

Leitlinie Tauchunfall

Zusammenfassung

Ein Tauchunfall im Sinne dieser Leitlinie ist ein potenziell lebensbedrohliches oder gesundheitsschädigendes Ereignis, hervorgerufen durch Abfall des Umgebungsdruckes beim Tauchen oder aus sonstiger hyperbarer Atmosphäre mit und ohne Tauchgerät.

Diese nationale S2k-Leitlinie legt den aktuellen Stand der Erkenntnisse und der konsentierten Empfehlungen in der Diagnostik und Behandlung von Patienten nach Tauchunfällen dar. Die Behandlung von Apnoetauchern sowie Kindern und Jugendlichen unterscheidet sich prinzipiell nicht.

Milde Symptome sind nur die auffällige Müdigkeit und ein Hautjucken ohne sichtbare Hautveränderungen.

Wesentliche Bedeutung bei der Versorgung von Tauchunfällen hat die frühzeitige Atmung von 100%igem Sauerstoff. Weiterhin werden die Ruhiglagerung/keine unnötige Bewegung, eine moderate Flüssigkeitsgabe und eine Taucherärztliche Telefonberatung empfohlen.

Die hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) ist bei schweren Dekompressionsunfällen unverändert ohne therapeutische Alternative. Als Behandlungsschema wird grundsätzlich eine HBOT bei 280 kPa empfohlen.

Schlüsselwörter: Tauchunfall, Dekompressionserkrankung, arterielle Gasembolie, Sauerstoff, hyperbare Sauerstofftherapie

Björn Jüttner¹
Christian Wölfel²
Claudio Camponovo²
Holger Schöppenthau³
Johannes Meyne⁴
Carmen Wohlrab⁵
Henning Werr⁵
Till Klein⁶
Giso Schmeißer⁷
Karsten Theiß⁸
Philipp Wolf⁹
Oliver Müller¹⁰
Thorsten Janisch¹⁰
Johannes Naser¹¹
Susanne Blödt¹²
Cathleen
Muche-Borowski¹²

- 1 Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM)
- 2 Schweizerischen Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin (SUHMS)
- 3 Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)
- 4 Verband Deutscher Sporttaucher (VDST)
- 5 Schifffahrtmedizinisches Institut der Marine (SchiffMedInstM)
- 6 Verband Deutscher Druckkammerzentren (VDD)
- 7 Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM)
- 8 Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG)
- 9 Deutsches Rotes Kreuz, Wasserwacht (DRK)
- 10 Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

- 11 Berufsverband Deutscher
Anästhesisten (BDA)
- 12 Arbeitsgemeinschaft der
Wissenschaftlichen
Medizinischen
Fachgesellschaften (AWMF)

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Diese Leitlinie stellt den aktuellen Stand der Erkenntnisse und der Empfehlungen in der Diagnostik und Behandlung von Patienten mit Tauchunfällen dar,

- in der Ersten Hilfe durch Laien und der Versorgung durch medizinisches Fachpersonal und Ärzte.
- in dem Ablauf der Rettungskette und des Transports verunfallter Taucher.
- in der ersten hyperbarmedizinischen Therapie von Tauchunfällen.
- in der weiteren medizinischen Versorgung von Tauchunfällen.

1.2 Grundlagen der Methodik

Die methodische Vorgehensweise bei der Erstellung der Leitlinie ist im Leitlinienreport dargelegt. Dieser ist im Internet, z.B. auf den Seiten der AWMF (<http://www.awmf.org/>), frei verfügbar.

1.2.1 Verwendete Definitionen für Empfehlungs- und Konsensstärken

1.2.1.1 Formulierung der Stärke der Empfehlungen

- Starke Empfehlung: soll/soll nicht
- Empfehlung: sollte/sollte nicht
- Offene Empfehlung: kann/kann verzichtet werden

1.2.1.2 Klassifikation der Konsensstärke

- Starker Konsens: Zustimmung von >95% der Teilnehmer
- Konsens: Zustimmung von >75–95% der Teilnehmer
- Mehrheitliche Zustimmung: Zustimmung von >50–75% der Teilnehmer
- Kein Konsens: Zustimmung von <50% der Teilnehmer

1.2.2 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die S2k-Leitlinie ist bis zur nächsten Aktualisierung am 30.11.2027 gültig. Vorgesehen sind regelmäßige Aktualisierungen. Bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert. Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an die folgende Adresse gesendet werden:

Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM e.V.), Professor-Küntschers-Straße 8, 82418 Murnau am Staffelsee, Deutschland, gtuem@gtuem.org

2 Definition, Pathophysiologie und Prävention

2.1 Definition

Wie ist ein Tauchunfall definiert?

Ein „Tauchunfall“ im Sinne dieser Leitlinie ist ein potenziell lebensbedrohliches oder gesundheitsschädigendes Ereignis, hervorgerufen durch Abfall des Umgebungsdruckes beim Tauchen oder aus sonstiger hyperbarer Atmosphäre mit und ohne Tauchgerät.

- Ja: 11/11, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Die Verdachtsdiagnose „Tauchunfall“ ist bei Vorliegen folgender Voraussetzungen wahrscheinlich [1]:

- Es wurde aus einem Tauchgerät unter Wasser geatmet, unabhängig von dem verwendeten Atemgas/der Atemgas-Mischung (eventuell nur ein Atemzug)

oder

- es wurde aus einer Luftansammlung unter Wasser geatmet (zum Beispiel Wrack oder Höhle)

oder

- es wurden Apnoe-Tauchgänge durchgeführt (in der Regel mehrere tiefe Tauchgänge) [2], [3]

und

- es liegen milde und/oder schwere Symptome vor (siehe Abschnitt Symptome und Diagnose).

Ist die Leitlinie „Tauchunfall“ für das Apnoetauchen anzuwenden?

Wenn ein Apnoetaucher nach einem Tauchgang Symptome eines Tauchunfalls im Sinne dieser Leitlinie entwickelt, soll diese Leitlinie angewendet werden.

- Ja: 11/11, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Weder national noch international gibt es eine eindeutige Definition für den Begriff „Tauchunfall“. Sowohl im Alltag als auch in der Literatur werden unter diesem Begriff teilweise alle medizinischen Zwischenfälle und Ereignisse im zeitlichen Zusammenhang zum Tauchen bezeichnet. Zwischenfälle beim Tauchen müssen aber nicht in Verbindung zur hyperbaren Exposition stehen, z.B. Myokardinfarkt beim Tauchen. Auch bei den Zwischenfällen im Zusammenhang mit einer hyperbaren Exposition gibt es neben den in dieser Leitlinie definierten Tauchunfällen eine große Bandbreite an relevanten Erkrankungen, wie z.B. Barotraumen oder auch das submersionsbedingte Lungenödem.

Grundsätzlich sollte bei einem medizinischen Zwischenfall im zeitlichen Zusammenhang mit dem Tauchen von einem Tauchunfall ausgegangen werden.

Der definitionsgemäße Tauchunfall im Sinne dieser Leitlinie ist gekennzeichnet durch die Bildung oder Einschleppung von Gasblasen in Blut und Geweben. Aus diesen Vorgängen kann eine Dekompressionserkrankung 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 Dekompressionsunfall verwendet.

Tauchunfälle können abhängig vom Entstehungsmechanismus in

- Dekompressionskrankheit (englisch „Decompression Sickness“, Abkürzung „DCS“)

und

- Arterielle Gasembolie (englisch „Arterial Gas Embolism“, Abkürzung „AGE“)

unterschieden werden (siehe Abbildung 1: Systematik der Tauchunfälle).

2.2 Ätiologie und Pathophysiologie

2.2.1 Dekompressionskrankheit

Es wird angenommen, dass die Blasenbildung der primäre Verletzungsmechanismus bei der Dekompressionskrankheit ist. Taucher absorbieren Inertgas (Stickstoff beim Luftatmen) in das Gewebe, wenn sie während eines Tauchgangs komprimiertes Gas einatmen. Während des Aufstiegs kann der Partialdruck des gelösten Gases in den Geweben den Umgebungsdruck überschreiten (Übersättigung), was zur Bildung von Blasen in diesen Geweben oder im sie durchströmenden Blut führt.

Die resultierenden venösen Gasblasen sind klein (19 bis 700 µm) [4], aber sehr häufig nach Tauchgängen [5] oder schneller Höhenexposition [6]. Sie werden normalerweise durch Lungenkapillaren gefiltert und sind asymptomatisch. Venöse Gasblasen können jedoch den arteriellen Kreislauf erreichen, indem sie die Filterkapazität des Lungenkapillarnetzwerks überfordern oder durch intrapulmonale oder intrakardiale Rechts-Links-Shunts, wie z.B. Vorhofseptumdefekte oder ein persistierendes Foramen ovale (PFO), übertreten.

Das Vorhandensein eines PFO erhöht die Wahrscheinlichkeit der Manifestation der Dekompressionserkrankung im Gehirn, Rückenmark, Innenohr und der Haut [7], [8], [9], vermutlich, weil winzige, arterialisierte venöse Gasblasen, die nach einem Tauchgang in die Kapillaren von übersättigtem Gewebe gelangen, durch Eindiffundieren von Inertgas (Stickstoff) wachsen [10].

Die Blasenbildung im Gewebe kann insbesondere in der weißen Substanz des Rückenmarks mechanische Störungen und fokale Blutungen verursachen [11]. Selbst kleine intravaskuläre Blasen können physikalische Auswirkungen mit entzündlichen und thrombogenen Reaktionen haben. Intravaskuläre Blasen können zu einer beeinträchtigten Regulierung des Gefäßtonus, Plasmalecks und Hypovolämie führen [12]. Durch diesen Mechanismus kann eine große Menge venöser Gasblasen die Lungenkapillaren verletzen und ein Lungenödem hervorrufen [13].

2.2.2 Arterielle Gasembolie

Eine arterielle Gasembolie kann bei Tauchern auftreten, wenn komprimiertes Gas in der Lunge eingeschlossen wird und der Umgebungsdruck während des Aufstiegs an die Oberfläche sinkt. Die Ausdehnung des Gases führt zum Bruch der Alveolarkapillarmembranen und zum Eintritt von Gas in das Lungengefäßsystem. Ursächlich können eine unzureichende Abatmung des sich expandierenden Gases aus der gesamten Lunge oder lokale Erkrankungen wie Bronchialobstruktion oder Bullae sein.

Bereits geringe Druckdifferenzen bei Aufstiegen aus einer Tiefe von nur 1 Meter können hier ursächlich sein [14].

Große intraarterielle Blasen können einen Arterienverschluss, Ischämie und Infarkt verursachen. Sekundäre Wirkungen im Gehirn nach einer blaseninduzierten Ischämie ähneln wahrscheinlich Prozessen, die nach einem Schlaganfall auftreten, einschließlich der Freisetzung von exzitatorischen Neurotransmittern, oxidativem Stress, Entzündungen und einer Immunantwort [15].

2.3 Prävention

Trotz Einhaltung aller Sicherheitsstandards beim Tauchen kann das Auftreten eines Tauchunfalls nie vollständig ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Prävention eines Tauchunfalls kommt dem Taucher eine hohe Eigenverantwortung zu. Um dieser gerecht zu werden und eine adäquate Entscheidung treffen zu können, müssen Kenntnisse der relevanten Einflussfaktoren und deren Auswir-

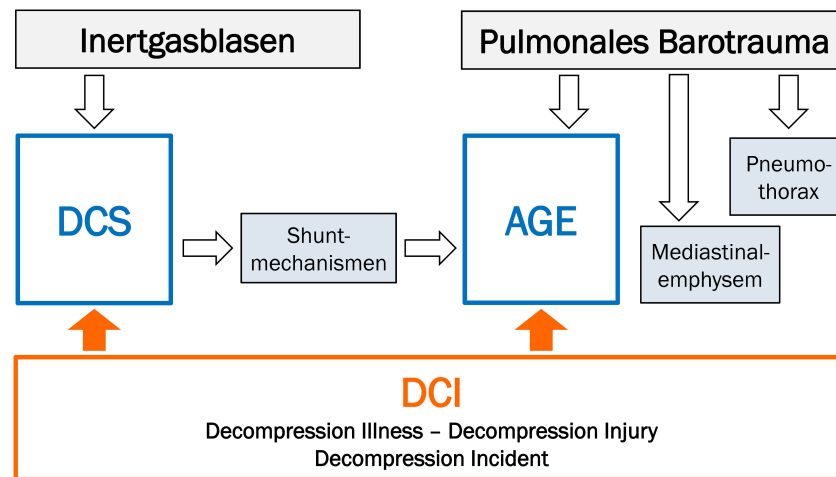


Abbildung 1: Systematik der Tauchunfälle

kungen sowie ggf. Korrekturmöglichkeiten vorhanden sein.

Jedem Tauchgang sollte eine dem Tauchgang entsprechende Tauchausbildung und Tauchgangsplanung vorangegangen sein.

Regelmäßiges Training von Fähigkeiten (inkl. Selbst- und Fremdreitung) und eine allgemeine körperliche Fitness sind eine wichtige Grundlage für sichere Tauchgänge.

Grundlegend für die Beurteilung ist eine Anamnese, die zentral von wahrheitsgemäßen Angaben der Taucher abhängig ist, sowie eine qualifizierte tauchmedizinische Untersuchung („Tauchtauglichkeit“); diese besteht aus klinischer Untersuchung und apparativen Untersuchungen (z.B. EKG, gegebenenfalls Belastungs-EKG, Lungenfunktion, Otoskopie). Neben der Detektion absoluter Kontraindikation (z.B. Anfallsleiden, eingeschränkte kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit) ist vor allem auch die vorausschauende Beratung Inhalt einer tauchmedizinischen Untersuchung. Diese Beratung umfasst immer allgemeine Aspekte für jeden Taucher wie auch individuelle Aspekte, die sich aus möglichen Risikofaktoren bzw. den erhobenen Untersuchungsbefunden ergeben.

Die allgemeine Beratung ergänzt die Inhalte der Tauchausbildung und sollte beispielsweise den Aspekt des Dehydratationsrisikos (mangelnde Flüssigkeitszufuhr, Flüssigkeitsverlust durch Schwitzen und/oder Durchfall, ...) oder auch Informationen zum Temperaturhaushalt und Verhalten bei vorübergehenden Erkrankungen beinhalten. Der individuelle Teil ist in Abhängigkeit des untersuchten Tauchers vielschichtig und kann Themen wie Verhalten bei Übergewicht (z.B. für ausreichende körperliche Fitness sorgen und Regeln des „Low Bubble Diving“ befolgen), Seekrankheit, chronische Erkrankungen, Medikation, auch in Abhängigkeit von den geplanten Tauchgängen, umfassen. Bei relativen Kontraindikationen sollte besprochen werden, wie diese Risikoerhöhung für einen Tauchunfall durch geeignete Maßnahmen wieder reduziert werden kann.

Der Tauchgang selbst kann durch gute und konservative Tauchgangsplanung, z.B. nach den Regeln des Low

Bubble Divings, geplant und damit sicherer gestaltet werden.

Zudem muss der Taucher vor jedem Tauchgang seinen Gesundheitszustand dahingehend selbst beurteilen, ob Faktoren vorliegen, die die Sicherheit beeinträchtigen.

Auch das Verhalten nach einem Tauchgang kann das Risiko für das Auftreten eines Tauchunfalls beeinflussen. So führen zum Beispiel erhöhte körperliche Anstrengung (schwieriger Ausstieg oder Tragen von schweren Ausrüstungsgegenständen) oder kurze Abstände zu nachfolgenden Flügen zu einem erhöhten Risiko der Blasenfreisetzung und -zirkulation.

3 Symptome und Diagnose

Welche Untersuchungsverfahren sind geeignet zur Diagnose, Differentialdiagnose und zur Verlaufsbeobachtung eines Dekompressionsunfalls?

Alle nach einem Tauchgang neu aufgetretenen Symptome sollen als möglicher Tauchunfall angesehen werden, sofern keine anderen Entstehungsmechanismen offensichtlich sind.

- Ja: 11/11, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Die Verdachtsdiagnose „Tauchunfall“ soll auf Grund der Symptome unter Berücksichtigung des Tauchgangs und vorbestehenden Problemen oder Erkrankungen erfolgen. Frühestmöglich soll ein tauchmedizinisch fortgebildeter Arzt¹ beratend hinzugezogen werden.

- Ja: 11/11, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Verunfallte sollen engmaschig im Hinblick auf hinzutretende Symptome oder eine Verschlechterung bestehender Symptome beobachtet werden.

- Ja: 11/11, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Verunfallte sollen *frühestmöglich insbesondere neurologisch untersucht werden. Eine erste orientierende neurologische Untersuchung soll bereits durch den Ersthelfer erfolgen, wenn hierdurch nicht die weitere Versorgung beeinträchtigt wird.*

- Ja: 10/10, Nein: 0, Enthaltung: 1
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Das vielfältige mögliche Erscheinungsbild der DCI erschwert die Diagnostik.

Die Diagnose einer DCI und gegebenenfalls in Betracht zu ziehender Differentialdiagnosen ist anhand der klinischen Symptome zu beurteilen.

Technische Zusatzuntersuchungen sind zur Diagnosestellung der DCI nicht erforderlich. Sie können jedoch zur Abgrenzung von Differentialdiagnosen erforderlich werden.

Aufgrund der häufigen neurologischen Symptome [16], [17] ist bei allen Tauchern mit vermutetem Tauchunfall eine neurologische Untersuchung durchzuführen. Eine Laien-Untersuchung durch Ersthelfer nach einem vorgegebenen Untersuchungsverfahren (siehe Anhang 1) kann ein frühes Erkennen von neurologischen Symptomen sowie die Verlaufsdokumentation der Symptomschwere ermöglichen.

Symptome eines Tauchunfalls können sich nach Ende des Tauchgangs vor und nach Beginn einer Behandlung schnell verändern. Verlaufsuntersuchungen sind daher erforderlich.

Welche Einteilungen sind zur Beurteilung des Schweregrades eines Tauchunfalls geeignet?

Das therapeutische Vorgehen unterscheidet sich abhängig vom Vorliegen milder oder schwerer Symptome. Diese Leitlinie klassifiziert den Schweregrad des Tauchunfalls daher nach dieser Einteilung, siehe 3.1 und 3.2.

- Ja: 10/10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

In der internationalen tauchmedizinischen Literatur sind verschiedene Klassifikationen des Tauchunfalls beschrieben. Am bekanntesten ist die noch immer weltweit gebräuchliche traditionelle Klassifikation mit Unterteilung der Dekompressionsunfälle in DCS I (englisch: „bends“, „pain only“, „mild“, „minor symptoms“), DCS II (englisch: „severe“, „serious“, „major symptoms“) und arterielle Gasembolien (AGE). Auch modifizierte Klassifikationen, die ebenfalls zwischen „mild symptoms“ und „serious symptoms“ unterscheiden, wurden propagiert.

Die im Rahmen dieser Leitlinie verwendete Unterteilung in milde Symptome und schwere Symptome unterscheidet sich von den meisten der international gebräuchlichen Klassifikationen, um auch Patienten mit einer scheinbar „leichteren“ Symptomatik zur Vermeidung von Spät- oder Folgeschäden frühzeitig und konsequent adäquat zu therapieren.

Diese Leitlinie klassifiziert den Schweregrad des Tauchunfalls nach folgender Einteilung.

3.1 Milde Symptome

- „Auffällige Müdigkeit“
- „Hautjucken“ ohne sichtbare Hautveränderungen (Taucherflöhe)

3.2 Schwere Symptome

- Sichtbare Hautflecken und -veränderungen
- Missempfindungen (z.B. „Ameisenlaufen“)
- Taubheitsgefühle
- Subkutane Schwellung (lymphatische Symptome)
- Gliederschmerzen („Bends“)
- Gürtelförmige Schmerzen
- Lähmungen
- Blasenentleerungsstörungen
- Koordinations- und Gangstörungen
- Seh-, Hör- und Sprachstörungen
- Schwindel
- Übelkeit
- Bewusstseinsstörungen
- Körperliche Schwäche
- Atembeschwerden
- Herz-Kreislauf Probleme (Brustenge, Schock)

Welche weiteren tauchbedingten Gesundheitsstörungen sind bei Tauchunfällen differenzialdiagnostisch in Erwägung zu ziehen?

Neben der Dekompressionskrankheit und der arteriellen Gasembolie können weitere tauchbezogene Erkrankungen auftreten, u.a.:

- Barotrauma der Nasennebenhöhlen, des Mittel-, Außen- oder Innenohres
- Barotrauma anderer luftgefüllter Höhlen im bzw. am Körper des Tauchers (z.B. Maske)
- (Spannungs-)Pneumothorax
- Mediastinalempysem
- Immersionsbedingtes Lungenödem
- Druckdifferenzschwindel
- Ertrinkungsunfall
- Unterkühlung

4 Therapie

Bei Tauchunfällen sind in der Regel die Tauchpartner, Sicherungstaucher, Tauchgruppenführer und Tauchausbilder zur Durchführung von Maßnahmen der Ersten Hilfe vor Ort.

Der Erfolg der Erstmaßnahmen und der weiteren Behandlung hängt entscheidend davon ab, dass die Maßnahmen der Ersten Hilfe schnell und richtig angewendet werden. Voraussetzungen [18]:

- Eine entsprechende Ausbildung aller Taucher
- Vorhandensein einer auf die Tauchgangs-Planung angepassten Notfallausrüstung

- Eine Tauchunfall-Planung (Tauchnotfallplan, Telefonnummern)
- Sichere Kommunikationsmittel

4.1 Maßnahmen Ersthelfer

Welche Maßnahmen werden für Ersthelfer empfohlen?

Maßnahmen bei milden Symptomen (siehe Abbildung 2)

- *Sofortige Atmung von 100% Sauerstoff oder Atemgas mit dem höchsten verfügbaren Sauerstoffanteil unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasgemisch* [19], [20] (siehe Abschnitt Sauerstofftherapie)
- *Überprüfung von Bewusstsein, Bewegungsfähigkeit und Wahrnehmung* (z.B. „NeuroCheck für Taucher“, siehe Anhang 1)
- *Taucher, die selbständig trinken können, 0,5–1 Liter Flüssigkeit/Stunde trinken lassen* [18], [21], [22] (isotonische, kohlenstofffreie Getränke bevorzugen/keine alkoholhaltigen Getränke)
- *Schutz sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung* [23], [24]
- *keine „nasse Rekompensation“*
- *100% Sauerstoffatmung bis zur taucherärztlichen Beratung fortführen, auch wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten*
- *Taucherärztliche Telefonberatung* [18] (siehe 4.2)
- *Dokumentation des Tauchunfallverlaufs und der Maßnahmen*
- *Wenn noch unverändert Symptome nach 30 Minuten fortbestehen oder wiederauftreten, wie schwere Symptome behandeln*
- *Taucher nach Rückbildung von milden Symptomen 24 Stunden beobachten* [18], [25]

Tauchpartner können im Verlauf ebenso symptomatisch werden. Sie sollen bezüglich milder oder schwerer Symptome beobachtet und gegebenenfalls in weitere diagnostische und/oder therapeutische Maßnahmen einbezogen werden.

Maßnahmen bei schweren Symptomen (siehe Abbildung 2)

Beim bewusstlosen Taucher ohne erkennbare Eigenatmung gelten die Empfehlungen zu Wiederbelebensmaßnahmen entsprechend den aktuellen internationalen Leitlinien².

- Herz-Lungen Wiederbelebung (Basic life support)

Tauchunfallspezifische Erste-Hilfe:

- *Sofortige Atmung von 100% Sauerstoff oder Atemgas mit dem höchsten verfügbaren Sauerstoffanteil unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasgemisch* [26], [27] (siehe Abschnitt Sauerstofftherapie)

- *Überprüfung von Bewusstsein, Bewegungsfähigkeit und Wahrnehmung* (z.B. „NeuroCheck für Taucher“, siehe Anhang 1)
- *Lagerung* [18], [23], [28], [29], [30]:
 - *Seitenlage bei Bewusstseinsstörung*
 - *Ruhiglagerung/keine unnötige Bewegung*
 - *keine Kopftieflagerung*

– Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0

– Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

4.2 Taucherärztliche Telefonberatung

Ein tauchmedizinisch fortgebildeter Arzt¹ soll beraten, ob eine Druckkammerbehandlung erforderlich und wie dringlich diese ist. Medizinische Laien und auch Ärzte ohne tauchmedizinische Ausbildung sind damit meist überfordert.

- Nationale DAN-Hotline für Deutschland und Österreich: 00800 326 668 783 (00800 DAN NOTRUF)
- Nationale DAN-Hotline für die Schweiz (via REGA): +41 333 333 333 (oder 1414 für Anrufe innerhalb der Schweiz)
- VDST-Hotline: +49 69 800 88 616
- Schifffahrtmedizinisches Institut der Marine: +49 431 5409 1441
- Taucherhotline von aqua med: +49 421 240 110-10
- Internationale DAN-Hotline: +39 06 4211 8685 oder 5685

Bei allen Telefonnummern Kennwort „Tauchunfall“ angeben.

Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern finden Sie auf der Internetseite der GTÜM, siehe <http://www.gtuem.org>.

4.3 Maßnahmen medizinisches Fachpersonal

Welche Maßnahmen werden für medizinisches Fachpersonal empfohlen?

Erstuntersuchung und Maßnahmen nach dem ABCDE-Schema.

Wiederbelebensmaßnahmen sollen entsprechend den aktuellen internationalen Leitlinien durchgeführt werden².

- Herz-Lungen-Wiederbelebung (Advanced Life Support)
- Ausschluss/Behandlung eines Spannungspneumothorax

Ertrinkungsunfälle können Folge eines Tauchunfalls sein und sollen in einem solchen Fall spezifisch behandelt werden.

Die Maßnahmen bei milden Symptomen entsprechen denen der Ersthelfer.

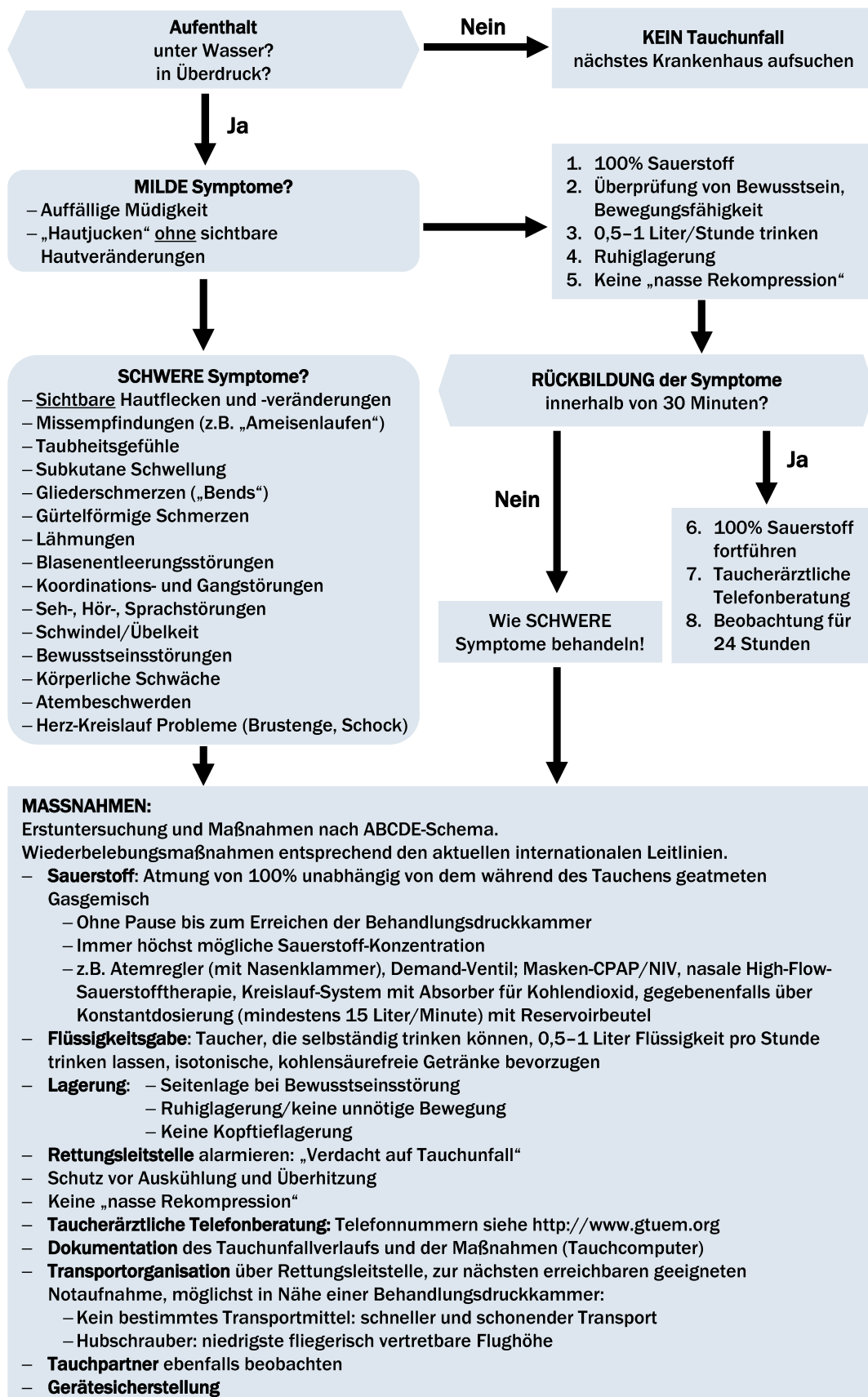


Abbildung 2: Erste Hilfe bei Tauchunfällen

Tauchunfallspezifische Maßnahmen bei schweren Symptomen (siehe Abbildung 2)

- **Sofortige Atmung von 100% Sauerstoff oder Atemgas mit dem höchsten verfügbaren Sauerstoffanteil unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasgemisch** (siehe Abschnitt Sauerstofftherapie)
- **Atemwegssicherung**
 - Bei insuffizienter Oxygenierung und ausreichender Vigilanz ist Masken-CPAP/NIV oder eine nasale High-Flow-Sauerstofftherapie der Intubation für eine fortlaufende neurologische Beurteilung vorzuziehen
- **Flüssigkeitsersatz**
 - 0,5–1 Liter Flüssigkeit/Stunde intravenös [18], [31] (Vollelektrolytlösungen bevorzugen)
- **Lagerung** [18], [23], [28], [29], [30]:
 - Lagerung nach notfallmedizinischen Standards
 - Ruhiglagerung/keine unnötige Bewegung
- **Medikamente**
 - Für die Behandlung von Tauchunfällen besteht ausgenommen für Sauerstoff bisher für kein Medikament eine wissenschaftlich eindeutig nachgewiesene Wirksamkeit. Alle Medikamente im Rahmen des Advanced Life Supports sollen indikationsgemäß eingesetzt werden.
- **Keine „nasse Rekompresseion“**
- **Weitere Maßnahmen**
 - Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen Standards
 - Klinische und neurologische Untersuchungen frühestmöglich und im Verlauf
 - Monitoring
 - Ggf. Blasenkatheter
 - Schutz sowohl vor Auskühlung als auch vor Überhitzung. Bei Unterkühlung keine aktive Wiedererwärmung, da dies zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome führen kann
 - Taucherärztliche Telefonberatung (siehe Absatz Taucherärztliche Telefonberatung)
 - Bei schweren Symptomen schnellstmögliche Behandlung in einer therapeutischen Druckkammer³
 - Eine Druckkammerbehandlung ist in den meisten Fällen auch bei verzögertem Behandlungsbeginn erforderlich
 - Dokumentation der Tauchgangsdaten (Tauchcomputer), des Symptomverlaufes und der durchgeführten Behandlungsmaßnahmen
 - Abwägung, ob Tauchpartner ebenfalls durch einen tauchmedizinisch fortgebildeten Arzt¹ untersucht und gegebenenfalls behandelt werden muss

– Ja: 7, Nein: 0, Enthaltung: 0
 – Konsensstärke: 100% (starker Konsens)
 – Diese Abstimmung wurde mit und ohne konfliktbelastete Mitglieder der Leitliniengruppe für die Empfehlungen zur HBOT durchgeführt. Es zeigte sich mit und ohne Stimmenthaltungen (10 von 10) ein starker Konsens für die hier aufgeführten Empfehlungen.

Gibt es alternative und/oder ergänzende Therapieverfahren gegenüber der Druckkammerbehandlung (u.a. Medikation, Stellungnahme IWR)?

Zu der Druckkammerbehandlung gibt es keine alternativen Therapieverfahren³.

Für die Behandlung von Tauchunfällen besteht ausgenommen für Sauerstoff bisher für kein Medikament eine wissenschaftlich eindeutig nachgewiesene Wirksamkeit. Alle Medikamente im Rahmen des Advanced Life Supports sollen indikationsgemäß eingesetzt werden.

Eine „nasse Rekompresseion“ (In Water Recompression, IWR) soll nicht durchgeführt werden. Sie bleibt professionellen Teams mit entsprechender Ausbildung, Erfahrung und personeller sowie materieller Ausstattung vorbehalten, wenn im Falle eines lebensbedrohlichen Tauchunfalls eine Druckkammer nicht innerhalb weniger Stunden erreicht werden kann [32], [33].

– Ja: 7, Nein: 0, Enthaltung: 0

– Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

– Diese Abstimmung wurde mit und ohne konfliktbelastete Mitglieder der Leitliniengruppe für die Empfehlungen zur HBOT durchgeführt. Es zeigte sich mit und ohne Stimmenthaltungen (10 von 10) ein starker Konsens für die hier aufgeführten Empfehlungen.

Die Druckkammerbehandlung als Therapie des Tauchunfalls ist seit den ersten Fallbeschreibungen bis heute alternativlos [34], [35], [36], [37]. Mit der Etablierung der Sauerstoffatmung während dieser Behandlung entspricht die Hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) heute dem weltweiten Therapiestandard [38], [39], [40], [41]. Ein verzögerter Behandlungsbeginn der Rekompresseion, insbesondere länger als 6 Stunden, erhöht das Risiko von irreversiblen Schäden [25], [42], [43], [44], [45].

4.4 Sauerstofftherapie/Sauerstoffgabe (normobare Oxygenation)

Welche Art der Sauerstoffapplikation ist zu bevorzugen?

Für die Sauerstoffgabe soll die Applikationsform gewählt werden, die den höchsten verfügbaren Sauerstoffanteil bei Atmung bzw. Beatmung des Verunfallten ermöglicht. Die Ressourcenschonung spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

– Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0

– Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Wie ist die Sauerstoffgabe durchzuführen?

Sauerstoffgabe (normobare Oxygenation)

Die kausale Therapie des Tauchunfalles besteht in der Atmung reinen Sauerstoffs [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52] (FiO₂ 1.0, „100%“).

Auch bei sehr begrenztem O₂-Vorrat soll O₂ immer in der höchsten verfügbaren Konzentration gegeben werden unter Inkaufnahme, dass der Transport mit Luftatmung zu Ende geführt werden muss.

Zeitverzögerungen sind dabei zu vermeiden. Die sofortige Atmung von 100% Sauerstoff findet unabhängig von dem während des Tauchens geatmeten Gasgemisch statt.

- Bei ausreichender Eigenatmung Atmung von 100% mit:
 - Atemregler (mit Nasenklammer) [53]
 - Demand-Ventil [54]
 - Masken-CPAP/NIV (Risiko bei v.a. Pneumothorax beachten)
 - Nasale High-Flow-Sauerstofftherapie (NHF/HFOT/HFNC) [53]
 - Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid
 - Gegebenenfalls über Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) mit Reservoirbeutel, wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen
- Bei unzureichender Eigenatmung Atemwegsicherung nach notfallmedizinischen Standards und Beatmung (assistiert oder kontrolliert) mit 100% Sauerstoff über:
 - Ausschluss/Behandlung eines Spannungspneumothorax
 - CPAP/BiPAP (Risiko bei V.a. Pneumothorax beachten)
 - Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid
 - Beatmungsbeutel mit Demand-Ventil oder Reservoirbeutel und Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute), wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen

Die Verabreichung von 100% Sauerstoff soll ohne Pause bis zum Erreichen der Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden.

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

4.5 Transport

Welche Transportmittel sind für verunfallte Taucher geeignet (Fahrzeug, Hubschrauber, Flugzeug, Boot)?

Es gibt keine prinzipielle Präferenz für ein bestimmtes Transportmittel. Es soll im Hinblick auf die Gesamt-Transportzeit das schnellste und schonendste Transportmittel verwendet werden.

- Hubschrauber (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe)
- Bodengebundene Rettungsfahrzeuge (Risiko bei Fahrten über Bergpässe durch weitere Druckreduktion)
- Boot

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Alle verfügbaren Informationen wie die Dokumentation der Tauchgangsdaten (Tauchcomputer), Symptomverlauf und bisherigen Behandlungsmaßnahmen sollen bei dem verunfallten Taucher verbleiben.

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

- Transportmittel-Organisation über Rettungsleitstelle
- Transportziel: Nächste geeignete erreichbare Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Behandlungsdruckkammer, die den von der GTÜM geforderten Standards entspricht.

4.5.1 Versorgung während des Transports

Regelmäßige Wiederholung der klinischen und orientierenden neurologischen Untersuchung.

4.6 Druckkammerbehandlung

Wann besteht die Indikation zur Druckkammerbehandlung nach einem Tauchunfall?

Die erste Druckkammerbehandlung soll so schnell wie möglich erfolgen. Auch ein verzögerter Behandlungsbeginn (auch nach Tagen) kann eine Besserung der Symptomatik bewirken [45], [55], [56], [57], [58].

Die Indikation zur Druckkammerbehandlung ist gegeben bei:

- Milden Symptomen, die auch nach 30 Minuten Atmung von 100% reinem Sauerstoff nicht rückläufig sind.
- Bei schweren Symptomen besteht grundsätzlich die Indikation zur Druckkammerbehandlung.

- Ja: 7, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)
- Diese Abstimmung wurde mit und ohne konfliktbelastete Mitglieder der Leitliniengruppe für die Empfehlungen zur HBOT durchgeführt. Es zeigte sich mit und ohne Stimmenthaltungen (10 von 10) ein starker Konsens für die hier aufgeführten Empfehlungen.

4.6.1 Maßnahmen vor der ersten Druckkammerbehandlung

Eine bildgebende Diagnostik ist routinemäßig nicht erforderlich. Bei Verdacht auf Pneumothorax soll eine bildgebende Diagnostik erfolgen:

- Thorax-Röntgen,
- Sonographie oder
- Computertomographie.

Wenn eine weiterführende Diagnostik nach notfallmedizinischen Standards dringlich indiziert ist, um andere Ursachen des Zustandes auszuschließen, dann darf dadurch die Druckkammerbehandlung so wenig wie möglich verzögert werden.

Folgende Maßnahmen können erforderlich sein:

- Pleuradrainage
- Parazentese bei bewusstlosen Patienten, wenn ohne Zeitverzögerung fachkundig möglich
- Blasenkateter

4.6.2 Behandlungstabellen

Welche Behandlungstabellen sollen angewandt werden?

Standard-Behandlungstabelle ist die „US Navy Treatment Table 6“ [41], [45], [59], [60], [61], [62] oder Modifizierungen dieser Tabelle mit einem initialen Behandlungsdruck von 280 kPa (siehe Abbildung 3).

- Ja: 7, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)
- Diese Abstimmung wurde mit und ohne konfliktbelastete Mitglieder der Leitliniengruppe für die Empfehlungen zur HBOT durchgeführt. Es zeigte sich mit und ohne Stimmenthaltungen ein starker Konsens (10 von 10) für die hier aufgeführten Empfehlungen.

Ist das Therapieverfahren von den verwendeten Atemgasen abhängig?

Die Standard-Behandlungstabelle „US Navy Treatment Table 6“ soll für alle Tauchunfälle verwendet werden, unabhängig von dem verwendeten Atemgas des verunfallten Tauchers.

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

Die Druckkammerbehandlung kann verkürzt werden bei einem vollständigen Rückgang der nachfolgend aufgeführten Symptome innerhalb der ersten 10 Minuten der hyperbaren Oxygenation bei 280 kPa.

- Konstitutionelle bzw. unspezifische Symptome – ausgeprägte Müdigkeit
- Kutane Symptome – Hautveränderungen
- Lymphatische Symptome – lokale Schwellung
- Muskuloskeletale Symptome – Gelenk- und Gliederschmerzen
- Leichte peripher-neurologische subjektive sensorische Störungen ohne objektivierbare pathologische Befunde

In diesen Fällen kann die Behandlung entsprechend einer „US Navy Treatment Table 5“ oder analogen Tabellen verkürzt werden. Es dürfen jedoch keine zusätzlichen Symptome vorliegen oder vorgelegen haben.

Bei inkomplettem oder fehlendem Rückgang der Beschwerden oder Symptomen unter der hyperbaren Oxygenation wird die initiale Druckkammerbehandlung verlängert. Auf einem Behandlungsdruck von 280 kPa werden maximal zwei Verlängerungen von jeweils 25 Minuten Dauer (20 Minuten Sauerstoffatmung und 5 Minuten Luftatmung) durchgeführt; bei einem Behandlungsdruck von 190 kPa werden ebenfalls maximal zwei Verlängerungen von jeweils 75 Minuten Dauer (dreimal 20 Minuten Sauerstoffatmung und dreimal 5 Minuten Luftatmung) durchgeführt.

- Ist der behandelte Taucher nach 60 Minuten (dreimal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf dem initialen Behandlungsdruck von 280 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird auf diesem Behandlungsdruck eine erste

Verlängerung von 20 Minuten Sauerstoffatmung und 5 Minuten Luftatmung durchgeführt.

- Ist der behandelte Taucher nach 80 Minuten (viermal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf 280 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird auf diesem Behandlungsdruck eine zweite Verlängerung von 20 Minuten Sauerstoffatmung und 5 Minuten Luftatmung durchgeführt. Anschließend erfolgt die Dekompression auf 190 kPa gemäß 'US Navy Treatment Table 6'.
- Ist der behandelte Taucher nach 60 Minuten (dreimal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf einem Behandlungsdruck von 190 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird nach insgesamt 120 Minuten (sechsmal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf diesem Druckniveau eine dritte Verlängerung von weiteren 60 Minuten (dreimal 20 Minuten) Sauerstoffatmung und 15 Minuten (dreimal 5 Minuten) Luftatmung durchgeführt.
- Ist der behandelte Taucher nach insgesamt 120 Minuten (sechsmal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf 190 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird nach insgesamt 180 Minuten (neunmal 20 Minuten) Sauerstoffatmung auf diesem Druckniveau eine vierte Verlängerung von weiteren 60 Minuten (dreimal 20 Minuten) Sauerstoffatmung und 15 Minuten (dreimal 5 Minuten) Luftatmung durchgeführt. Anschließend erfolgt nach insgesamt 240 Minuten Sauerstoffatmung auf 190 kPa die Dekompression auf Umgebungsdruck gemäß 'US Navy Treatment Table 6'.

Andere Behandlungstabellen, insbesondere Tabellen mit längeren Behandlungszeiten und höheren Behandlungsdrücken sowie Mischgas- und Sättigungsbehandlungstabellen, sollen Einrichtungen und Personal mit besonderer Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ereignissen und Ergebnissen umgehen zu können. Bei allen Behandlungstabellen sind sauerstoffangereicherte Atemgasgemische anzuwenden. 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“ (siehe Abbildung 4).

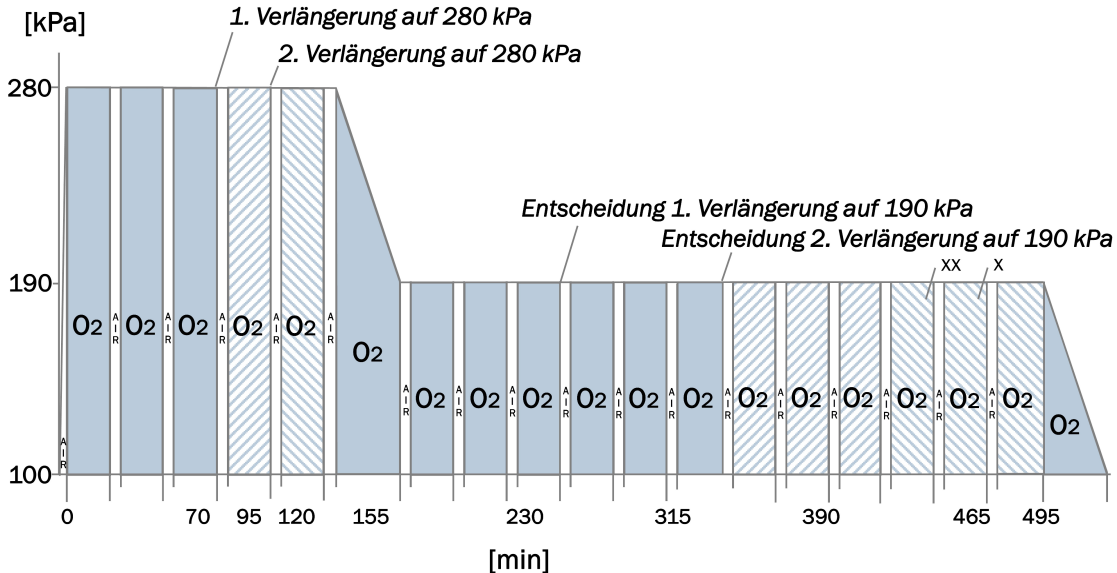
Nach initialer Druckkammerbehandlung ohne Besserung ist die Differentialdiagnose zu überprüfen.

4.6.3 Maßnahmen während der ersten Druckkammerbehandlung

- Wiederholte 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

US Navy Treatment Table 6

modifiziert nach SchiffMedInstM/GTÜM



X Sauerstoffatmung für Begleiter während der letzten 30 min auf 190 kPa und während der Dekompression bis zur Oberfläche, wenn keine oder eine Verlängerung der Behandlungstabelle durchgeführt wurde.

XX Sauerstoffatmung für Begleiter während der letzten 60 min auf 190 kPa und während der Dekompression bis zur Oberfläche, wenn zwei oder mehr Verlängerungen der Behandlungstabelle durchgeführt wurden.

Abbildung 3: Modifizierte US Navy Treatment Table 6

- Regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen luftgefüllten Hohlräume in den Medizinprodukten (zum Beispiel Cuff des Beatmungstubus, Infusion, Tropfkammer, Blutdruck-Manschette), immer vor und während Drucksenkungen in der Behandlungstabelle
- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen/intensivmedizinischen Standards
- Flüssigkeitsbilanzierung
- Für die Behandlung von Tauchunfällen besteht ausgenommen für Sauerstoff bisher für kein Medikament eine wissenschaftlich eindeutig nachgewiesene Wirksamkeit.
- Durchgeführte Maßnahmen zur Übergabe an den Weiterbehandelnden dokumentieren

4.6.4 Maßnahmen nach der ersten Druckkammerbehandlung

Wie werden Patienten zwischen den Druckkammerbehandlungen behandelt?

Jeder Patient soll nach der initialen Druckkammerbehandlung für mindestens 24 h überwacht werden. Im kritischen Zustand kann eine Intensivtherapie notwendig sein.

Zwischen den Druckkammerbehandlungen wird zusätzlicher Sauerstoff nur bei verminderter Sauerstoffaufnahme

me im Blut (Hypoxämie) verabreicht. Erhöhte Sauerstoffspiegel werden nicht angestrebt.

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

– Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0

– Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

- Frühestmöglicher Beginn intensiver spezifischer Therapie- und Rehabilitationsmaßnahmen, möglichst begleitend zur Druckkammerbehandlung
- Vorteile der Physiotherapie während der Druckkammerbehandlung gegenüber der alleinigen Durchführung zwischen den Druckkammerbehandlungen sind nicht erwiesen.
- Medikamentöse und weitere Therapie entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild nach Maßgabe der beteiligten Fachgebiete

4.6.5 Weitere Druckkammerbehandlungen

Werden Druckkammer-Folgebehandlungen empfohlen?

Sind nach der ersten Druckkammerbehandlung noch Symptome vorhanden, soll sich innerhalb von 24 Stunden eine Folgebehandlung anschließen.

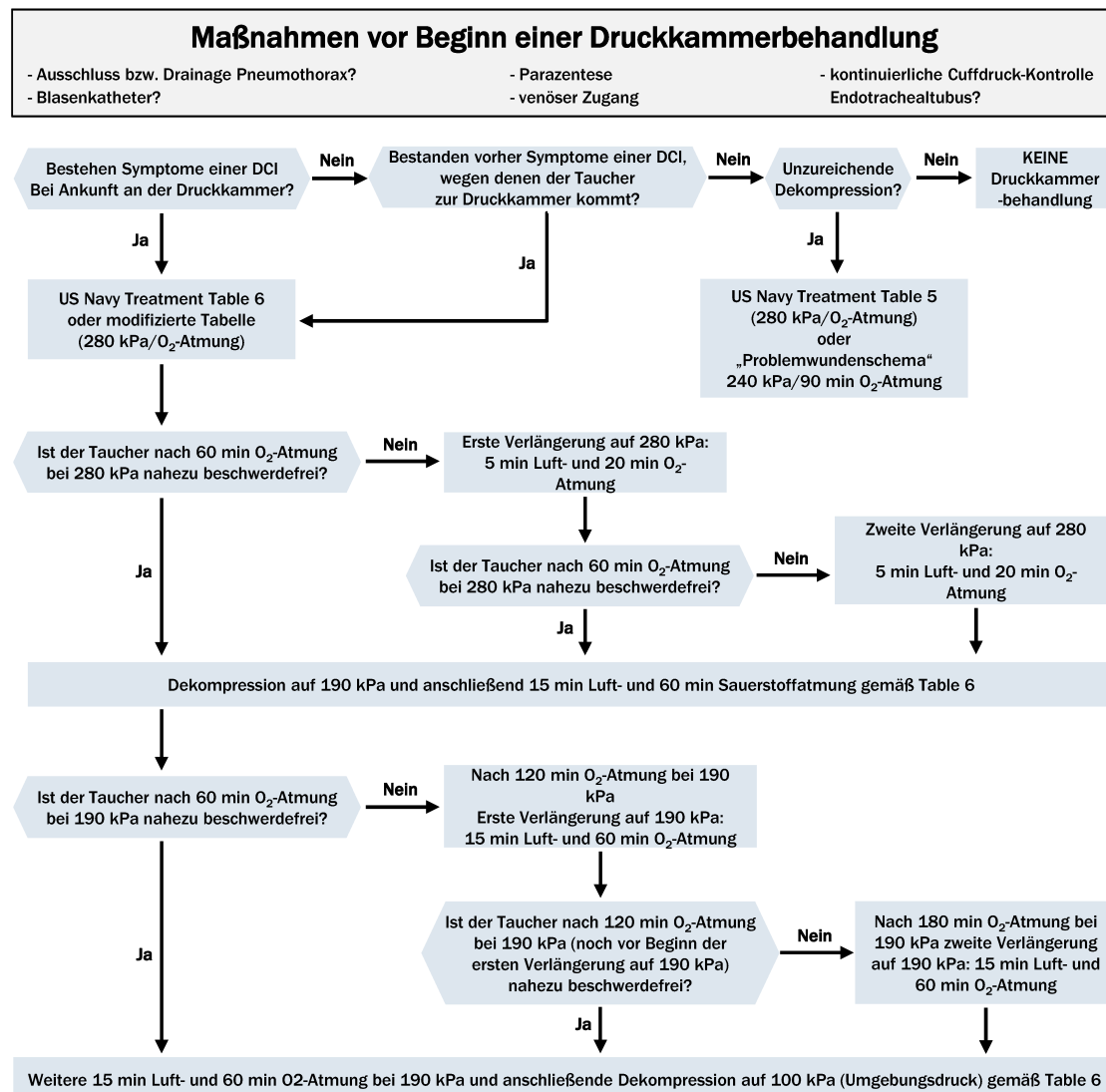


Abbildung 4: Flussdiagramm „Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfällen“

- Ja: 7, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)
- Diese Abstimmung wurde mit und ohne konfliktbelastete Mitglieder der Leitliniengruppe für die Empfehlungen zur HBOT durchgeführt. Es zeigte sich mit und ohne Stimmenthaltung ein starker Konsens (10 von 10) für die hier aufgeführten Empfehlungen.

- Mindestens 1x täglich Behandlung mit hyperbarem Sauerstoff (HBOT), zum Beispiel nach dem sogenannten „Problemwunden-Schema“ [33]
- Bei fortbestehenden schweren neurologischen Symptomen kann auch eine zweite Druckkammerbehandlung entsprechend der Standard-Behandlungstabelle „US Navy Treatment Table 6“ erwogen werden.
- Andere Behandlungstabellen sollen Einrichtungen und Personal mit Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ergebnissen umgehen zu können.

4.6.6 Abstände zwischen den Druckkammerbehandlungen

- Höchstens 24 Stunden, aber maximal 2 Behandlungen innerhalb 24 Stunden

4.6.7 Weitere Diagnostik/ Kontrolluntersuchungen nach klinischer Symptomatik

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

4.6.8 Entscheidung über Beendigung der Druckkammerbehandlungen

- Nach vollständiger und anhaltender Symptombfreiheit 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, ist die Druckkammer-Therapie zu beenden.

4.7 Behandlung von Kindern und Jugendlichen

Wie werden Kinder und Jugendliche behandelt?

Tauchunfälle im Sinne dieser Leitlinie sind bei Kindern und Jugendlichen seltener als bei Erwachsenen. Ihre Behandlung unterscheidet sich prinzipiell nicht von der Behandlung Erwachsener.

Im Vordergrund der Therapie steht die hochdosierte Sauerstoffgabe, ggf. auch eine zügige Druckkammerbehandlung. Die Dosierung von Flüssigkeit und Medikamenten soll alters- und gewichtsadaptiert erfolgen. Zur Behandlung soll eine geeignete und angepasste Ausstattung zur Verfügung stehen.

Die Versorgung von Kindern und Jugendlichen sollte altersabhängig in Zusammenarbeit zwischen einem Arzt mit Erfahrung in pädiatrischer (Intensiv-)Medizin und dem Druckkammerzentrum erfolgen [63].

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

4.8 Verlegung (Sekundärtransport)

Wenn nach der ersten Druckkammerbehandlung noch Symptome vorhanden sind, müssen bei gesicherter Diagnose innerhalb von 24 Stunden gegebenenfalls weitere Behandlungen folgen. Wenn zwischen den Druckkammerbehandlungen vor Ort keine stationäre medizinische Betreuung möglich ist, muss ein Transport in ein entsprechend ausgestattetes Behandlungszentrum³ erfolgen. Die Wahl des Transportmittels erfolgt unter Abwägung des Patientenzustandes, der Transportstrecke und Transportzeit und der möglichen „Transportmittel“.

- Hubschrauber
- Ambulanz-Flugzeug
- Passagier-Flugzeug
- Boot
- Bodengebundene Rettungsfahrzeuge

Es gibt keine gesicherten Daten für eine pauschale Forderung nach einem Transport unter 1-bar-Bedingungen für Sekundärtransporte. Flüge mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) sind sehr viel schneller und einfacher zu organisieren.

Es gibt Hinweise, dass Rezidive einer DCI nach Druckkammerbehandlung während oder nach dem Flug häufiger auftreten, als wenn nicht geflogen wird. Ebenso gibt es Hinweise, dass während des Fluges nicht mit einem Symptombeginn höheren Schweregrades zu rechnen ist und die Behandlungsaussichten nicht verschlechtert werden.

Bei einem Transport von Patienten nach Druckkammerbehandlung stellt ein Flugtransport mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) kein prinzipielles Transporthindernis dar.

Die Entscheidung für einen solchen Transport ist zu treffen in Abhängigkeit von a) dem bisherigen Krankheitsverlauf und b) der Schwere 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 soll im Einzelfall mit erfahrenen Taucherärzten abgestimmt werden.

4.8.1 Medizinische Versorgung während des Sekundärtransportes

Die Notwendigkeit und der Umfang einer medizinischen Betreuung während des Transportes ergibt sich aus der Schwere des Krankheitsbildes.

- Verfahren nach notfallmedizinischen/intensivmedizinischen Standards
- Sauerstoffatmung muss möglich sein
- Flüssigkeitsbilanzierung
- Klinische und neurologische Verlaufskontrollen
- Dokumentation, zum Beispiel Notarzt-/Intensivtransport-Protokoll
- Patienten ohne oder mit minimaler Restsymptomatik nach der Primärversorgung können mit einem regulären Linienflug transportiert werden.

5 Rehabilitation

Welche Rehabilitationsmaßnahmen sind nach einem Dekompressionsunfall zu empfehlen?

Nach einem Tauchunfall sollen Fachgebiet und Rehabilitationsform (ambulant, stationär) einer Rehabilitationsmaßnahme anhand der funktionsspezifischen Beeinträchtigung und deren Ausmaß festgelegt werden.

- Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0
- Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

• Tauchunfälle können in neurologischen, psychologischen, kardiozirkulatorischen, pulmonalen, konstitutionellen und orthopädischen Beeinträchtigungen münden [64], [17]. Neurologische Symptome sind dabei häufig die Ursache bleibender körperlicher Beeinträchtigungen.

• Ausmaß und Art bzw. das funktionelle Beeinträchtigungsmaß sind maßgeblich für die Wahl einer Rehabilitationsmaßnahme.

- Es existieren keine spezifischen Rehabilitationsprogramme für Patienten mit Tauchunfall bzw. keine Studien zu Rehabilitationsprogrammen für verunfallte Taucher.
- Art, Dauer und Intensität einer Rehabilitationsmaßnahme orientieren sich nach einem Tauchunfall daher an vergleichbaren Erkrankungen anderer Ursache.

6 Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall

Wie ist die Tauchtauglichkeit nach einem stattgehabtem Tauchunfall zu beurteilen?

Die Beurteilung der Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall soll gemäß den Empfehlungen der nationalen und internationalen Fachgesellschaften für Tauchmedizin oder sofern zutreffend den entsprechenden nationalen Rechtsvorschriften erfolgen.

– Ja: 10, Nein: 0, Enthaltung: 0

– Konsensstärke: 100% (starker Konsens)

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

Die erneute Tauglichkeitsuntersuchung soll nur durch einen erfahrenen und tauchmedizinisch fortgebildeten Arzt¹ erfolgen. Zusätzlich soll er über praktische Erfahrung in der Tauchunfall-Behandlung verfügen.

Für gewerbliche Taucher gelten besondere nationale Rechtsvorschriften einschließlich der damit in Zusammenhang stehenden arbeitsmedizinischen Vorsorge bzw. Eignungsuntersuchung.

7 Qualitätsmanagement

Leitlinien sollen eine gute Informationsgrundlage sein, eine Orientierung bieten und als Entscheidungshilfen den Transfer der bestverfügbaren Evidenz aus klinischen Studien und dem professionellen Konsens von Experten in den Versorgungsalltag fördern [65].

Zudem können Leitlinien insbesondere bei seltenen Notfällen konkrete Entscheidungs- und Handlungsprozesse unterstützen.

Für die Evaluation der Anwendung und Überprüfung der Implementierung dieser Leitlinie sollen Kennzahlen entwickelt und erfasst werden. Unter Berücksichtigung des Versorgungsablaufes sollen Parameter definiert werden, die Prozess-, Struktur- und gegebenenfalls Ergebnisqualität bewerten.

Die Leitliniengruppe hat im Folgenden Vorschläge für Indikatoren und Kennzahlen entworfen, die nach Veröffentlichung dieser Leitlinie weiterentwickelt und deren Anwendung etabliert werden müssen.

Hierfür könnten grundsätzlich sowohl administrative Routinedaten, beispielsweise aus den Datensätzen des DIVI-

Notarztprotokolls und Notaufnahmeregisters [66], als auch gegebenenfalls Daten aus einem zu entwickelnden nationalen Register für die Hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) in Deutschland genutzt werden.

7.1 Präklinische Kennzahlen

Unter Berücksichtigung des Versorgungsablaufes wurden Parameter beschrieben und weiterhin Kennzahlen formuliert, siehe Tabelle 1.

1. 100% Sauerstoffatmung bei dem Verdacht eines Tauchunfalls
→ „start oxygen“
[Zeitintervall Diagnose bis Beginn Sauerstofftherapie]
2. Flüssigkeitseratz 0,5–1 Liter Flüssigkeit/Stunde intravenös
→ „start fluid“
[Zeitintervall Diagnose bis Beginn Flüssigkeitseratz]

7.2 Klinische Kennzahlen

Die Behandlung in der Notaufnahme beginnt mit der medizinischen Ersteinschätzung und endet mit der Verlegung beziehungsweise Entlassung eines Patienten aus der Notaufnahme.

Wird bei einem Patienten ein Tauchunfall diagnostiziert,

3. soll eine Symptombdokumentation zum Aufnahmezeitpunkt, eine Verlaufsdokumentation während der Notaufnahmebehandlung und eine Symptombdokumentation zum Entlassungs-/Verlegungszeitpunkt erfolgen.
→ „documentation“
[Dokumentation der Symptome]
4. soll ohne Zeitverzögerung mit höchstmöglicher Konzentration Sauerstoff begonnen beziehungsweise fortgesetzt werden.
→ „start oxygen“
[Zeitintervall Diagnose bis Beginn Sauerstofftherapie]
5. soll bei den Anzeichen eines schweren Tauchunfalls eine hyperbare Sauerstofftherapie durchgeführt werden.
→ „field to hbot time“
→ „hospital to hbot time“
[Zeitintervalle bis Beginn HBOT]

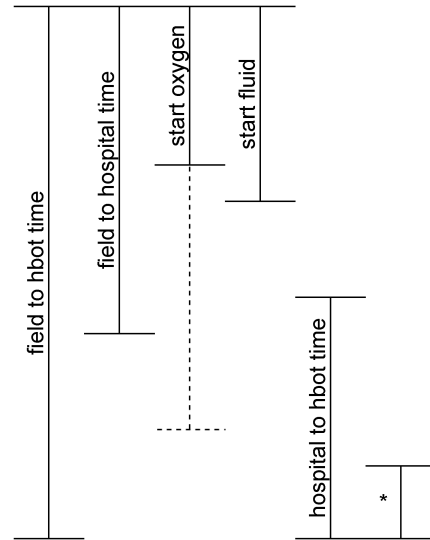
7.3 Poststationäre Kennzahlen

Wird ein Patient nach Tauchunfall mit Residuen verlegt, sollte im Verlegungsbericht auf die Notwendigkeit von Rehabilitationsmaßnahmen und einer weiteren, auch poststationären Verlaufsuntersuchung hingewiesen werden.

6. Patienten sollen nach einem Tauchunfall mit Residuen 4–6 Wochen auf Folgeschäden untersucht werden.
→ „outcome“

Tabelle 1: Parameter des Versorgungsablaufes mit Kennzahlen der Prozessqualität

1. Patientenalter	
2. Geschlecht	
3. Unfallzeitpunkt [Zeitstempel]	
4. Ursache [...]	
5. Eintreffen Rettungsdienst [Zeitstempel]	
6. Symptome Präklinik [neurologisch, kardial, andere]	
7. 100% Sauerstoff Präklinik [ja/nein] [Demand, Reservoir, Kreislaufsystem, CPAP, Intubation, andere]	
8. Flüssigkeitsersatz Präklinik [ja/nein]	
9. Beginn Transport Rettungsdienst [Zeitstempel]	
10. Transportart [bodengebunden, NA, RTH, Flugzeug, Boot, selbst]	
11. Ankunft/Übergabe Krankenhaus [Zeitstempel]	
12. Symptome Krankenhaus [...]	
13. 100% Sauerstoff durch Krankenhaus [Demand, Reservoir, CPAP, Intubation]	
14. Beginn Verlegung	
15. Ankunft Hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) [Zeitstempel]	
16. Beginn HBOT [Zeitstempel]	
17. Symptome nach HBOT [...]	
18. Untersuchung nach 4–6 Wochen	
19. Outcome	



* door to hbot time

7.4 Aktualisierungsplanung

Vor einer Aktualisierung soll die Anwendung und Implementierung der Leitlinie evaluiert werden.

Anmerkungen

¹ Die Qualifikation soll mindestens den Weiterbildungsinhalten des „Diving Medicine Physician“ entsprechen, siehe <http://www.gtuem.org>, <http://www.suhms.org> oder <http://www.edtc.org>.

² Leitlinien für die kardiopulmonale Reanimation des European Resuscitation Council (ERC), siehe <https://www.erc.edu>.

³ Verzeichnis der Behandlungsdruckkammern in Deutschland, Österreich und der Schweiz, siehe <https://www.gtuem.org>.

Abkürzungen

- ABCDE: Airway, Breathing, Circulation, Disability, Environment/Exposure
- AGE: Arterielle Gasembolie
- AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
- BDA: Berufsverband Deutscher Anästhesisten
- CPAP: Continuous Positive Airway Pressure
- DAN: Divers Alert Network
- DCI: Decompression Illness, Decompression Incident, Decompression Injury
- DCS: Decompression Sickness
- DGAI: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
- DGAUM: Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin
- DIVI: Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
- DLRG: Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft
- DRK: Deutsches Rotes Kreuz
- GTÜM: Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin
- HBOT: Hyperbare Sauerstofftherapie
- HFNC: High Flow Nasal Canula
- HFOT: High Flow Oxygen Therapie
- IWR: In Water Recompression
- NHFT: Nasale High Flow Therapie
- NIV: Non Invasive Ventilation, nicht invasive Beatmung
- PFO: Persistierendes Foramen ovale
- SUHMS: Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
- VDD: Verband Deutscher Druckkammerzentren
- VDST: Verband Deutscher Sporttaucher

Leitlinienreport

Die methodische Vorgehensweise bei der Erstellung der Leitlinie und insbesondere das Management von potentiellen Interessenskonflikten ist im Leitlinienreport dargelegt.

Dieser ist im Internet, z.B. auf den Seiten der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), frei verfügbar [67].

Interessenkonflikte

Siehe Anhang 2

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/000315>

1. Anhang 1_gms000315.pdf (430 KB)
NeuroCheck für Taucher
2. Anhang 2_gms000315.pdf (86 KB)
Interessenkonflikte

Literatur

1. Mitchell SJ, Bennett MH, Moon RE. Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism. *N Engl J Med*. 2022 Mar;386(13):1254-64. DOI: 10.1056/NEJMra2116554
2. Kohshi K, Wong RM, Abe H, Katoh T, Okudera T, Mano Y. Neurological manifestations in Japanese Ama divers. *Undersea Hyperb Med*. 2005;32(1):11-20.
3. Schipke JD, Gams E, Kallweit O. Decompression sickness following breath-hold diving. *Res Sports Med*. 2006;14(3):163-78. DOI: 10.1080/15438620600854710
4. Hills BA, Butler BD. Size distribution of intravascular air emboli produced by decompression. *Undersea Biomed Res*. 1981 Sep;8(3):163-70.
5. Dunford RG, Vann RD, Gerth WA, Pieper CF, Huggins K, Wacholtz C, Bennett PB. The incidence of venous gas emboli in recreational diving. *Undersea Hyperb Med*. 2002;29(4):247-59.
6. Balldin UI, Pilmanis AA, Webb JT. Central nervous system decompression sickness and venous gas emboli in hypobaric conditions. *Aviat Space Environ Med*. 2004 Nov;75(11):969-72.
7. Cantais E, Louge P, Suppini A, Foster PP, Palmier B. Right-to-left shunt and risk of decompression illness with cochleovestibular and cerebral symptoms in divers: case control study in 101 consecutive dive accidents. *Crit Care Med*. 2003 Jan;31(1):84-8. DOI: 10.1097/00003246-200301000-00013
8. Hartig F, Reider N, Sojer M, Hammer A, Ploner T, Muth CM, Tilg H, Köhler A. Livedo Racemosa - The Pathophysiology of Decompression-Associated Cutis Marmorata and Right/Left Shunt. *Front Physiol*. 2020;11:994. DOI: 10.3389/fphys.2020.00994
9. Germonpré P, Lafère P, Portier W, Germonpré FL, Marroni A, Balestra C. Increased Risk of Decompression Sickness When Diving With a Right-to-Left Shunt: Results of a Prospective Single-Blinded Observational Study (The "Carotid Doppler" Study). *Front Physiol*. 2021;12:763408. DOI: 10.3389/fphys.2021.763408
10. Wilmshurst PT, Byrne JC, Webb-Peploe MM. Relation between interatrial shunts and decompression sickness in divers. *Lancet*. 1989 Dec;2(8675):1302-6. DOI: 10.1016/s0140-6736(89)91911-9
11. Dick EJ Jr, Broome JR, Hayward IJ. Acute neurologic decompression illness in pigs: lesions of the spinal cord and brain. *Lab Anim Sci*. 1997 Feb;47(1):50-7.
12. Brunner FP, Frick PG, Buehlmann AA. Post-decompression shock due to extravasation of plasma. *Lancet*. 1964 May;1(7342):1071-3. DOI: 10.1016/s0140-6736(64)91270-x
13. Zwirowich CV, Müller NL, Abboud RT, Lepawsky M. Noncardiogenic pulmonary edema caused by decompression sickness: rapid resolution following hyperbaric therapy. *Radiology*. 1987 Apr;163(1):81-2. DOI: 10.1148/radiology.163.1.3823462
14. Hampson NB, Moon RE. Arterial gas embolism breathing compressed air in 1.2 metres of water. *Diving Hyperb Med*. 2020 Sep;50(3):292-4. DOI: 10.28920/dhm50.3.292-294
15. Iadecola C, Buckwalter MS, Anrather J. Immune responses to stroke: mechanisms, modulation, and therapeutic potential. *J Clin Invest*. 2020 Jun;130(6):2777-88. DOI: 10.1172/JCI135530
16. Newton HB, Burkart J, Pearl D, Padilla W. Neurological decompression illness and hematocrit: analysis of a consecutive series of 200 recreational scuba divers. *Undersea Hyperb Med*. 2008;35(2):99-106.
17. Xu W, Liu W, Huang G, Zou Z, Cai Z, Xu W. Decompression illness: clinical aspects of 5278 consecutive cases treated in a single hyperbaric unit. *PLoS One*. 2012;7(11):e50079. DOI: 10.1371/journal.pone.0050079
18. Mitchell SJ, Bennett MH, Bryson P, Butler FK, Doolette DJ, Holm JR, Kot J, Lafère P. Pre-hospital management of decompression illness: expert review of key principles and controversies. *Diving Hyperb Med*. 2018 Mar;48(1):45-55. DOI: 10.28920/dhm48.1.45-55
19. Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med*. 2007;34(1):43-9.
20. Krause KM, Pilmanis AA. The effectiveness of ground level oxygen treatment for altitude decompression sickness in human research subjects. *Aviat Space Environ Med*. 2000 Feb;71(2):115-8.
21. Gempp E, Blatteau JE, Pontier JM, Balestra C, Louge P. Preventive effect of pre-dive hydration on bubble formation in divers. *Br J Sports Med*. 2009 Mar;43(3):224-8. DOI: 10.1136/bjsm.2007.043240
22. Fahlman A, Dromsky DM. Dehydration effects on the risk of severe decompression sickness in a swine model. *Aviat Space Environ Med*. 2006 Feb;77(2):102-6.
23. Balldin UI. Effects of ambient temperature and body position on tissue nitrogen elimination in man. *Aerosp Med*. 1973 Apr;44(4):365-70.
24. Pendergast DR, Senf CJ, Fletcher MC, Lundgren CE. Effects of ambient temperature on nitrogen uptake and elimination in humans. *Undersea Hyperb Med*. 2015;42(1):85-94.
25. Mitchell SJ, Doolette DJ, Wachholz C, Vann RD. Management of mild or marginal decompression illness in remote locations. *Diving Hyperb Med*. 2006;36(3):152-5.
26. Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med*. 2007;34(1):43-9.
27. Krause KM, Pilmanis AA. The effectiveness of ground level oxygen treatment for altitude decompression sickness in human research subjects. *Aviat Space Environ Med*. 2000 Feb;71(2):115-8.

28. Van Allen CM, Hrdina LS, Clark J. Air embolism from the pulmonary vein. *Arch Surg.* 1929;19(4):567-99. DOI:10.1001/archsurg.1929.01150040003001
29. Dutka AJ, Polychronidis J, Mink RB, Hallenbeck JM. Head-down position after air embolism impairs recovery of brain function as measured by the somatosensory evoked response in canines. *Undersea Biomed Res.* 1990;17(Suppl):64.
30. Polychronidis JE, Dutka AJ, Mink RB, Hallenbeck JM. Head down position after cerebral air embolism: effects on intracranial pressure, pressure volume index and blood-brain barrier. *Undersea Biomed Res.* 1990;17(Suppl):99.
31. Trytko B, Mitchell SJ. Extreme survival: a deep technical diving accident. *SPUMS J.* 2005;35:23-7.
32. Mitchell SJ, Bennett MH, Bryson P, Butler FK, Doolette DJ, Holm JR, Kot J, Lafère P. Pre-hospital management of decompression illness: expert review of key principles and controversies. *Diving Hyperb Med.* 2018 Mar;48(1):45-55. DOI: 10.28920/dhm48.1.45-55
33. Moon RE, Mitchell S. Hyperbaric treatment for decompression sickness: current recommendations. *Undersea Hyperb Med.* 2019 Sep - Dec - Fourth Quarter;46(5):685-93.
34. Keays FL. Compressed air illness, with a report of 3692 cases. *Dept Med Pub Cornell Univ Med Coll.* 1909;2:1-55.
35. Green JW, Tichenor J, Curley MD. Treatment of type I decompression sickness using the U.S. Navy treatment algorithm. *Undersea Biomed Res.* 1989 Nov;16(6):465-70.
36. Moon RE, Sheffield PJ. Guidelines for treatment of decompression illness. *Aviat Space Environ Med.* 1997 Mar;68(3):234-43.
37. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet.* 2011 Jan;377(9760):153-64. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61085-9
38. Yarbrough OD Behnke AR. The treatment of compressed air illness utilizing oxygen. *J Industr Hyg Toxicol.* 1939;21:213-8.
39. Van der Aue OE, White WA Jr, Hayter R, Brinton ES, Kellar RJ, Behnke AR. Physiological factors underlying the prevention and treatment of decompression sickness. Research Report NEDU TR 1-45. Washington, DC: Navy Experimental Diving Unit; 1945. Available from: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0756182.pdf>
40. Hart GB. Treatment of decompression illness and air embolism with hyperbaric oxygen. *Aerosp Med.* 1974 Oct;45(10):1190-3.
41. Chin W, Joo E, Ninokawa S, Popa DA, Covington DB. Efficacy of the U.S. Navy Treatment Tables in treating DCS in 103 recreational scuba divers. *Undersea Hyperb Med.* 2017; 44(5):399-405.
42. Blanc P, Boussuges A, Henriette K, Sainty JM, Deleflie M. Iatrogenic cerebral air embolism: importance of an early hyperbaric oxygenation. *Intensive Care Med.* 2002 May; 28(5):559-63. DOI: 10.1007/s00134-002-1255-0
43. Blatteau JE, Gempp E, Simon O, Coulange M, Delafosse B, Souday V, Cochard G, Arvieux J, Henckes A, Lafere P, Germonpre P, Lapoussiere JM, Hugon M, Constantin P, Barthelemy A. Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: retrospective and multicentric analysis of 279 cases. *Neurocrit Care.* 2011 Aug;15(1):120-7. DOI: 10.1007/s12028-010-9370-1
44. Blatteau JE, Gempp E, Constantin P, Louge P. Risk factors and clinical outcome in military divers with neurological decompression sickness: influence of time to recompression. *Diving Hyperb Med.* 2011 Sep;41(3):129-34.
45. Hadanny A, Fishlev G, Bechor Y, Bergan J, Friedman M, Maliar A, Efrati S. Delayed recompression for decompression sickness: retrospective analysis. *PLoS One.* 2015;10(4):e0124919. DOI: 10.1371/journal.pone.0124919
46. Hyldegaard O, Madsen J. Influence of heliox, oxygen, and N2O-O2 breathing on N2 bubbles in adipose tissue. *Undersea Biomed Res.* 1989 May;16(3):185-93.
47. Hyldegaard O, Møller M, Madsen J. Effect of He-O2, O2, and N2O-O2 breathing on injected bubbles in spinal white matter. *Undersea Biomed Res.* 1991;18(5-6):361-71.
48. Hyldegaard O, Møller M, Madsen J. Protective effect of oxygen and heliox breathing during development of spinal decompression sickness. *Undersea Hyperb Med.* 1994 Jun;21(2):115-28.
49. 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.* (1985). 2001 May;90(5):1639-47. DOI: 10.1152/jappl.2001.90.5.1639
50. Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med.* 2007;34(1):43-9.
51. Gennser M, Loveman G, Seddon F, Thacker J, Blogg SL. Oxygen and carbogen breathing following simulated submarine escape. *Undersea Hyperb Med.* 2014;41(5):387-92.
52. Loveman GA, Seddon FM, Jurd KM, Thacker JC, Fisher AS. First Aid Oxygen Treatment for Decompression Illness in the Goat After Simulated Submarine Escape. *Aerosp Med Hum Perform.* 2015 Dec;86(12):1020-7. DOI: 10.3357/AMHP.4306.2015
53. Köhler A, Zoll FM, Ploner T, Hammer A, Joannidis M, Tilg H, Finkenstedt A, Hartig F. Oxygenation Performance of Different Non-Invasive Devices for Treatment of Decompression Illness and Carbon Monoxide Poisoning. *Front Physiol.* 2022;13:885898. DOI: 10.3389/fphys.2022.885898
54. Hoffmann U, Smerecnik M, Muth CM. Administration of 100% oxygen in diving accidents – an evaluation of four emergency oxygen devices. *Int J Sports Med.* 2001 Aug;22(6):424-9. DOI: 10.1055/s-2001-16247
55. Kizer KW. Delayed treatment of dysbarism: a retrospective review of 50 cases. *JAMA.* 1982 May;247(18):2555-8.
56. Myers RA, Bray P. Delayed treatment of serious decompression sickness. *Ann Emerg Med.* 1985 Mar;14(3):254-7. DOI: 10.1016/s0196-0644(85)80450-9
57. Rudge FW, Shafer MR. The effect of delay on treatment outcome in altitude-induced decompression sickness. *Aviat Space Environ Med.* 1991 Jul;62(7):687-90.
58. Weisher DD. Resolution of neurological DCI after long treatment delays. *Undersea Hyperb Med.* 2008;35(3):159-61.
59. 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 Jun; 20(2):133-45.
60. Thalmann ED. Principles of US Navy recompression treatments for decompression sickness. In: Moon RE, Sheffield PJ, editors. *Treatment of Decompression Illness.* Kensington, MD: Undersea and Hyperbaric Medical Society; 1996. p.75-95.
61. Navy Department. US Navy Diving Manual. Revision 7. Vol 5: Diving Medicine and Recompression Chamber Operations. NAVSEA 0910-LP-115-1921. Washington, DC: Naval Sea Systems Command; 2016.
62. Johnson WR, Roney NG, Zhou H, Ciarlone GE, Williams BT, Green WT, Mahon RT, Dainer HM, Hart BB, Hall AA. Comparison of treatment recompression tables for neurologic decompression illness in swine model. *PLoS One.* 2022;17(10):e0266236. DOI: 10.1371/journal.pone.0266236
63. Janisch T, Stollenwerk A, Siekmann UP, Kopp R. Treatment of children with hyperbaric oxygenation (HBOT): a Europe-wide survey. *Minerva Pediatr (Torino).* 2022 Apr;74(2):116-120. DOI: 10.23736/S2724-5276.20.05741-2

64. Ozyigit T, Egi SM, Denoble P, Balestra C, Aydin S, Vann R, Marroni A. Decompression illness medically reported by hyperbaric treatment facilities: cluster analysis of 1929 cases. *Aviat Space Environ Med.* 2010 Jan;81(1):3-7. DOI: 10.3357/ASEM.2495.2010
65. Muche-Borowski C, Kopp I. Medizinische und rechtliche Verbindlichkeit von Leitlinien [Medical and legal commitment of guidelines]. *Z Herz Thorax Gefasschir.* 2015;29:116-20. DOI: 10.1007/s00398-015-1142-y
66. Lucas B, Brammen D, Schirrmeister W, Aleyt J, Kulla M, Röhrig R, Walcher F. Anforderungen an eine nachhaltige Standardisierung und Digitalisierung in der klinischen Notfall- und Akutmedizin [Requirements for a sustainable standardization and digitalization in clinical emergency and acute medicine]. *Unfallchirurg.* 2019 Mar;122(3):243-6. DOI: 10.1007/s00113-019-0603-2
67. German Diving and Hyperbaric Medical Society (GTÜM), et al, editors. S2k-Leitlinie Tauchunfall [S2k Guideline for Diving Accidents]. AWMF registration number 072-001. Berlin: AWMF; 2023. Available from: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/072-001>

Korrespondenzadresse:

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

Bitte zitieren als

Jüttner B, Wölfel C, Camponovo C, Schöppenthau H, Meyne J, Wohlrab C, Werr H, Klein T, Schmeißer G, Theiß K, Wolf P, Müller O, Janisch T, Naser J, Blödt S, Muche-Borowski C. S2k guideline for diving accidents. *GMS Ger Med Sci.* 2023;21:Doc01. DOI: 10.3205/000315, URN: urn:nbn:de:0183-0003157

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/000315>

Eingereicht: 23.12.2022

Veröffentlicht: 03.03.2023

Copyright

©2023 Jüttner et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.