil, welches bei geringem Sog / Unterdruck auf der Niederdruckseite "auf Anforderung" (= on demand) Gas liefert
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EUBS	European Underwater and Baromedical Society
EJUHM	European Journal for Underwater and Hyperbaric Medicine
GTÜM	Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.
HBO	Hyperbarer Sauerstoff (= hyperbaric oxygen)
Heliox	Atemgasgemisch aus Helium und Sauerstoff
hypertone Getränke	Getränke höherer Osmolarität gegenüber anderen Flüssigkeiten im menschlichen Körper (z.B. stark zuckerhaltige Flüssigkeit)
ICHM	International Committee for Hyperbaric Medicine
kPa	Kilopascal
MRT	Magnet-Resonanz-Tomografie
Neurocheck	Orientierende Untersuchung des Nervensystems
Nitrox	Atemgasgemisch aus Stickstoff und Sauerstoff
O ₂	Sauerstoff
ÖGTH	Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin
oral	den Mund betreffend, mündlich, in den Mund
Problemwunden-Schema	Tabelle für Druckkammern mit 90 Minuten O ₂ -Atmung bei 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe), wird auch zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
SGUHM	Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
Tabelle S1	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
Trimix	Atemgasgemisch aus Helium, Stickstoff und Sauerstoff
UHMS	Undersea and Hyperbaric Medical Society
US Navy Treatment Table 5	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Vorbeugung von Tauchunfällen bei Verstoß gegen Dekompressionsregeln eingesetzt
US Navy Treatment Table 6	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
VDD	Verband deutscher Druckkammerzentren e.V.

Leitlinie Tauchunfall

- Zusammenfassung -

Definition

Der Tauchunfall wird auch als „Dekompressions-Unfall“, „Decompression Illness“ oder „DCI“ bezeichnet. Er wird hervorgerufen durch raschen Abfall des Umgebungsdruckes und ist gekennzeichnet durch die Bildung freier Gasblasen in Blut und Geweben. Abhängig vom Entstehungsmechanismus können „Dekompressionskrankheiten“ („Decompression Sickness“ (DCS)) und „arterielle Gasembolien“ („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 i.d.R. 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 (z.B. Mobiltelefon & Telefonnummern).

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

- 100% Sauerstoffgabe
- Flüssigkeitsgabe, 0,5-1 Liter oral
(keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke)
- Bei Unterkühlung weiteren Wärmeverlust verhindern (Decken, Dampfsperre)
- orientierende neurologische Untersuchung
- keine nasse Rekompensation
- wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten: Arzt 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:

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

sind folgende Maßnahmen zu treffen:

Spezifische Erste Hilfe

- Rückenlagerung, bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage
- 100% Sauerstoffgabe (schnellstmöglicher Beginn),
 - a) bei Eigenatmung über Maske (Demand-Ventil oder Kreislauf-System mit CO₂-Absorber), wenn nicht verfügbar: Konstantdosierung (15-25 ltr./min, Reservoir und Rückschlagventile),
 - b) insuffiziente Eigenatmung: Beatmung mit 100% O₂ (Beatmungsbeutel mit Reservoir und Konstantdosierung (15-25 ltr./min) oder Demand-Ventil oder Kreissystem m. CO₂-Absorber.Sauerstoffgabe ohne Pause bis Erreichen der Druckkammer. Auch bei begrenztem Vorrat immer höchst mögliche O₂-Konzentration, kein Luftmix oder Konstantdosierung unter 15 ltr./min
- Flüssigkeitsgabe
 - a) Bei bewußtseinsklaren Opfern mit stabiler Neurologie und intaktem Schluckreflex schluckweise 0,5-1 Liter Flüssigkeit/Stunde (keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke)
 - b) Bei eingetrübten Opfern oder gestörtem Schluckreflex nicht trinken lassen

Weitere Maßnahmen

- Orientierende neurologische Untersuchungen
- Bei Unterkühlung: weiteren Wärmeverlust verhindern, keine aktive Wiedererwärmung
- Taucherärztliche Telefonberatung
z.B. DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090 oder internationale DAN-Hotline: +39-0396057858 (jeweils Kennwort „Tauchunfall“ angeben), weitere Telefonnummern unter www.gtuem.org
- Transport-Organisation
 - a) Rettungsleitstelle alarmieren
 - b) Transportmittel: keine Präferenz für bestimmtes Transportmittel, schneller und schonender Transport, keine Einschränkung für einen Helikopter (möglichst < 1000ft / 300m Flughöhe über Grund).
 - c) Transportziel: nächste Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Druckkammer
- Gerätesicherstellung (z.B. Dekompressions-Computer)
- Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und Behandlungsmaßnahmen
- Keine nasse Rekompensation

Erste Hilfe durch medizinisches PersonalSpezifische Erste Hilfe-Maßnahmen:

- Lagerung (siehe oben)
- Sauerstoffgabe 100% bei intakter Eigenatmung: (siehe oben)
- insuffiziente Eigenatmung: Beatmung mit 100% O₂, ggf. über Tubus, ohne Pause bis Erreichen der Druckkammer. Auch bei begrenztem Vorrat immer höchst mögliche O₂-Konzentration, kein Luftmix oder Konstantdosierung unter 15 l/min
- Flüssigkeit: 0,5 – 1 Liter / Stunde i.v. (bevorzugt Ringerlaktat, keine reinen Glukosehaltigen Lösungen)

- Medikamente (dem Arzt vorbehalten):
Grundsätzlich nach notfallmedizinischen Standards. Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

Weitere Maßnahmen

- orientierende neurologische Verlaufskontrollen
- Urinkatheter, ggf.
- Thoraxdrainage, ggf.
- Bei Unterkühlung: Wärmeverlust verhindern, aktive Wiedererwärmung nur mit intensivstationären Interventionsmöglichkeiten.
- Taucherärztliche Telefonberatung (s.o.)
- Monitoring und Dokumentation
Notarztprotokoll, Laien-Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und Behandlungsmaßnahmen, mitgegebene Geräte (z.B. Dekompressions-Computer)

Transport zur nächsten Druckkammer

Transport mit bodengebundenen Fahrzeugen, Boot, Hubschrauber (möglichst < 1000ft / 300m über Grund) oder Flugzeug (Kabinendruck nahe 1 bar). Transport möglichst erschütterungsarm und ohne Druckreduktion. Eingeleitete Maßnahmen fortführen, Sauerstoffgabe ohne Pause bis Erreichen der Druckkammer weiterführen.

Erste Druckkammerbehandlung

Druckkammer

Behandlungs-Druckkammer, Arbeitsdruck mind. 280 kPa (2,8 bar abs./18 mWT), Notarztkoffer nach DIN 13232, Bau und Ausrüstung nach DIN 13256.

Maßnahmen vor Behandlungsbeginn

- Neurologischer Status (Dokumentation!)
- Rö.-Thorax 2 Eb. / Thorax-CT, wenn zeitlich vertretbar oder bei Vd. a. Lungenbarotrauma
- Thoraxdrainage bei Pneumothorax
- Urinkatheter abhängig von Symptomatik
- Parazentese, ggf.
- bei intubierten Patienten kontinuierliche Cuffdruckkontrolle oder Cuff-Füllung mit Aqua dest.
- taucherärztliche Telefonberatung wenn erforderlich (s.o.)

Behandlungstabellen

- Standard-Behandlungstabelle ist US Navy Treatment Table 6 oder Modifizierungen dieser Tabelle mit initialer O₂-Atmung bei 280 kPa (2,8 bar abs./18mWT) für alle Tauchunfälle unabhängig vom verwendeten Atemgas.
- Bei Deko-Regelverstoß ohne Symptomatik sind kürzere Tabellen mit initialer O₂-Atmung bei 280 kPa (2,8 bar abs./18mWT) oder 240 kPa (2,4 bar abs./14mWT) möglich (z.B. US Navy Treatment Table 5)

Maßnahmen während der Behandlung

- wiederholt neurologische Kontrolluntersuchungen (Dokumentation!)
- wiederholt Auskultation der Lungen, immer vor Drucksenkungen
- regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen Gasräume (z.B. Tubus-Cuff, Infusion, Tropfkammer, RR-Manschette), immer vor Drucksenkungen

Adjuvante Behandlungsmaßnahmen

- Grundsätzlich nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards
- bei wachen Patienten psychologische Unterstützung!
- Flüssigkeitsbilanzierung, abhängig von Symptomatik
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.
- Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen für den Weiterbehandler

Transport zum Behandlungszentrum

Bestehen nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome, so ist innerhalb von 24 Std. eine/mehrere Folgebehandlung/en anzuschließen. Ist an der erstbehandelnden Druckkammer keine stationäre Betreuung möglich, muß der Transport in ein entsprechendes Behandlungszentrum erfolgen. Nach mind. einer Druckkammer-Behandlung und mind. 24 Std. nach Unfallereignis ist Flug mit üblichem Kabinendruck (z.B. 0,8 bar abs.) prinzipiell möglich. Hierbei ist zu bedenken, dass evtl. O₂-Atmung erforderlich sein kann. 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
- Sauerstoffgabe abhängig von der Klinik
- Volumenersatz, bei Flug auf Hydrierung achten (i.v./oral)
- orientierende neurologische Verlaufskontrollen
- Dokumentation, z.B. Notarztprotokoll
- Medikamente: grundsätzlich nach notfallmedizinischen/intensivmedizinischen Standards

Druckkammer-Folgebehandlungen

- Ggf. zweite Behandlung mit Standard-Behandlungstabelle oder sofort HBO-Behandlungen, z.B. sog. „Problemwunden-Schema“ mit 90 min. O₂-Atmung bei 240 kPa (2,4 bar abs./14mWT). Höchstens 2 Behandlungen innerhalb 24 Std., Abstand zwischen Behandlungen höchstens 24 Std.
- Diagnostik: abhängig von Symptomatik MRT, CT und fachneurologische Konsiliaruntersuchungen (regelmäßig), Lungenfunktionskontrolle 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, Vorteil gegenüber der Durchführung zwischen den Druckkammerbehandlungen nicht erwiesen.
- Medikamentöse und weitere Therapie entsprechend klinischer Symptomatik nach Maßgabe der beteiligten medizin. 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.

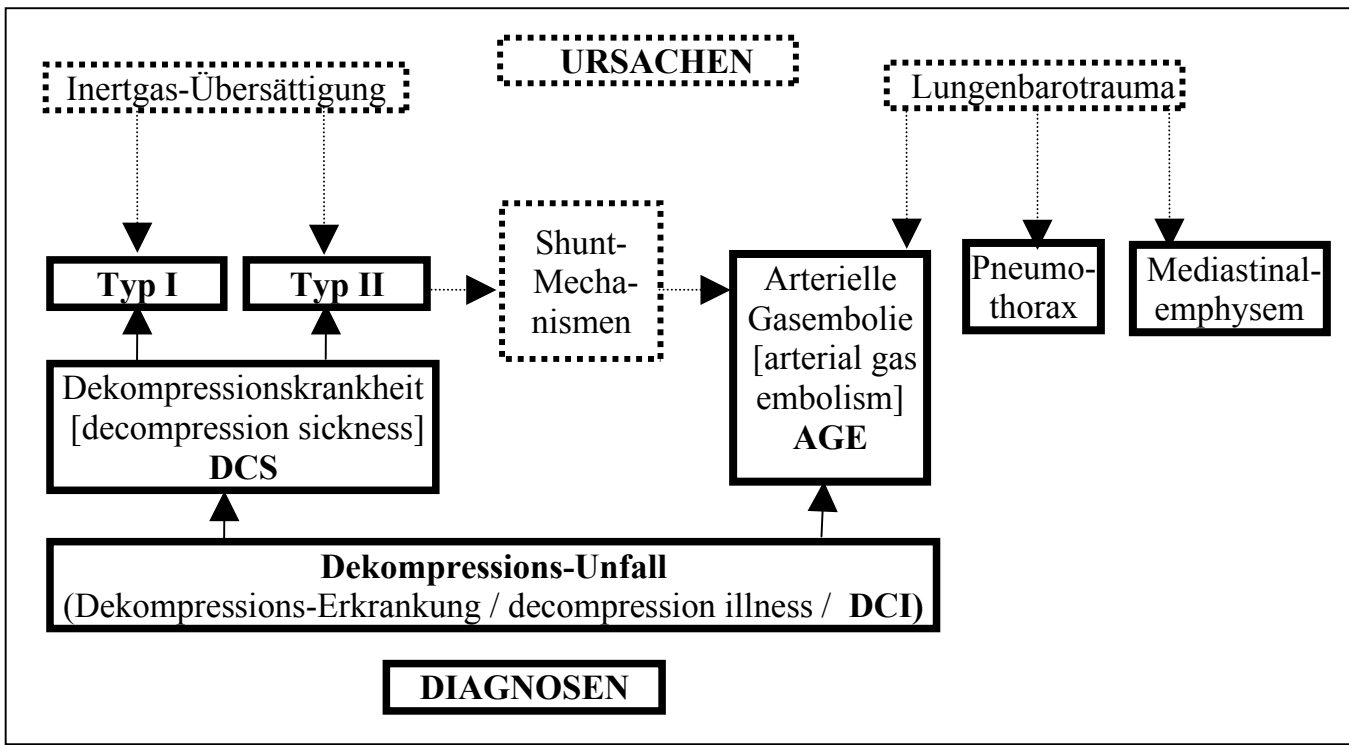
Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall

Die Beurteilung soll grundsätzlich nach den Empfehlungen im "Tauchtauglichkeit Manual" (s.u.) erfolgen.

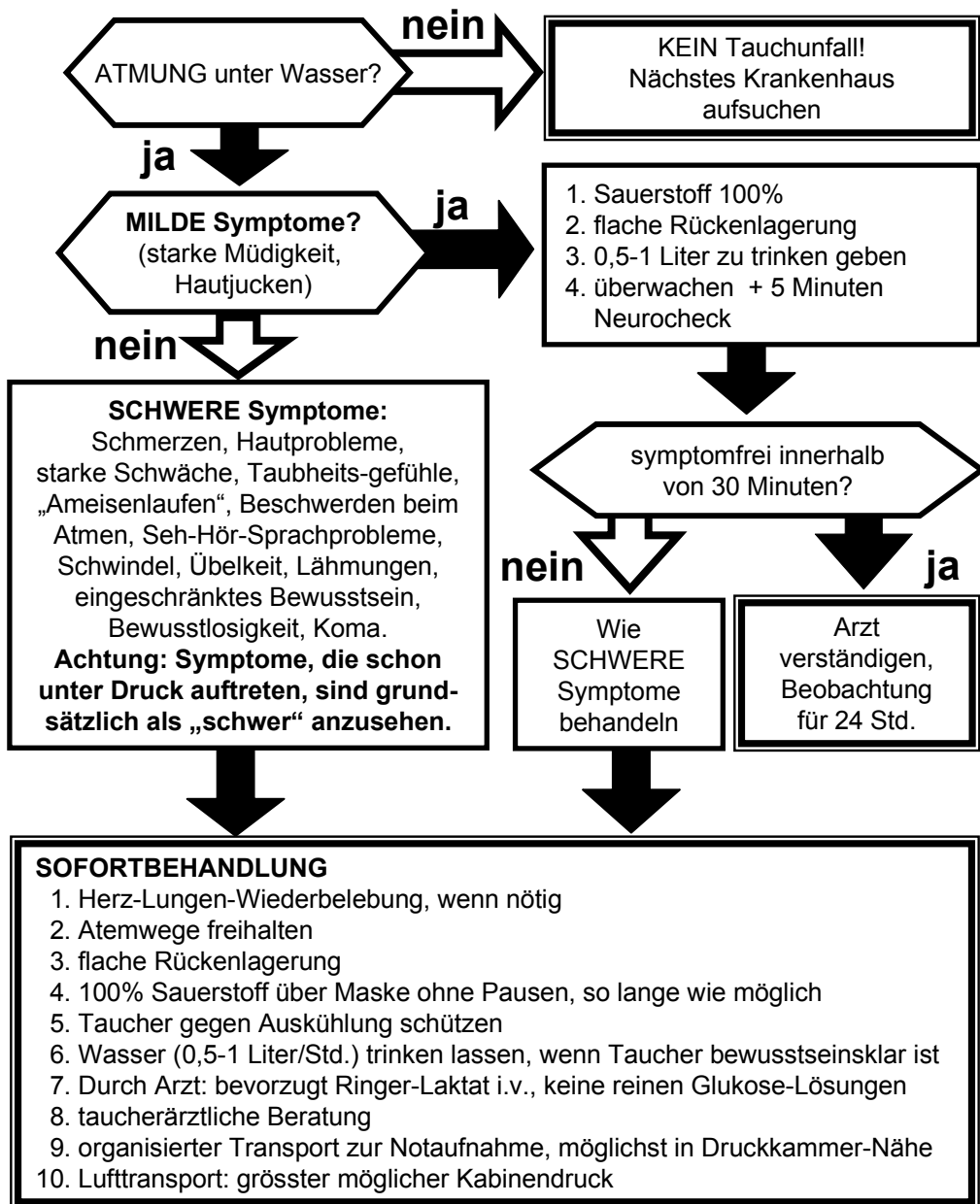
Die Erwägung einer Tauchtauglichkeit setzt die Beendigung der Tauchunfall-Therapie und die Stabilität des Behandlungs-Ergebnisses voraus.

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

Systematik der Tauchunfälle



Flussdiagramm Tauchunfall-Management modifiziert nach Divers Alert Network Europe



Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen

	Dekompressionskrankheit (DCS) (Decompression Sickness)	Arterielle Gasembolie (AGE)
Pathogenetische Faktoren	Größere Tauchtiefe / hohe Umgebungsdrücke <ul style="list-style-type: none"> • Lange Expositionszeit • Aufsättigung der Körpergewebe mit Inertgas (je nach verwendetem Atemgas, in der Regel Stickstoff (Abkürzung „N₂“)) • Zu rasches Auftauchen nach längeren und/oder tiefen Tauchgängen mit hoher Aufsättigung 	Übertritt von Gasblasen in die arterielle Strombahn beim Tauchen durch: <ul style="list-style-type: none"> • Pulmonales Barotrauma mit Überblähung der Lunge • Paradoxe Embolie bei DCS durch <ol style="list-style-type: none"> a) Übertritt von venös entstandenen Gasblasen über die Lungengefäße b) Übertritt von venös entstandenen Gasblasen über ein persistierendes Foramen ovale (PFO)
Zeit bis zum Auftreten von Symptomen	Minuten bis Stunden, maximal 24 Stunden nach Tauchgangsende (bei besonderer Konstellation max 48 Std.)	Minuten nach Tauchgangsende, evtl. bereits während des Auftauchens
Symptome	<p><u>DCS Typ I</u> Hautsymptome („Taucherflöhe“)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Juckreiz • Punktförmige Rötung • Schwellung • Marmorierung der Haut * <p>Muskel- und Gelenkschmerzen („Bends“):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Große und mittelgroße Gelenke (auch belastungsabhängig) • Skelettmuskulatur. • Selten: Hand- und Fußgelenke <p>Lymphsystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwollene, druckschmerzhafte Lymphknoten (selten) <p>Sonstiges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extreme Müdigkeit * <p><u>DCS Typ II</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Apathie / Bewußtlosigkeit • Schwindel / Erbrechen • Sensibilitätsstörungen, Paresen, Paraplegie • Blasen- und Mastdarmschwäche • Gestörte Muskelkoordination • Hör / Seh / Sprachstörungen • Akute Dyspnoe („Chokes“) mit Brustschmerz, Husten, Erstickungsgefühl • Zusätzlich gegebenenfalls Muskel- / Gelenkschmerzen schon während des Auftauchens (Verteilung wie bei Typ I) • Sonstige neurologische Symptome 	<p><u>AGE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Apathie / Bewußtlosigkeit • Schwindel / Erbrechen • Verwirrtheit, Desorientiertheit • Sprach- und/oder Sehstörungen • Nervenausfälle unterschiedlicher Ausprägung: von leichten Sensibilitätsstörungen bis zur kompletten Lähmung • Bei Mitbeteiligung des Atemzentrums: Blutdruckabfall, Atemstörungen, Herzstillstand • Pupillenasymmetrie möglich: einseitig weite Pupille • Sonstige neurologische Symptome

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

Differentialdiagnosen von Tauchunfällen

	Differential-Diagnose	Klinische Symptome
DCS Typ II mit Innenohrsymptomen	Barotrauma des Innenohres (Ruptur der Rundfenster-Membran)	<ul style="list-style-type: none"> • Hörverlust • Tinnitus • Vertigo CAVE: die oben genannte klassische Symptomtrias ist oft nur unvollständig vorhanden
DCS Typ II mit neurologischen Symptomen	<ul style="list-style-type: none"> • Zerebraler Insult durch Embolie oder Blutung • Vertebrale Diskusprolaps 	<ul style="list-style-type: none"> • Motorische, sensible oder Hirnnerven-Ausfälle • Querschnitts-Symptomatik
DCS Typ I	Herzinfarkt	z.B. Schmerzen linke Schulter
DCI (AGE)	Hypoglykämie	z.B. Bewusstlosigkeit
DCI (AGE)	Epilepsie	z.B. Krampfanfall

„5 Minuten-Neurocheck“ (DAN Europe)

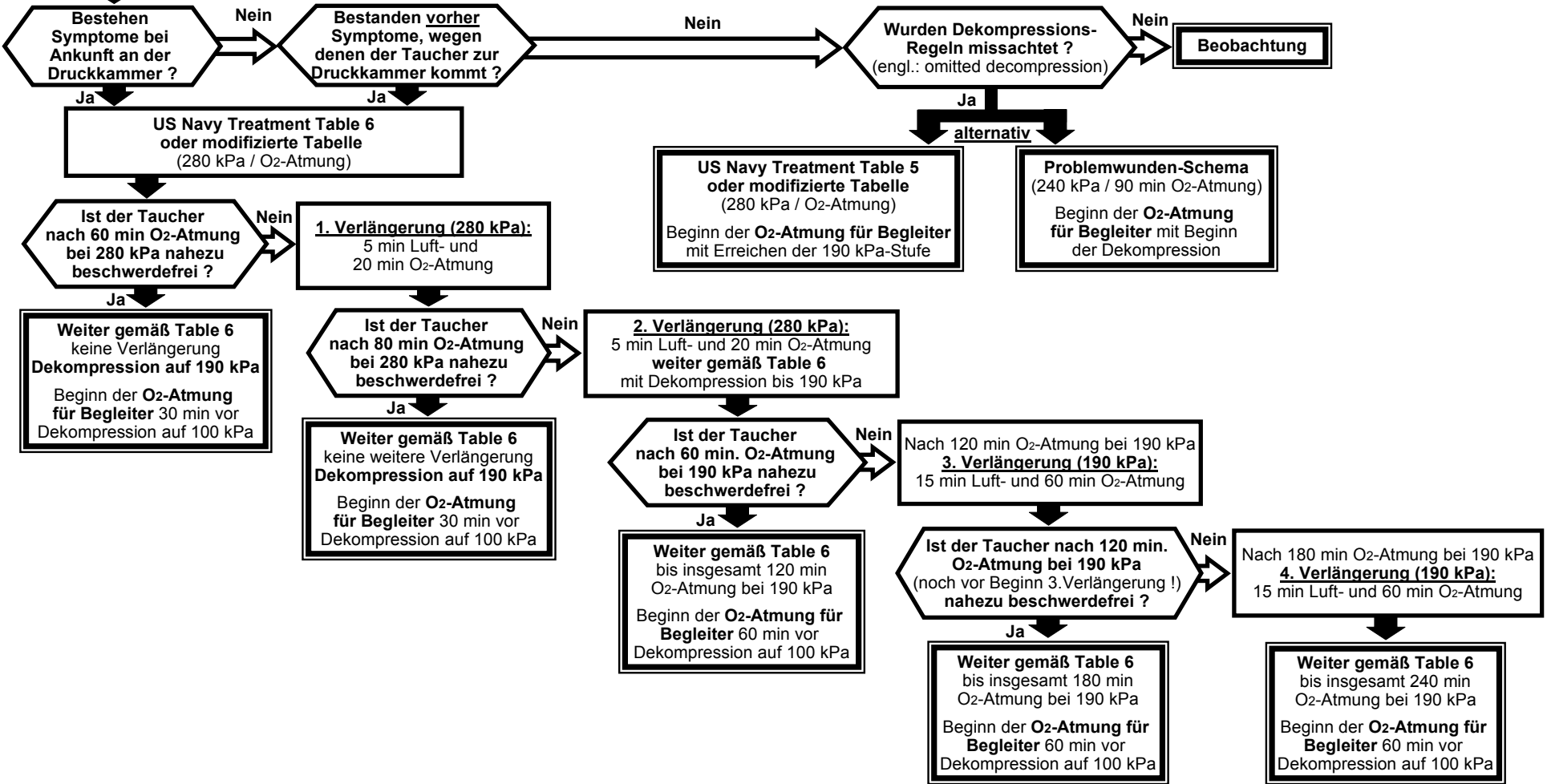
Durchgang Nr. 1	1. Orientierung		Durchgang Nr. 2		
Zeit:	ja	nein	Zeit: ja nein		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher zur Person orientiert (Namen, Alter)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ist der Taucher 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 evtl. 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 abzubewegen.	<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. Achtung: 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 evtl. 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 Schienbeinkante des anderen Beines zu bewegen. Zu beachten sind evtl. Seitenunterschiede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Sonstige Bemerkungen und Beobachtungen:				

Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfällen

Überlegungen bei Eintreffen des Patienten mit Tauchunfall an der Druckkammer:

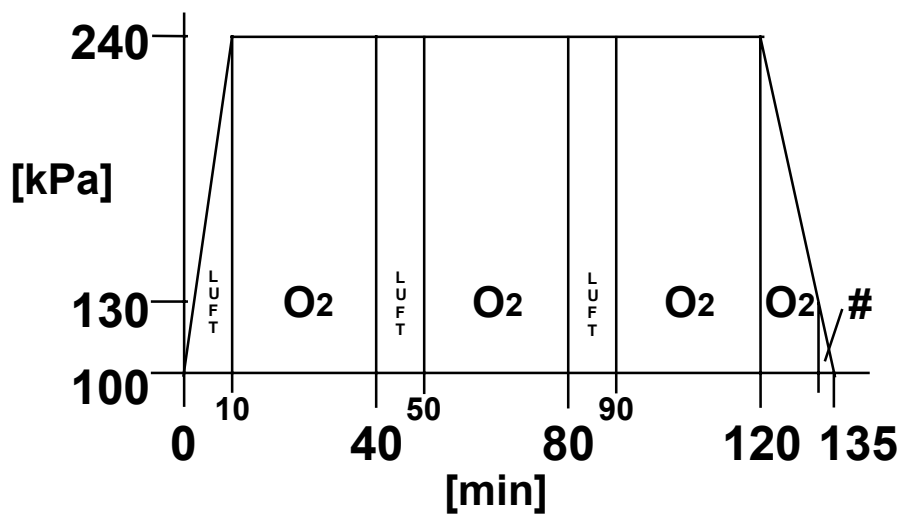
- Röntgen-Thorax / Thorax-CT ?
- Thorax-Drainage ?
- Lunge seitengleich belüftet?
- Blasenkatheter ?
- Parazentese ?
- Cuff-Blockung des Endotrachealtubus ?
- Sicherer venöser Zugang?



Problemwunden-Schema

Problemwunden-Schema

: siehe Tabellenlegende



Zeit (min)	Druck (kPa)	Gas	Phase
0 – 10	100 – 240	Luft	Kompression
10 – 40	240	Sauerstoff	Isopression
40 – 50	240	Luft	Isopression
50 – 80	240	Sauerstoff	Isopression
80 – 90	240	Luft	Isopression
90 – 120	240	Sauerstoff	Isopression
120 – 135	240 – 100	Sauerstoff #	Dekompression

Hinweise des Druckkammer-Herstellers beachten,
 tw. nur O₂-Atmung bei P_{Kammer} über 130 kPa erlaubt, dann Luft

Bemerkungen:

1. Kompression ohne Sauerstoff-Atmung wegen Druckausgleich
2. Sauerstoff-Atmung auf 240 kPa: 90 Minuten
3. Dekompression mit Sauerstoff-Atmung
4. Wenn der Begleiter über die gesamte Behandlungsdauer in der Kammer verweilt, erfolgt für ihn die Dekompression mit Sauerstoff-Atmung

Leitlinien-Erklärung

zur Leitlinie „Tauchunfall“ der GTÜM e.V. in Zusammenarbeit mit der ÖGTH in Österreich und der SGUHM in der Schweiz

1 Fragen zur Qualität der Leitlinienentwicklung

Verantwortlichkeit für die Leitlinienentwicklung

1.1 *Wird die für die Leitlinienentwicklung verantwortliche Institution klar genannt?*

Verantwortlich ist die federführende Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. (GTÜM). Die Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit den Schwestergesellschaften der GTÜM in Österreich (ÖGTH, Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin) und der Schweiz (SGUHM, Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin).

1.2 *Existieren detaillierte Angaben über finanzielle oder andere Formen der Unterstützung durch Dritte?*

Es erfolgte keine Unterstützung durch Dritte. Sämtliche anfallenden Kosten im Zusammenhang mit der Leitlinienerstellung incl. zu erstattender Auslagen der Experten (siehe 1.4) und Jury-Mitglieder (siehe 1.10) wurden von der GTÜM getragen.

1.3 *Falls Unterstützung seitens kommerzieller Interessengruppen erfolgte bzw. Hinweise auf mögliche Verpflichtungen / Interessenkonflikte existieren, wurde die mögliche Einflußnahme auf die Leitlinie diskutiert?*

Entfällt

Autoren der Leitlinie

1.4 *Sind die an der Erstellung der Leitlinie Beteiligten (Fach-, Interessen-, Patientengruppen) hinsichtlich ihrer Funktion und Art ihrer Beteiligung klar genannt?*

Leiter der Expertengruppe zur Erstellung der Leitlinie:
Dr. med. Wilhelm Welslau, FA Arbeitsmedizin, Wien

Mitglieder der Expertengruppe zur Erstellung der Leitlinie:
Dr. med. Wilfried Beuster, FA Unfallchirurgie, Unfallkrankenhaus Klagenfurt
Dr. med. Wolfgang Förster, FA Arbeitsmedizin, Tiefbau-BG München
Dr. med. Günter Frey, FA Anästhesiologie, Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Dr. med. Armin Kemmer, FA Anästhesiologie, BG-Unfallklinik Murnau
Dr. med. Ulrich van Laak, Schiffahrtsmedizinisches Institut der Marine, Kronshagen
Dr. med. Claus-Martin Muth, FA Anästhesiologie, Universität Ulm
Dr. med. Doreen Peusch-Dreyer, FA Urologie, selbständig, Schwanewede
Prof. Dr. med. Peter Radermacher, FA Anästhesiologie, Universität Ulm
Dr. med. Adel Taher, Hyperbaric Medical Center Sharm el Sheikh, Ägypten
Dr. med. Jürg Wendling, Biel, Schweiz
Dr. rer. nat. Jürgen Wenzel, DLR, Institute for Aerospace Medicine, Köln
Norbert Zanker, Tauchlehrer

- 1.5 *Waren an der Erstellung der Leitlinie die von den Empfehlungen im wesentlichen Betroffenen (die mit der Thematik befaßten Fachdisziplinen und Patienten) beteiligt?*

Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. (Dres. Beuster, Förster, Frey, Kemmer, van Laak, Muth, Peusch-Dreyer, Wenzel und Welslau),
Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin (Dres. Beuster und Welslau),
Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin (Dr. Wendling),
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau (Dr. Kemmer),
Verband Deutscher Druckkammerzentren e.V. (Dr. Peusch-Dreyer),
Druckkammern in tauchtouristischen Zentren (Dres. Frey, Muth und Taher),
Divers Alert Network Europe (Dres. Beuster, van Laak und Wendling),
Tiefbau-Berufsgenossenschaft (Dr. Förster)
Tauchlehrer (Zanker)

Identifizierung und Interpretation der Evidenz

- 1.6 *Werden Quellen und Methoden beschrieben, mit deren Hilfe die den Empfehlungen zugrunde liegenden Belege (Evidenz) gesucht, identifiziert und ausgewählt wurden?*

Quellensuche und Identifizierung:

- Literaturrecherche mit Medline und Reference update von 1966-2002
- Computergestützte Recherche, Auswertung grauer Literatur und Kongreßprotokolle von EUBS, UHMS und ICHM (GTÜM-Literatur-Datenbank)
- Handsuche und nicht publizierte Forschungsberichte (jeder Experte)

- 1.7 *Sind die Informationsquellen und Suchstrategien nachvollziehbar dokumentiert?*

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: September 2002):

Liste der verwendeten Datenquellen:

Datenbanken:

- MEDLINE Standard incl. SERLINE (seit 1966, Medline on Silverplatter)
- 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
- 2nd International Congress on Hyperbaric Oxygenation 1964
- International Symposium on Hyperbaric Physiology and Medicine 1997

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)

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 oxygen-intoxication 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.

Es wurden 25.264 Literaturquellen identifiziert. 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.

1.8 *Werden die Methoden zur Interpretation und Bewertung der Evidenzstärke genannt?*

Die Evidenzbewertung erfolgt nach der Einteilung der US Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR 1992):

Grad Evidenz-Typ

- Ia Evidenz aufgrund von Metaanalysen randomisierter, kontrollierter Studien
- Ib Evidenz aufgrund mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
- IIa Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, kontrollierten Studie ohne Randomisierung
- IIb Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, quasi-experimentellen Studie
- III Evidenz aufgrund gut angelegter, nicht experimenteller deskriptiver Studien (z.B. Vergleichsstudien, Korrelationsstudien, Fall-Kontroll-Studien)
- IV Evidenz aufgrund von Berichten/Meinungen von Expertenkreisen, Konsensuskonferenzen und/oder klinischer Erfahrung anerkannter Mediziner

Formulierung der Leitlinienempfehlungen1.9 *Werden die zur Auswahl der Leitlinienempfehlungen eingesetzten Methoden genannt?*

Es werden wo möglich Studien der Evidenzklasse I herangezogen. In wesentlichen Bereichen sind 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 stehen (z.B. künstliche Beatmung bei resp. Insuffizienz).

1.10 *Werden die zur Konsentierung der Leitlinienempfehlungen eingesetzten Verfahren genannt?*

Stufe 1: Zur Erstellung der Leitlinie in Stufe 1 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 02/2000) wurde in 12/2001 die unter 1.4 genannte repräsentative Expertengruppe gebildet. Der gesamte Schriftwechsel im Rahmen der Leitlinienerstellung wird mit der gesamten Expertengruppe diskutiert.

Stufe 2: Zur in Stufe 1 erstellte Leitlinie wurde in Stufe 2 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 02/2000) am 12.-13.10.2002 auf einer Konsensuskonferenz nach NIH-Vorbild im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM e.V. beraten. Die Expertengruppe aus Stufe 1 stellte die Leitlinie vor.

Als Steuergremium für die Stufe 2 fungierte eine international besetzte Jury bestehend aus:

Prof. Dr. med. Alf O. Brubakk (Norwegen, Vorsitz)

Dr. med. Peter Germonpre (Belgien)

Dr. med. Peter Nussberger (Schweiz)

Dr. med. Clemens Mader (Österreich)

Dr. med. Giso Schmeißer (Deutschland, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften)

Dr. rer. nat. Klaus Müller (Deutschland, DLR)

Dr. med. Wilhelm Welslau (Leiter der Expertengruppe zur Erstellung der Leitlinie in Stufe 1, GTÜM)

Dr. med. Peter Müller (Protokoll, European Journal for Underwater and Hyperbaric Medicine, EUBS)

1.11 *Wird erwähnt, wie die Vorstellungen von interessierten Gruppen, die nicht an der Leitlinienentwicklung beteiligt waren, berücksichtigt wurden?*

An der Leitlinienentwicklung in Stufe 1 nicht beteiligte Gruppen haben nach Abschluß der Stufe 1 über die Teilnahme an der Konsensuskonferenz die Möglichkeit, ihre Vorstellungen im Rahmen der Diskussion einzubringen.

1.12 *Ist die Verknüpfung der wichtigsten Empfehlungen mit der zugrunde liegenden Evidenz exakt dokumentiert?*

Nein

Gutachterverfahren und Pilotstudien

1.13 *Ist die Leitlinie vor der Veröffentlichung durch unabhängige Dritte begutachtet worden?*

Die Leitlinie wird in der Form des Beschlusses der Jury der Konsensuskonferenz bei einer geeigneten Fachzeitschrift mit einem gesicherten Review-Verfahren zur Veröffentlichung eingereicht.

1.14 *Werden die Methoden, Kommentierungen, Konsequenzen einer Begutachtung erwähnt?*

Ja, dies wird ggf. in der Veröffentlichung in der Fachzeitschrift erwähnt werden.

1.15 *Wurde die Leitlinie einer Vortestung oder einem Pilotversuch unterzogen?*

Nein

1.16 *Werden die Methoden, Ergebnisse und Konsequenzen eines Pilotversuchs erwähnt?*

Entfällt

1.17 *Wurde die Leitlinie mit anderen thematisch vergleichbaren Leitlinien verglichen?*

Die Leitlinie „Tauchunfall“ ist mit den Konsensuskonferenz-Beschlüssen der ECHM von 1994 (Lille) und 1996 (Marseille), den Empfehlungen des UHMS-Committee Reports 1999 vergleichbar und stimmt mit diesen in den wesentlichen Aussagen überein

Gültigkeitsdauer / Aktualisierung der Leitlinie

- 1.18 *Ist in der Leitlinie ein Zeitpunkt genannt, zu dem sie überprüft / aktualisiert werden soll?*

Die Leitlinie „Tauchunfall“ wird spätestens alle 3 Jahre überarbeitet.

- 1.19 *Sind Zuständigkeit und Verfahrensweisen für Überprüfung / Aktualisierung klar definiert?*

Die Überarbeitung erfolgt durch eine Expertengruppe, die durch Vertreter der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften GTÜM, ÖGTH und SGUHM gebildet wird. Kommt ein solches Gremium nicht zustande, so wird jedenfalls eine solche Expertengruppe spätestens 6 Monate vor der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM durch die GTÜM allein gebildet. Die Expertengruppe überprüft die Leitlinie auf ihre Gültigkeit (Leitlinie Stufe 1). Im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung werden erforderliche Änderungen der Leitlinie in einer Konsensuskonferenz erneut als Stufe 2-Leitlinie verabschiedet.

Transparenz der Leitlinienerstellung

- 1.20 *Wurden die möglichen systematischen Fehler / Konflikte umfassend diskutiert?*

Im Rahmen des Schriftverkehrs während der Erstellung der Leitlinie in der Entwicklungsstufe I wurden durch die Expertengruppe systematische Fehlermöglichkeiten und insbesondere Konflikte ausführlich diskutiert. Systematische Fehler konnten nicht festgestellt werden. Alle Entscheidungen der Expertengruppe wurden einstimmig getroffen.

- 1.21 *Existiert eine zusammenfassende Darstellung über den Inhalt, die Empfehlungen der Leitlinie sowie über die Methodik der Erstellung (z.B. in Form eines Leitlinien-Reports)?*

Anstelle eines Leitlinien-Reports werden die o.g. Anforderungen erfüllt durch:

- a) diese Leitlinien-Erklärung
- b) die ausführliche Leitlinie mit Literaturhinweisen und Abkürzungsverzeichnis, Tabellen, Grafiken, Flussdiagrammen und Checklisten
- c) die Zusammenfassung der Leitlinie

2 Fragen zu Inhalt und Format der Leitlinie

Ziele der Leitlinie

- 2.1 *Sind die Gründe für die Leitlinienentwicklung explizit genannt?*

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.

- 2.2 *Sind die Ziele der Leitlinie eindeutig definiert?*

Darlegung des aktuellen Standes der Erkenntnisse (state of the art) in der Behandlung von Tauchunfällen

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

Kontext (Anwendbarkeit / Flexibilität)

- 2.3 *Ist (sind) die Patienten-Zielgruppe(n) der Leitlinie eindeutig definiert (z.B. hinsichtlich Geschlecht, Alter, Krankheitsstadium, Begleiterkrankungen usw.)?*

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

- 2.4 *Sind die Anwender, an die sich die Leitlinie richtet, eindeutig definiert (z.B. die ärztliche Zielgruppe)?*

- Alle Taucher, insbesondere alle Tauchlehrer
- Laienhelfer, erstbehandelnde Ärzte und Notärzte
- alle Rettungsorganisationen
- alle Ärzte an therapeutischen Druckkammern

- 2.5 *Enthält die Leitlinie Angaben über Situationen, in denen spezielle Empfehlungen der Leitlinie nicht berücksichtigt werden können oder sollen?*

Ja, bei jedem Zweifel an der Anwendbarkeit der Leitlinie ist im Einzelfall der Rat eines Experten (erfahrener Taucherarzt) einzuholen. In der Leitlinie wird dies explizit bei der Ersten Hilfe durch Laien, der Ersten Hilfe durch medizinisches Personal, der Ersten Druckkammerbehandlung und bei der Frage der Tauchtauglichkeit nach einem Tauchunfall genannt.

- 2.6 *Wurden Ansichten, Präferenzen und mögliche Reaktionen der Patienten-Zielgruppe(n) berücksichtigt?*

Nein, Tauchunfälle sind Notfälle, in deren Behandlung keine gleichwertigen, wählbaren Behandlungsalternativen bestehen, für deren Auswahl die Ansichten, Präferenzen und möglichen Reaktionen der Patienten Berücksichtigung finden könnten.

Klarheit, Eindeutigkeit

- 2.7 *Beschreibt die Leitlinie das behandelte Gesundheits- / Versorgungsproblem eindeutig und in allgemein verständlicher Sprache?*

Ja, die Leitlinie ist in allen ihren Teilen in einer jeweils adressatengerechten Sprache verfasst.

- 2.8 a) *Sind die Empfehlungen logisch, inhaltlich konsistent, eindeutig, leicht nachvollziehbar dargestellt und übersichtlich präsentiert?*

Ja.

- 2.8 b) *Enthält die Leitlinie wesentliche (Schlüssel-) Empfehlungen, die leicht zu identifizieren sind?*

Ja, in Form von Tabellen, Blockgrafiken und Ablaufschemata, zusätzlich in der Zusammenfassung der Leitlinie.

- 2.9 *Sind die in Frage kommenden Handlungsalternativen und die Entscheidungskriterien für ihre Auswahl präzise beschrieben?*

Ja.

- 2.10 *Liegen differenzierte Empfehlungen zur Entscheidung hinsichtlich ambulanter oder stationärer Versorgung vor?*

Ja.

- 2.11 *Existieren Angaben darüber, welche Maßnahmen notwendig erscheinen?*

Ja.

2.12 *Existieren Angaben über Maßnahmen, die unzweckmäßig, überflüssig, obsolet erscheinen?*

Ja.

Nutzen, Nebenwirkungen, Kosten, Ergebnisse

2.13 *Wird der bei Befolgen der Leitlinie zu erwartende gesundheitliche Nutzen bezüglich z.B. Morbidität, Mortalität, Symptomatik, Lebensqualität genannt?*

Nein

2.14 *Werden die bei Befolgen der Leitlinie möglichen Risiken (Nebenwirkungen und Komplikationen) der Diagnostik / Therapie genannt?*

Nein

2.15 *Wurden bei der Formulierung der Empfehlungen die Folgen für Kosten und andere Ressourcen berücksichtigt?*

Nein. Aufgrund der Inhomogenität der Schweregrade der einzelnen Erkrankungen ist eine Aussage über die Gesamtkosten nicht möglich. Z.B. ist einerseits bei nur „Taucherflößen“ meistens nur eine ambulante Druckkammer-Behandlung erforderlich, andererseits können bei „neurologischen Restsymptomen“ evtl. sehr viele Druckkammer-Behandlungen erforderlich werden.

2.16 *Wird eine Abwägung der möglichen Vorteile, Risiken, Kosten vorgenommen und unterstützt die die vorgeschlagene Vorgehensweise?*

Nein

3 Fragen zur Anwendbarkeit der Leitlinie

Verbreitung und Implementierung

3.1 a) *Existieren Instrumente / Maßnahmen, die die Anwendung der Leitlinie unterstützen können?*

Publikationen in der medizinischen Fachliteratur (Veröffentlichung vorgesehen)
Fortbildungs-Kurse der medizinischen Fachgesellschaften (GTÜM, ÖGTH, SGUHM)
Laien-Information über Zeitschriften (nach Bekanntgabe auf der Konsensuskonferenz)

3.1 b) *Wurden die möglichen Probleme bezüglich der Einstellungs- oder Verhaltensänderungen von Ärzten und anderen Leistungserbringern im Gesundheitswesen bei Anwendung der Leitlinie berücksichtigt?*

Ja

Einerseits werden keine Probleme erwartet, weil:

- Taucher in der Regel über das Procedere gut informiert sind,
- bei erkannten Tauchunfällen das Procedere seit Jahren gleich abläuft,
- (unter dem DRG-Kostendruck) jedes Krankenhaus bemüht sein wird, die Aufenthaltsdauer für erkannte (!) Tauchunfälle zu verkürzen.

Andererseits werden immer wieder Fälle bekannt, wo Tauchunfälle nicht erkannt und behandelt werden, weil:

- Tauchmedizin nicht Bestandteil der ärztlichen Ausbildung ist und zusätzlich
- sowohl Taucher als auch Tauchlehrer/Tauchschnulen aus unterschiedlichen Gründen zur Dissimulation neigen.

- 3.1 c) *Wurden die möglichen organisatorischen Hindernisse der Leitlinien-Anwendung berücksichtigt?*

Ja, es ist eine aggressive Information über die Leitlinie erforderlich, sowohl im ärztlichen als auch im nichtärztlichen Bereich, da die Tauchmedizin nicht Bestandteil der medizinischen Ausbildung ist.

- 3.2 *Nur für überregionale Leitlinien:
Existieren Empfehlungen zur Methode der regionalen Anpassung der Leitlinie?*

Ja, in Österreich und der Schweiz müssen national die Behörden und Organisationen gesondert eingebunden werden. Dies geschieht in der Verantwortung der ÖGTH (Österreich) und der SGUHM (Schweiz) und wird an dieser Stelle nicht ausgeführt. Andere regionale Anpassungen sind nicht sinnvoll und nicht notwendig.

Überprüfung der Anwendung

- 3.3 *Wird in der Leitlinie erwähnt, wie aus den Empfehlungen meßbare Kriterien / Indikatoren abgeleitet werden können, um das Befolgen der Leitlinie zu ermitteln?*

Nein

- 3.4 *Werden meßbare Kriterien / Indikatoren genannt, anhand derer der Effekt der Leitlinienanwendung überprüft werden kann?*

Nein