

Redaktion

B. Dirks, Ulm
R. Somasundaram, Berlin
C. Waydhas, Essen
U. Zeymer, Ludwigshafen



Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Für Rettungsassistenten und -sanitäter ist diese Fortbildungseinheit von der Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr der Landesfeuerwehrschule Hamburg sowie der Feuerwehr München mit 3 Stunden Fortbildung zertifiziert und damit bundesweit anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

C.-M. Muth¹ · M. Georgieff² · B.E. Winkler¹

¹ Klinik für Anästhesiologie, Sektion Notfallmedizin, Universitätsklinikum Ulm

² Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Ulm

Tauch- und Ertrinkungsunfälle

Zusammenfassung

Schwere Tauchunfälle sind potentiell lebensbedrohliche Ereignisse, die durch einen raschen Abfall des Umgebungsdrucks beim Auftauchen hervorgerufen werden und mit der Bildung von freien Gasblasen im Blut und Gewebe einhergehen. Unabhängig davon, ob eine Dekompressionskrankheit (DCS) oder eine arterielle Gasembolie (AGE) vorliegt, sind die wichtigsten Sofortmaßnahmen die schnellstmögliche Gabe von Sauerstoff in höchstmöglicher Konzentration und die Volumentherapie. Wichtigste weiterführende Maßnahme ist die schnellstmögliche Rekompression in einer Druckkammer mit hyperbarem Sauerstoff.

Ertrinkungsunfälle stellen international v. a. bei jüngeren Menschen in den Todesursachenstatistiken einen erheblichen Anteil dar. Das wesentliche Problem beim Ertrinken ist ein Verlust von Gasaustauschfläche mit nachfolgender Hypoxie. Wichtig sind daher eine schnelle Rettung und eine rasche Hypoxiebehandlung. Häufig besteht zudem eine begleitende Hypothermie, was zum einen per se einen lebensbedrohlichen Zustand darstellt, zum anderen aber unter günstigsten Bedingungen die Chance auf eine erfolgreiche Reanimation verbessern kann.

Schlüsselwörter

Tauchen · Dekompressionskrankheit · Gasembolie · Hypoxie · Tod

Bei der Dekompressionskrankheit und bei der arteriellen Gasembolie spielt die Entstehung von Gasblasen eine zentrale Rolle

Lernziele

Nachdem Sie diese Lerneinheit absolviert haben

- verstehen Sie die Pathophysiologie des Tauchunfalls,
- kennen Sie den Unterschied zwischen einer Dekompressionskrankheit und einer arteriellen Gasembolie,
- beherrschen Sie die leitliniengerechte Therapie von Tauchunfällen,
- kennen Sie die Therapiemaßnahmen bei Patienten nach einem Ertrinkungsunfall,
- sind Ihnen die erforderlichen Rettungsmaßnahmen bei einem Patienten nach Tauchunfall bekannt.

Tauchunfall

Aufgrund der hohen Beliebtheit

- des Tauchens als Freizeitaktivität sowie
- der professionellen Ausführung von Taucherarbeiten durch Berufstaucher

kommt es immer wieder zu Tauchunfällen. Von notfallmedizinischer Bedeutung sind hier v. a. die sog. **Dekompressionsunfälle**. Sie entstehen beim Auftauchen und führen sofort bzw. mit einer gewissen zeitlichen Latenz zu Symptomen. Ursächlich kommt es beim Tauchen während der Auftauchphase durch einen raschen Abfall des Umgebungsdrucks zur Bildung freier Gasblasen im Blut und Gewebe, was zur Dekompressionserkrankung („decompression illness“ bzw. „decompression injury“ bzw. „decompression incident“, DCI) führen kann. Je nach Entstehungsmechanismus wird die DCI in die Dekompressionskrankheit („decompression sickness“, DCS) und die arterielle Gasembolie (AGE, [1, 2]) gegliedert. Obwohl die Pathogenese der DCS und der AGE jeweils grundsätzlich unterschiedlich ist, sind die Effekte auf den menschlichen Körper ähnlich, da bei beiden Krankheitsbildern die Entstehung von Gasblasen eine zentrale Rolle spielt [3, 4]. Auf die jeweiligen pathophysiologischen Mechanismen wird in den nachfolgenden Abschnitten genauer eingegangen.

Gasblasen im Gewebe können neben einer Schmerzsymptomatik auch zur Kompression von benachbarten Kapillargebieten und dadurch zur Behinderung der Mikrozirkulation führen. Die Folge ist eine Minderperfusion durch einen Gefäßverschluss [5]. Zudem verursacht die Gasblase als Fremdoberfläche auch erhebliche Schäden am Gefäßendothel und führt zur Aktivierung der Immunglobuline und der plasmatischen Gerinnung [6, 7]. Diese Gerinnungsaktivierung kann zur weiteren Verschlechterung der Perfusion führen.

Dekompressionskrankheit

Das typische Atemgas, das im Regelfall beim Tauchen verwendet wird, ist komprimierte Luft, die im Wesentlichen aus etwa 21% Sauerstoff und etwa 78% Stickstoff besteht. Bei speziellen Formen des Tau-

Diving and drowning accidents

Abstract

Decompression injuries are potentially life-threatening incidents, generated by a rapid decline in ambient pressure in scuba diving, which results in formation of gas bubbles in the blood and tissues. Regardless whether decompression sickness (DCS) or arterial gas embolism (AGE) is present, the most important therapy in the field is oxygen resuscitation with the highest possible concentration and volume delivered. The definitive treatment is rapid recompression with hyperbaric oxygen therapy.

Drowning is one of the most common cause of death in children and young adults world wide. The leading problem in drowning is hypoxia, caused by an increased right to left shunting. Therefore, after a quick rescue, oxygenation is the most important initial treatment. In many cases, drowning is accompanied by hypothermia, which per se can be life-threatening, but also may prolong the time for a successful resuscitation.

Keywords

Diving · Decompression sickness · Embolism, air · Hypoxia · Death



Abb. 1 ▲ Typisches Erscheinungsbild einer kutanen Form einer DCS-Typ 1

chens, dem sog. **Mischgastauchen**, kommen auch künstliche Gasgemische aus den Komponenten Sauerstoff, Stickstoff und Helium in variablen Mischungsverhältnissen zum Einsatz. Die Pathophysiologie sowie die Therapiemaßnahmen beim Tauchunfall sind unabhängig von der Verwendung von Luft oder Mischgas grundsätzlich gleich. Im Folgenden wird der Regelfall beschrieben.

Beim Abtauchen nehmen der Umgebungsdruck und damit entsprechend dem Dalton-Gesetz auch die inspiratorischen Partialdrücke der Atemgase zu. Dies hat einen Anstieg des Stickstoffpartialdrucks zunächst in der Lunge, dann konsekutiv auch im Blut zur Folge. Es kommt im Blut zur vermehrten physikalischen Lösung von Stickstoff und zur Ausbildung von **Diffusionsgradienten** in Richtung der Gewebe. Im Lauf des Tauchgangs werden daher die Körpergewebe zunehmend mit Stickstoff aufgesättigt. Beim Auftauchen kommt es daher durch den Druckabfall zu einer relativen **Stickstoffübersättigung** der Gewebe, die bis zu einem gewissen Grad tolerabel ist. Bei zu rascher Druckabnahme kann es jedoch zu einer kritischen Übersättigung kommen. Es bilden sich Gasblasen im Blut und im Gewebe, die die Grundlage des Dekompressionsunfalls darstellen [4]. Die Blasenbildung erfolgt bei der DCS v. a. im Gewebe und im venösen System, wo die Blasen eine Störung der (Mikro-)Zirkulation, eine Inflammation mit Ausbildung eines Gewebeödems und eine Gerinnungsaktivierung bewirken.

Bei zu rascher Druckabnahme kann es jedoch zu einer kritischen Übersättigung kommen. Es bilden sich Gasblasen im Blut und im Gewebe, die die Grundlage des Dekompressionsunfalls darstellen [4]. Die Blasenbildung erfolgt bei der DCS v. a. im Gewebe und im venösen System, wo die Blasen eine Störung der (Mikro-)Zirkulation, eine Inflammation mit Ausbildung eines Gewebeödems und eine Gerinnungsaktivierung bewirken.

DCS-Typ 1

Abhängig vom Schweregrad wird eine milde von einer schweren Verlaufsform unterschieden [1, 2], wobei die milde Verlaufsform ebenfalls mit erheblichen Beschwerden einhergehen kann. Die Symptomatik dieser DCS-Typ 1 genannten Form (■ **Abb. 1**) tritt meist mit einer gewissen zeitlichen Latenz auf. Sie kann sich dann langsam progredient über mehrere Stunden bis zu 24 h nach dem Tauchen, in seltenen Fällen auch noch später, entwickeln. Die möglichen Erscheinungsformen sind vielfältig. Relativ häufig wird eine **kutane Symptomatik** beobachtet, die mit fleckig-marmorierter Haut und Juckreiz imponiert. Bei Befall des Lymphsystems kann es durch einen von den Gasblasen hervorgerufenen Lymphstau zu ödematösen Schwellungen der Haut kommen.

Ebenfalls recht häufig sind **muskuloskeletale Beschwerden**, die mit Muskel- und Gelenkschmerzen einhergehen und in der Tauchmedizin als „bends“ bekannt sind. Hier sind Gasblasen in den betroffenen Geweben die Auslöser. Symptomatisch werden v. a. die großen Gelenke (mit Prädominanz der Knie-, Schulter und Ellenbogengelenke) sowie jene Muskelgruppen, die besonders belastet wurden. Der Schmerz wird als dumpf und drückend beschrieben. Das muskuloskeletale Beschwerdebild entwickelt sich überwiegend innerhalb der ersten 6 h nach einem Tauchgang, kann aber auch verzögert auftreten.

DCS-Typ 2

Bei der schweren Verlaufsform, der DCS-Typ 2, kommen zusätzlich zu den bereits beschriebenen Symptomen neurologische und/oder pulmonale Auffälligkeiten hinzu. Da neuronal v. a., wenn auch nicht ausschließlich, das Rückenmark betroffen ist, reichen die Symptome von umschriebenen Parästhesien bis zur Ausbildung eines kompletten Querschnittssyndroms. Sie beginnen typischerweise innerhalb von Minuten bis zu wenigen Stunden nach dem Auftauchen. Die klinischen Symptome der DCS-Typ 1 und DCS-Typ 2 sind in ■ **Tab. 1** dargestellt.

Arterielle Gasembolie

Die häufigste Ursache für eine AGE beim Tauchen ist ein pulmonales **Barotrauma** (PBT; [1, 2]). Dem PBT liegen die durch das Gesetz von Boyle u. Mariotte beschriebenen Effekte auf das Atemgas zugrunde. Durch die Ausdehnung des Atemgases bei nachlassendem Umgebungsdruck während der Dekompression und inadäquater Expiration (willentliches Luftanhalten, Air trapping, Laryngospasmus) kommt es demzufolge in der Lunge zu einer Überdehnung der Lunge oder bestimmter Lungenareale mit der nachfolgenden Ruptur von Alveolarabschnitten (■ **Abb. 2**). Bereits ein Druck-

Pathophysiologie und Therapiemaßnahmen beim Tauchunfall sind unabhängig von der Verwendung von Luft oder Mischgas gleich

Der Stickstoffpartialdruck steigt zunächst in der Lunge und konsekutiv auch im Blut an

Durch den Druckabfall beim Auftauchen bilden sich Gasblasen im Blut und im Gewebe

Die vielfältige Symptomatik der Dekompressionskrankheit-Typ 1 tritt mit einer zeitlichen Latenz auf

Die Symptome reichen von umschriebenen Parästhesien bis zum kompletten Querschnittssyndrom

Tab. 1 Pathogenese und Symptomatik des schweren Tauchunfalls. (Mod. nach [2])

	Dekompressionskrankheit	Arterielle Gasembolie
Aktuelle Nomenklatur	Dekompressionskrankheit, Decompression Sickness	Arterielle Gasembolie
Synonyme	Caisson-Krankheit, Caisson-Unfall, Druckfallkrankheit	
Pathogenetische Faktoren	Hauptaspekte: - größere Tauchtiefe/hohe Umgebungsdrücke, - lange Expositionszeit, - Aufsättigung der Körpergewebe mit Inertgas, - zu rasches Auftauchen nach längeren und/oder tiefen Tauchgängen mit hoher Aufsättigung	Hauptaspekte: - Übertritt von Gasblasen in die arterielle Strombahn durch pulmonales Barotrauma mit Überblähung von Alveolarabschnitten - paradoxe Embolie durch Übertritt venös entstandener Gasblasen über die Lungengefäße oder über ein offenes Foramen ovale
Zeit bis zum Auftreten von Symptomen	Minuten bis Stunden (i. d. R. innerhalb von 24 h, selten bis zu 72 h)	Minuten
Symptomatik	<p><i>DCS-Typ 1</i></p> <p>Hautsymptome:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nur Schmerz - sog. Taucherflöhe: - Juckreiz, - punktförmige Rötung, - Schwellung, - Marmorierung der Haut <p>Muskel- und Gelenkschmerzen („bends“):</p> <ul style="list-style-type: none"> - große Gelenke (belastungsabhängig), selten betroffen: Hand- und Fußgelenke - Skelettmuskulatur <p>Lymphsystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geschwollene druckdolente Lymphknoten, - Brustschwellung und –Schmerzen bei Taucherinnen <p>Sonstige Auffälligkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - extreme Müdigkeit, Apathie <p><i>DCS-Typ 2</i></p> <p>Symptomatik wie bei DGS-Typ 1 jedoch mit zusätzlicher neurologischer und/oder pulmonaler Symptomatik</p> <p>Charakteristische Symptome:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muskel-/Gelenkschmerzen u. U. schon beim Auftauchen, - Schwindel/Erbrechen, - Hör-/Seh-/Sprachstörungen, - gestörte Muskelkoordination, <p>Vom Nabel abwärts häufig:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilitätsstörungen, Paresen, Paraplegie, - Blasen- und Mastdarmschwäche <p>Bei akute Dyspnoe („chokes“):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brustschmerz, - Husten, - Erstickungsgefühl <p>Bei paradoxer Embolie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Halbseitensymptomatik möglich <p>Bei schwerer zerebraler Symptomatik:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Krampfanfall oder - Bewusstlosigkeit 	<p>Hauptsymptome:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Benommenheit, Schwindel, - Verwirrtheit, Desorientiertheit, - Sprach- und/oder Sehstörungen - Nervenausfälle mit unterschiedlicher Ausprägung von leichten Empfindungsstörungen, - hängendes Augenlid, - Taubheit in einzelnen Gliedmaßen, - komplette Halbseitenlähmung, - Bewusstlosigkeit, <p>Mögliche Mitbeteiligung des Atemzentrums, kann führen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blutdruckabfall, - Atemstörungen, - Herzstillstand, - Pupillenasymmetrie

Bereits ein Druckgradient von nur 7,4–9,8 kPa kann zur Ruptur von Lungengewebe führen

Die Ruptur gefäßnaher Lungenareale führt zum Eindringen von Luft in das Gefäßsystem

gradient von nur 7,4–9,8 kPa (entsprechend 75–100 cm H₂O) kann zur Ruptur von Lungengewebe führen [5]. Folglich sind PBT – und damit schwere Tauchunfälle – grundsätzlich auch beim Tauchen in sehr geringen Wassertiefen, z. B. im Schwimmbad, möglich. Die aus einer solchen Ruptur resultierenden Symptome hängen wesentlich vom Ort der Ruptur ab (■ **Abb. 2**): Eine Ruptur pleuranaher Abschnitte kann zum Eindringen von Luft in den Pleuraspalt und somit zum **Pneumothorax** führen. Entsteht dieser Pneumothorax noch unter Wasser, kommt es durch die Druckreduktion während des Auftauchens zur Ausdehnung der Luft im Pleuraraum, was u. U. zur Ausbildung eines akut lebensbedrohlichen Spannungspneumothorax führen kann. Eine Ruptur in der Nähe der Hili kann zum Mediastinalempysem führen und ist gelegentlich von einem kollaren Empysem begleitet. Die Kompression v. a. des rechten Herzes kann in sehr schweren aber seltenen Fällen über eine Rückflussbehinderungen zu Arrhythmien und Kreislaufstörungen führen. Die Ruptur gefäßnaher Lungenareale führt zum Eindringen von Luft in das Gefäßsystem, zum Weitertransport von Gasblasen

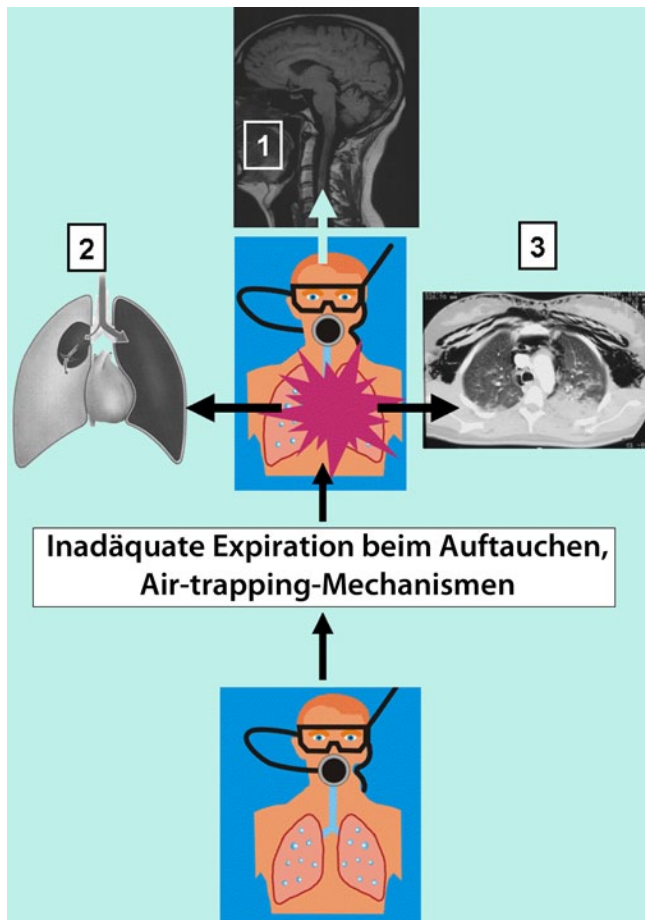


Abb. 2 ◀ Klassische Symptomtrias eines pulmonalen Barotraumas mit nachfolgender Lungenüberdehnung: 1 arterielle Gasembolie z. B. in zerebralen Gefäßen, 2 (Spannungs-) Pneumothorax, 3 Mediastinalemphysem. Symptome können isoliert oder kombiniert auftreten. (Mod. nach [2])

und schließlich zur AGE mit einer schlaganfallsähnlichen Symptomatik, wenn die Hirngefäße betroffen sind (zerebrale AGE, CAGE).

Leitliniengemäße Therapie des schweren Tauchunfalls

Die Therapie des Tauchunfalls soll gemäß der Leitlinie Tauchunfall der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) erfolgen. Diese Leitlinie ist in der jeweils aktuellen Fassung im Internet einsehbar (<http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/072-001.html>). Aufgrund der Bildung von Gasblasen mit anschließender Minderperfusion als entscheidender Faktor in der Ätiologie von DCS und AGE ist die Notfallbehandlung beider Erkrankungen identisch (▣ **Abb. 3**). Für die Akutbehandlung sind v. a. die normobare Sauerstoffgabe, die Infusionstherapie sowie die schnellstmögliche **Rekompression** und Therapie mit hyperbarem Sauerstoff (hyperbare Oxygenierung, HBO) in einer Therapiedruckkammer von unbestreitbarem Nutzen. Diese Maßnahmen stellen derzeit auch die einzige sinnvolle Therapieoption dar.

Wichtig ist zunächst, dass bei jeder unklaren Symptomatik, die nach einem Tauchgang mit Tauchgerät auftritt, zunächst an die Möglichkeit des Vorliegens eines Tauchunfalls gedacht wird. Wie bei jedem Notfall steht dann zunächst die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen im Vordergrund. Eine kurze Eigen- oder Fremdanamnese, in der nach den Tauchgangsdaten, v. a. Tauchgangstiefe und -zeit, sowie nach Besonderheiten während des Tauchgangs gefragt werden soll, und der Zeitverlauf der Symptome muss dokumentiert werden. Des Weiteren soll der periphere und zentralnervöse neurologische Status sorgfältig ermittelt werden (▣ **Tab. 2**). Diese initial erhobenen Befunde müssen gut dokumentiert und dem weiterbehandelnden Arzt zur Verfügung gestellt werden. Da die Ursache für die Symptomatik stets auch ein PBT sein kann, muss eine sorgfältige Auskultation der Lungen zum Ausschluss eines Pneumothorax erfolgen, der ggf. auch entlastet werden muss [9].

Die zentrale Sofortmaßnahme beim Tauchunfall ist die schnellstmögliche Gabe von Sauerstoff [1, 2, 10, 11]. Die **inspiratorische Sauerstoffkonzentration** muss so hoch wie möglich sein (angestrebte

Die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen steht im Vordergrund

Eine sorgfältige Auskultation der Lungen zum Ausschluss eines Pneumothorax muss erfolgen

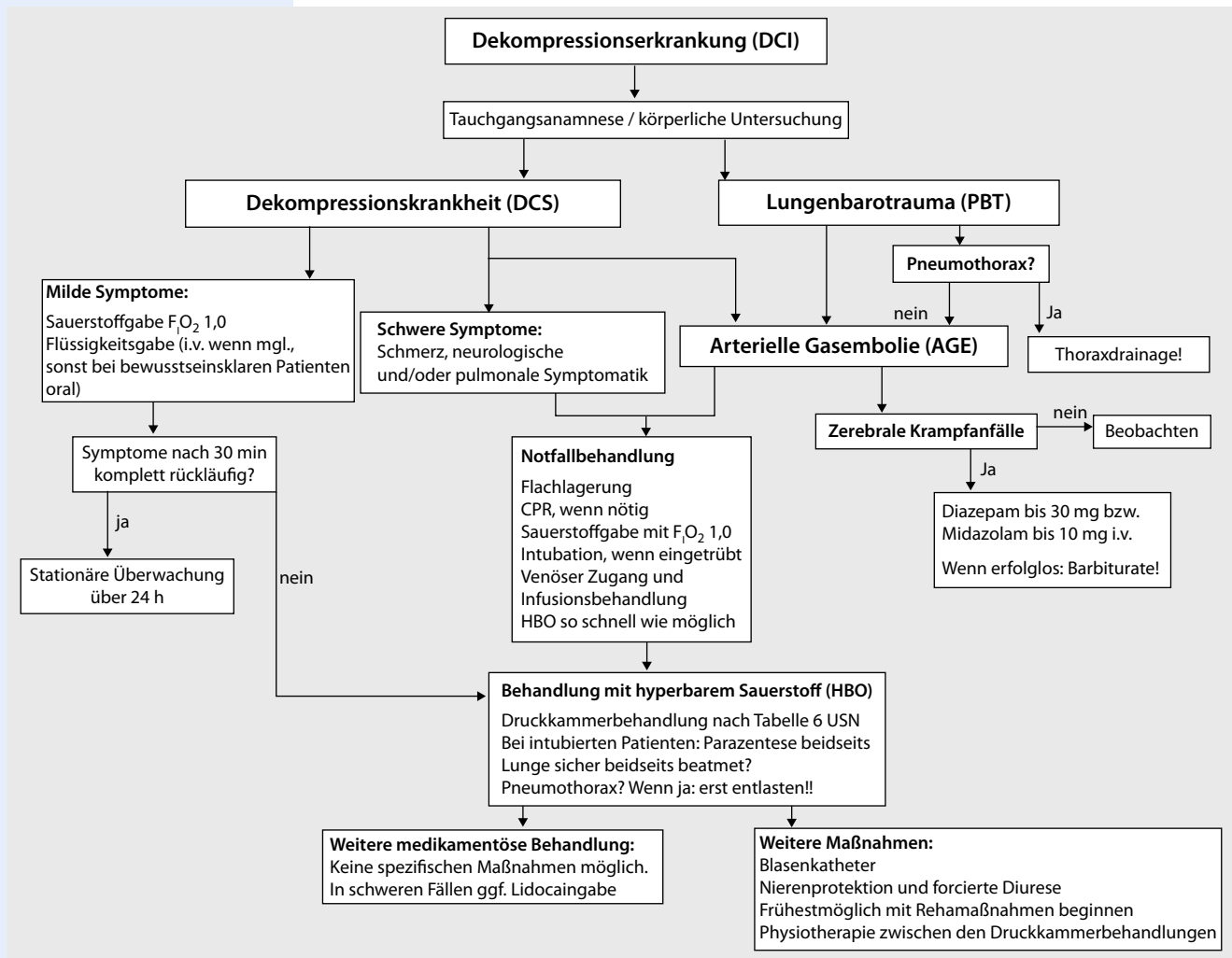


Abb. 3 ▲ Flussdiagramm Tauchunfallbehandlung. CPR kardiopulmonale Reanimation, $F_{I}O_2$ „fraction of inspired oxygen“, HBO hyperbare Oxygenierung, i.v. intravenös, USN United States Navy; zu Tabellen der USN s. [1]. (Aus [8], adaptiert nach [9])

Die rasche Gabe von Sauerstoff kann zu einem Rückgang der Symptomatik führen

Freisetzung von atrialem natriuretischem Peptid und Hemmung des antidiuretischen Hormons führen zur Diurese

„fraction of inspired oxygen“ ($F_{I}O_2$): 1,0). Das Ziel ist die rasche Stickstoffelimination bei gleichzeitiger Minimierung der durch die Gasblasen hervorgerufenen Hypoxie [10]. Die rasche Gabe von Sauerstoff mit möglichst hoher $F_{I}O_2$ kann daher zu einem Rückgang der Symptomatik führen. Zudem ist die Effektivität der weiterführenden Therapiemaßnahmen bei jenen Tauchern verbessert, die mit hochdosiertem normobarem Sauerstoff vorbehandelt wurden [1, 10, 11]. Für die Gabe von anderen Medikamenten, insbesondere von Steroiden und Azetylsalizylsäure (ASS) gibt es keinen Wirknachweis.

Weil es während des Tauchens bei der Immersion bzw. Submersion zur Erhöhung des venösen Rückstroms ins thorakale Kompartiment kommt, liegt nach einem Tauchgang häufig ein **Volumendefizit** vor. Durch diese Vorlasterhöhung kommt es im Herz zur Freisetzung von atrialem natriuretischem Peptid (ANP) sowie durch Erregung der Pressorezeptoren im Aortenbogen zur Hemmung des antidiuretischen Hormons (ADH), was zu einer verstärkten Diurese führt. Im Falle einer DCI wird dieses bei jedem Taucher zu beobachtende Volumendefizit durch die beschriebene, als inflammatorische Reaktion auf die Gasblasen zu beobachtende Ödembildung im Gewebe noch aggraviert, was wiederum die Symptomatik verschlechtert. Das Volumendefizit soll daher durch die intravenöse Gabe von Infusionslösungen mit einer Menge von etwa 500–1000 ml pro Stunde ausgeglichen werden. Hierzu sind sowohl kristalloide (z. B. Vollelektrolytlösung), als auch kolloidale (z. B. Hydroxyethylstärke) Infusionslösung geeignet, ohne dass es derzeit eine klare Präferenz für die eine oder die andere Substanzklasse gibt. Die aktuelle Datenlage lässt aber vermuten, dass künftig eher den Kristalloiden der Vorzug gegeben wird. Die empfohlene Lagerung für Patienten nach einem Tauchunfall ist die flache Rückenlagerung des Patienten, bei bewusstlosen Patienten auch die stabile Seitenlage [1, 2].

Tab. 2 Empfohlene orientierende neurologische Untersuchungen bei schwerem Tauchunfall (Divers-Alert-Network(DAN)-5-Minuten-Neuro-Check) gemäß Leitlinie Tauchunfall [1]

Orientierung	Räumlich, zeitlich, zur Person
Augen	Finger zählen, Finger folgen, Pupillenreflexe überprüfen
N. facialis-Tests	Pfeifen, Zähne zeigen, Stirne runzeln
Gehör	Flüstersprache – Test des symmetrischen Hörvermögens
Schluckreflex	
N. hypoglossus-Test	Zunge herausstrecken (mögliche Seitenabweichung)
Grobe Kraft	Überprüfen ob unauffällig bzw. symmetrisch
Sensibilität	Überprüfen ob vorhanden bzw. symmetrisch
Gleichgewicht	Romberg-Test
Koordination	Finger-Nase-Versuch

Dokumentation von initialem Status und Verlauf ist wichtig.

Die HBO-Therapie stellt die einzig sinnvolle weiterführende Therapiemaßnahme dar [1, 2, 3, 9, 10], weil es bei dieser Therapieform zu einer Auflösung der Gasblasen kommt. Aus diesem Grund sollen alle Patienten mit der klinischen Symptomatik einer DCI schnellstmöglich der Rekompessionsbehandlung mit HBO zugeführt werden. Schwere Tauchunfälle erfordern daher den schnellstmöglichen und möglichst erschütterungsfreien Transport an ein **Druckkammerzentrum**. Diesbezüglich gibt es keine klare Präferenz für das eine oder andere Transportmittel, sodass immer individuell unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten entschieden werden muss. Bei kürzeren Transportstrecken kann ein bodengebundenes Rettungsmittel einem Lufttransport überlegen sein. Sind längere Transportstrecken zu bewältigen, muss frühzeitig an einen Lufttransport mittels Rettungshubschrauber (RTH) gedacht werden. In diesen Fällen empfiehlt die Leitlinie Tauchunfall zur Verminderung einer weiteren Druckreduktion beim Fliegen die niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe [1]. Am Druckkammerzentrum erfolgt eine HBO-Therapie mit Atmung von i. d. R. 100% Sauerstoff unter Drücken von 280 kP (2,8 bar). Ein ständig aktualisiertes Verzeichnis von in Deutschland verfügbaren Druckkammern mit 24-Stunden-Bereitschaft findet sich auf der Homepage der medizinisch-wissenschaftlichen Fachgesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM) unter <http://www.gtuem.org/33/Druckkammern.html>.

Ertrinkungsunfall

Klassisch wurde zwischen Beinaheertrinken und Ertrinken unterschieden. Inzwischen existiert ein Konsensusstatement der World Health Organization (WHO), das empfiehlt, einheitlich von Ertrinken zu sprechen. Hintergrund ist, dass die Verwendung des Begriffs Beinaheertrinken zu einer Verharmlosung eines lebensgefährlichen Sachverhalts führt: Beim Beinaheertrinken wird der Ertrinkungsunfall zwar eine gewisse Zeit überlebt, die Dauer dieses Zeitraums war jedoch uneinheitlich definiert. Gemäß den internationalen Konsensuskriterien erfolgt aktuell daher je nach Outcome eine Gliederung in die Ereignisse:

- tödlicher Ertrinkungsunfall bzw.
- nichttödlich Ertrinkungsunfall, der
 - ohne Behinderung oder
 - mit Behinderung einhergehen kann, wobei diese in die Stadien
 - mäßige Behinderung,
 - schwere Behinderung,
 - Koma/Status vegetativus bzw.
 - Hirntod

eingeteilt wird. Nach WHO-Angaben gehört das Ertrinken weltweit zu den häufigsten unfallbedingten Ursachen für dauerhafte Behinderungen und Tod. Insbesondere junge bis dato gesunde Menschen sind vom Ertrinken betroffen. Es zeigen sich Häufigkeitsgipfel im Kleinkindesalter sowie im jugendlichen und jungen Erwachsenenalter. Zu den prädisponierenden Faktoren zählen männliches Geschlecht, risikosuchendes Verhalten und Alkoholkonsum. Zudem gibt es in der Altersgruppe zwischen 40 und 50 Jahren eine Häufung von Fällen des sog. Badetods, oft im Zusammenhang mit kardialen Ereignissen im Wasser [12, 13].

Ertrinken gehört weltweit zu den häufigsten unfallbedingten Ursachen für dauerhafte Behinderungen und Tod

Ertrinkungsvorgang

Der an der Wasseroberfläche und damit für Unfallzeugen beobachtbare Teil des Ertrinkens findet nur während einer sehr kurzen Zeitspanne, die häufig unter 60 s liegt, statt. Der überwiegende Vorgang erfolgt unter Wasser, und ist so den Blicken von Zeugen bzw. potenziellen Helfern entzogen. Sofern der Beginn des Ertrinkens bei noch vollem Bewusstsein erlebt wird, kommt es zu einer initialen **Panikreaktion** verbunden mit heftigsten automatisch einsetzenden Schwimmbewegungen. Während des vollständigen Untertauchens erfolgt ein reflektorisches Atemanhalten, gleichzeitig werden häufig größere Mengen Flüssigkeit geschluckt. Infolge dessen kann es zum Erbrechen kommen, einhergehend mit einer unwillkürlichen Inspiration. Dies oder die unwillkürliche Inspiration infolge eines maximalen Atemreizes nach längerem Luftanhalten führt zur Aspiration zunächst kleinster Flüssigkeitsmengen, wodurch ein Laryngospasmus ausgelöst werden kann. Der zunehmende Sauerstoffmangel mündet in eine Bewusstlosigkeit. In dieser Phase kann es erneut zur Aspiration kommen, weil der Laryngospasmus sich löst. Schließlich kommt es zu hypoxischen Konvulsionen und zum Tod [12, 13]. Entgegen der weit verbreiteten Vorstellung, dass die gesamte Lunge des Ertrunkenen mit Wasser gefüllt ist, zeigen Untersuchungen, dass meist nur Flüssigkeitsmengen von deutlich weniger als 22 ml/kgKG aspiriert werden [12, 13, 14]. Der Vorgang des Ertrinkens ist also – unabhängig vom Umfang der Aspiration – funktionell dem Ersticken gleichzusetzen, da es im flüssigen Medium nicht möglich ist, Luft zu holen. Der traditionellen Unterscheidung von Salz- bzw. Süßwasserertrinken kommt in der Notfallmedizin keine Bedeutung zu, da trotz der grundsätzlichen pathophysiologischen Unterschiede die Art des aspirierten Wassers keinen Einfluss auf die **Notfallmaßnahmen** hat (■ **Abb. 4**).

Allerdings ist bei allen Betroffenen und unabhängig von der Art des Wassers, in der das Ertrinken stattgefunden hat, eine mehr oder minder stark ausgeprägte Hypoxie nachweisbar [12, 13]. Eine solche Hypoxie tritt unmittelbar nach Aspiration von Flüssigkeit ein. Schon bei der Aspiration einer kleinen Menge von nur 1–2,2 ml/kgKG Flüssigkeit in die Lunge sind ausgeprägte Veränderungen des **arteriellen Sauerstoffgehalts** zu beobachten. Im Gegensatz zum Ablauf ohne Aspiration, bei der eine Hypoxie relativ rasch durch Beatmung und Wiederherstellung eines Kreislaufs beseitigt wird, persistiert die Hypoxie nach erfolgter Aspiration über längere Zeit [15]. Die Ursache liegt vermutlich im Verlust von Gasaustauschfläche als Folge der Flüssigkeitsaspiration und der Ausbildung pulmonaler Rechts-links-Shunts, die eine venöse Blutbeimischung im arteriellen System zur Folge haben. Als Spätfolge der Aspiration kann praktisch immer ein Lungenödem, ein Verlust von Gasaustauschfläche, ein Rechts-links-Shunt und eine Abnahme der Compliance der Lunge beobachtet werden ([8, 16]; ■ **Abb. 4**).

Hypothermie

Aufgrund der im Vergleich zu Luft erheblich höheren Wärmeleitfähigkeit von Wasser kommt es bei Ertrinkungspatienten häufig zur Ausbildung einer Hypothermie [12, 17]. Das Ausmaß der Hypothermie hängt maßgeblich von der **Wassertemperatur** und der Isolation des Patienten (z. B. Kleidung, Verhältnis von Körperoberfläche zu Körpermasse) ab. Insbesondere bei Kleinkindern kann eine rasche Absenkung der Körpertemperatur durch Submersion in kaltem Wasser die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Reanimation und eines guten neurologischen Ergebnisses auch nach längerem **Kreislaufstillstand** erhöhen [12, 13, 15]. Daher dürfen die Wiederbelebungsmaßnahmen erst dann eingestellt werden, wenn nach Erreichen der Normothermie kein Spontankreislauf einsetzt. Gerade auch bei der Reanimation von hypothermen Patienten nach Ertrinken gilt der bekannte Grundsatz „no one is dead until warm and dead“. Es ist aus diesem Grund unerlässlich, die Körpertemperatur von Ertrinkungsopfern zu bestimmen. Obwohl die tympanale Temperaturmessung in Deutschland im Rettungsdienst weit verbreitet ist, weil sie als schnell, nichtinvasiv und einfach gilt, ist diese Methode bei Ertrinkungsunfällen nicht verlässlich und damit nicht geeignet [18]: In den Gehörgang eingedrungenes Wasser kühlt das Trommelfell und lässt keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Körpertemperatur zu. Konventionellen Thermometern, die allerdings auch niedrige Temperaturbereiche erfassen müssen, ist daher in diesen Fällen der Vorzug zu geben. Als Messort kommt trotz aller Limitationen z. B. die **rektale Messung** in Frage. Innerklinisch soll dann versucht werden, die Körpertemperatur möglichst exakt, z. B. mit Hilfe eines Blasenkatheters mit Thermistor oder mit ösophagealen Temperatursonden, zu bestimmen.

Der zunehmende Sauerstoffmangel mündet in eine Bewusstlosigkeit

Unmittelbar nach Aspiration von Flüssigkeit tritt eine Hypoxie ein

Die Ursache der persistierenden Hypoxie liegt vermutlich im Verlust von Gasaustauschfläche

Die Wiederbelebungsmaßnahmen dürfen erst nach Erreichen der Normothermie eingestellt werden

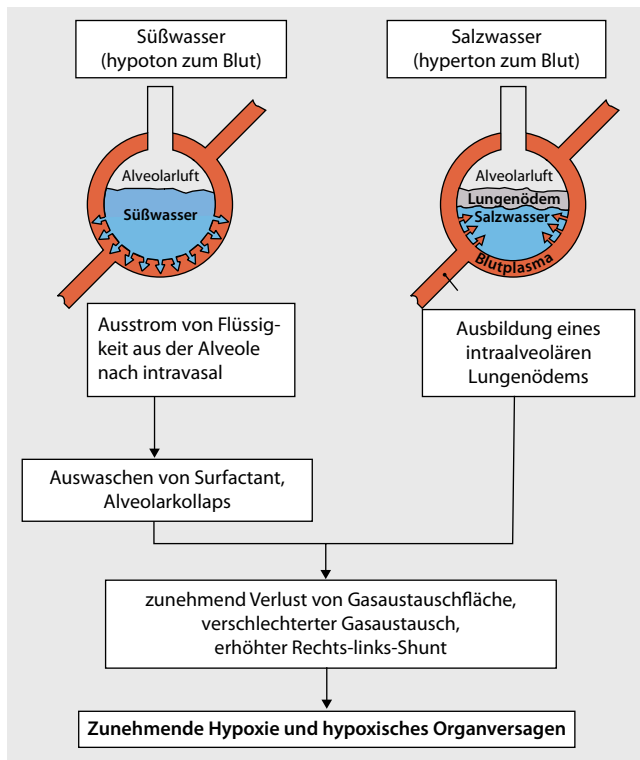


Abb. 4 Pathophysiologie des Ertrinkens. Verlust von Gasaustauschfläche und Hypoxie führt zum Multiorganversagen. (Mod. nach [8])

Wirbelsäulenverletzungen

Gerade bei jüngeren Menschen und einem Unfallgeschehen in Ufernähe kann dem Ertrinken ein (Kopf-)Sprung ins Wasser mit Verletzung der Wirbelsäule und/oder Schädel-Hirn-Trauma vorausgegangen sein. Bei Verdacht auf das Vorliegen einer derartigen Verletzung kann daher situationsabhängig u. U. eine **manuelle Stabilisierung** der Halswirbelsäule erfolgen [19], sofern dies mit vertretbarem Zeitaufwand durchführbar ist. Im Zweifelsfall soll jedoch immer ein schnellstmöglicher Beginn der Reanimationsmaßnahmen erfolgen, da statistisch gesehen Wirbelsäulenverletzungen bei Ertrinkungspatienten eher selten sind [13, 19].

Neurologische Störungen

Als Folge der Hypoxie tritt bei zahlreichen Ertrinkungspatienten ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes **Hirnödem** auf [20]. Abhängig vom Ausmaß und der Dauer der zerebralen Hypoxie, aber auch von der Körpertemperatur während der hypoxischen Episode, kann daher eine Hirnschädigung unterschiedlichster Ausprägung die Folge sein. Relativ praktikabel ist hier eine Einteilung des neurologischen Zustands in die Kategorien A, B und C (■ **Tab. 3**).

Präklinische Maßnahmen

Eine schnellstmögliche Rettung des Patienten ist essenziell, wobei hier natürlich trotzdem der Eigenschutz der Retter beachtet werden muss (■ **Abb. 5**). Patienten mit begleitender Hypothermie sind hierbei so wenig wie möglich zu bewegen und sollen möglichst horizontal transportiert werden [21, 22], weil andernfalls der Zustrom kalten Bluts aus der Peripherie und Abstrom vergleichsweise warmen Bluts aus dem Körperkern zum Kreislaufzusammenbruch führen kann. Eine Beatmung bereits während des Rettungsschwimmens wird zwar in den aktuellen Empfehlungen des European Resuscitation Council (ERC) empfohlen [23], ist aber derzeit noch durchaus umstritten.

Therapie mit hyperbarem Sauerstoff

An Land muss im Bedarfsfall umgehend mit der kardiopulmonalen Reanimation begonnen werden. Wegen des beschriebenen Verlusts von Gasaustauschfläche und der vermehrten venösen Beimischung mit konsekutiver Hypoxie soll die Beatmung des Verunfallten mit einer $F_{I}O_2$ von 1,0 er-

Es kann zur Hirnschädigung unterschiedlichster Ausprägung kommen

Patienten sollen möglichst horizontal transportiert werden

Tab. 3 Klassifikation des neurologische Status bei Ertrinkungspatienten [8]

Kategorie	Subkategorie	Entspricht Glasgow Coma Scale	Beschreibung
A	Keine	15	„awake“ (wach)
B	Keine	10–13	„blunted“ (eingetrübt): – Lethargie, – Desorientiertheit, – Agitiertheit, – gerichtete Schmerzabwehr
C	Abhängig von motorischer Antwort	3–5	„comatose“ (komatös): – dekortiziert
	C1	5	– Beugesynergismen auf Schmerzreiz
	C2	4	– Cheyne-Stokes-Atmung, – dezerebral,
	C3	3	– Streckesynergismen auf Schmerzreiz, – keine Reaktionen auf Reizung

Die Indikation zur Intubation soll möglichst großzügig gestellt werden

Nach Intubation muss gelegentlich endotracheal abgesaugt werden

Unter den Bedingungen der Hypothermie ist die Flimmerschwelle des Herzes verschoben

Transport der Patienten in die Klinik kann unter laufender Reanimation notwendig sein

folgen [13]. Die Reanimation soll, anders als beim Regelalgorithmus zur kardiopulmonalen Reanimation, mit 5 Beatmungen beginnen [23]. Die Indikation zur Intubation soll möglichst großzügig gestellt werden, weil zum einen mit einer plötzlichen drastischen Verschlechterung des Zustands gerechnet werden muss und zum anderen die Beatmung mit **erhöhten endexpiratorischen Drücken** („positive end-expiratory pressure“, PEEP) einen günstigen Einfluss auf den Verlauf hat. Hierbei sollte das PEEP-Niveau mindestens 5 cm H₂O betragen, wobei je nach klinischem Verlauf auch höhere PEEP-Werte erforderlich sein können. Nach Intubation und initialer Blähung der Lunge ist es gelegentlich nötig, dass endotracheal abgesaugt werden muss, um evtl. massiv vorhandenen Schaum oder auch Aspirat aus der Trachea und den Bronchien zu entfernen. Hier muss aber sorgfältig abgewogen werden, ob ein Absaugen oder ein kontinuierlicher PEEP-Erhalt vordringlich ist. In vielen Fällen, v. a. aber bei Kindern nach Ertrinken, kann es erforderlich sein, eine **Magensonde** zu platzieren und über diese gastral abzusaugen, weil während des Ertrinkens häufiger große Mengen Wasser geschluckt werden. Dies führt zu einer Kompromittierung der Lunge und der Beatmung.

Medikamentöse Reanimation

Die medikamentöse Wiederbelebung erfolgt nach den jeweils aktuellen Empfehlungen des ERC. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass i. d. R. bei stärkerer Unterkühlung die Wirkung der Notfallmedikamente verzögert einsetzt und dass unter den Bedingungen der Hypothermie die Flimmerschwelle des Herzes verschoben ist. Folglich soll bei Körperkerntemperaturen von weniger als 30°C die Zahl der **Defibrillationen** auf 3 limitiert werden und keine Applikation von Medikamenten erfolgen, bis die Temperatur auf über 30°C angestiegen ist. Zwischen 30°C und 35°C sollen die Applikationsintervalle verdoppelt werden (d. h. z. B. Adrenalin alle 6–10 min, [23]). Die Vermeidung weiterer Wärmeverluste ist selbstverständlich.

Transport

Nach erfolgreicher Reanimation soll ein rascher Transport in eine Klinik der Maximalversorgung angestrebt werden, um im Bedarfsfall eine **kontrollierte Wiedererwärmung** durchzuführen bzw. den empfohlenen Temperaturbereich der therapeutischen Hypothermie zu halten. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten einer Wiedererwärmung hypothermer reanimationspflichtiger Patienten kann auch ein Transport dieser Patienten unter laufender Reanimation in die Klinik notwendig sein. Hier kann ggf. der Einsatz automatischer Reanimationshilfen sinnvoll sein. Auch bei primär nicht-reanimationspflichtigen Patienten und sogar bei solchen, die initial völlig stabil wirken, ist stets mit einer akuten und raschen Zustandsverschlechterung zu rechnen, sodass auch diese arztbegleitet zur Überwachung in eine geeignete Klinik transportiert werden sollen.

Klinische Versorgung

Die klinische Versorgung richtet sich ganz wesentlich nach dem Zustand des Patienten. Während bei problemlosen Verläufen bei Patienten der Kategorie A (■ **Tab. 3**) eine reine Überwachung angezeigt

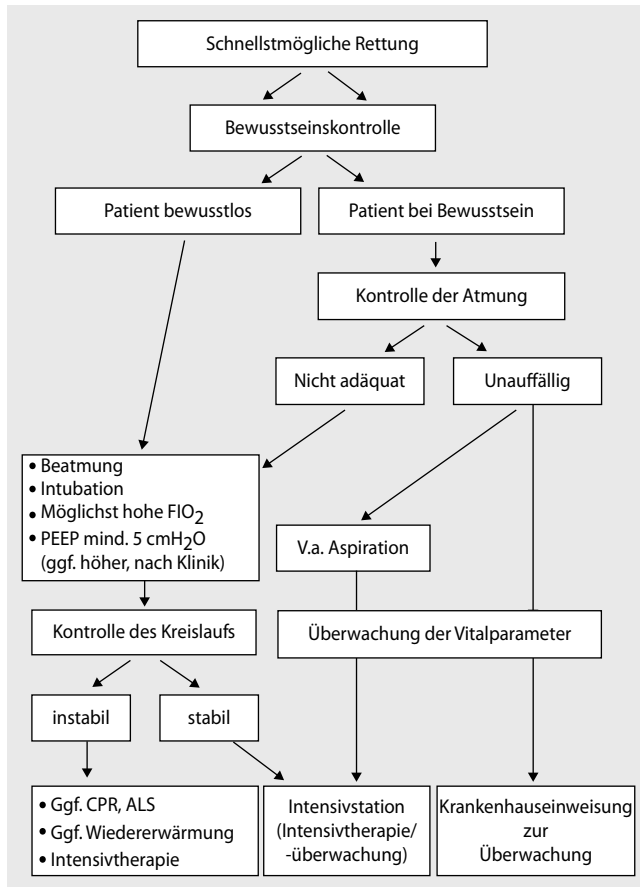


Abb. 5 ◀ Rettungsalgorithmus Ertrinken. Neben einer raschen Rettung sind Sauerstoffgabe und stationäre Überwachung erforderlich. Bei objektivierbarer pulmonaler Beeinträchtigung frühe Intubation und höchstmögliche Sauerstoffgabe. Intensivmedizinische Versorgung in schweren Fällen. *ALS* Advanced life support, *CPR* kardiopulmonale Reanimation, F_iO_2 „fraction of inspired oxygen“, *PEEP* „positive end-expiratory pressure“. (Mod. nach [16])

sein kann, erfordern Patienten der Kategorie B zumindest die intensivmedizinische Überwachung und Patienten der Kategorie C eine forcierte intensivmedizinische Behandlung. Reanimationspflichtige Patienten müssen ggf. mit Hilfe der **Herz-Lungen-Maschine** oder der **extrakorporalen Membranoxygenierung** (ECMO) wiedererwärmt werden, was bei der Auswahl der geeigneten Zielklinik bedacht werden muss. Bei komatösen Patienten ist neben einer effektiven Wiedererwärmung und der Behandlung der pulmonalen Störungen auch der Versuch der Reduktion neurologischer Schäden angezeigt. In diesem Zusammenhang hat sich eine milde Hypothermie als günstig erwiesen [24].

Monitoring

Unter klinischen Bedingungen sollen die Patienten der Kategorien B und C ein erweitertes Monitoring erhalten, sodass sich die Therapie an den im Rahmen dessen erhobenen Parametern orientieren kann. Das Monitoring erfordert je nach klinischer Situation einen **arteriellen Zugang** zur regelmäßigen Kontrolle der Blutgase und Elektrolyte sowie zur kontinuierlichen Blutdruckmessung und ggf. einen zentralen Venenkatheter zur Applikation von Katecholaminen. Hier ist allerdings speziell beim stark hypothermen Patienten eine sorgfältige Nutzen-Risikoanalyse angeraten, denn durch die Manipulation bei der Anlage eines zentralvenösen Katheters, hier speziell durch den Führungsdraht, oder aber durch den Katheter selbst, kann es bei einer deutlich ausgeprägten Hypothermie mit erniedrigter Flimmerschwelle des Herzes zur Induktion eines Kammerflimmerns kommen. Das Anlegen einer Hirndrucksonde kann beim komatösen Patienten ggf. erwogen werden [25]. Eine Röntgenaufnahme der Lunge ist empfehlenswert, CT- oder MRT-Untersuchungen sind in der Frühphase hingegen nicht zwingend notwendig. Bei ungeklärter Ursache für das Ertrinken, z. B. bei lautlosem Untergehen im Wasser, ist zum Ausschluss internistischer oder neurologischer Erkrankungen ggf. die Diagnostik mittels Elektrokardiographie (EKG), Elektroenzephalographie (EEG) sowie abdominalen Sonographie angezeigt. Die respiratorische Therapie richtet sich nach dem klinischen Bild. Hier sind je nach Zustand des Patienten Maßnahmen von der supplementären Gabe von Sauerstoff bis hin zur invasiven Beatmung oder gar zur ECMO möglich [26]. Für die Gabe von Surfactant nach

Bei komatösen Patienten ist der Versuch der Reduktion neurologischer Schäden angezeigt

Bei Hypothermie kann durch die Anlage eines zentralvenösen Katheters ein Kammerflimmern induziert werden

Die kontinuierliche Kreislaufüberwachung und eine angepasste Katecholamin- und Volumentherapie sind von besonderer Bedeutung

Die aktive externe Wiedererwärmung löst eine periphere Vasodilatation aus

Bei Patienten nach Reanimation soll derzeit die Erwärmung bei 33°C gestoppt werden

Die Dauer der Hypoxie gehört zu den wichtigsten prognostischen Faktoren

Ertrinkungsunfällen gibt es keine gute Datenlage. Eine prophylaktische Antibiotikatherapie ist nicht angeraten. Diese wird erst bei Nachweis einer Pneumonie erregerorientiert initiiert.

Die intensivmedizinische Behandlung erfolgt nach den üblichen intensivmedizinischen Prinzipien, wobei eine kontinuierliche Kreislaufüberwachung und ggf. eine entsprechend angepasste Katecholamin- und Volumentherapie von besonderer Bedeutung sind. Da es im Rahmen einer ausgeprägten Hypoxie durch Zelluntergang zum prognostisch ungünstigen massiven Anstieg des Serumkaliums kommen kann [21], sind Kaliumkontrollen erforderlich. Außerdem ist mit dem Auftreten ausgeprägter Hypoglykämien zu rechnen, sodass zusätzlich eine engmaschige Kontrolle der Blutzuckerwerte obligat ist.

Wiedererwärmung

Die Körperkerntemperatur ist ebenfalls engmaschig und möglichst exakt zu überwachen. Hierfür eignen sich v. a. **Temperatursonden**, die im unteren Ösophagusdrittel platziert werden oder – mit gewissen Einschränkungen – auch Blasenkatheter mit Thermistor. Als sinnvolle Wiedererwärmungsmethoden kommen nur solche in Frage, die effektiv Wärme übertragen ohne bei Patienten mit Körperkerntemperaturen unter 30°C die Gefahr einer Kreislaufinstabilität zu erhöhen. Mögliche Verfahren sind

- Wärmendecken bzw.
- Warmluftgebläse mit Wiedererwärmungsraten von etwa 0,5–1,0°C/h,
- Peritonealspülung mit warmen Flüssigkeiten,
- spezielle Erwärmungskatheter oder auch
- der Einsatz der Herz-Lungen-Maschine oder
- der ECMO.

Zu beachten ist, dass die aktive externe Wiedererwärmung eine periphere Vasodilatation mit Abfall des Systemgefäßwiderstands und des arteriellen Blutdrucks auslöst, sodass eine entsprechende Volumen- und/oder Katecholamintherapie notwendig werden kann. Der Patient ist daher engmaschig zu überwachen. Bei Patienten nach Reanimation ist zudem zu beachten, dass das Ziel der Wiedererwärmung nicht die Normothermie ist, sondern jener Temperaturbereich, der nach den jeweils aktuellen Empfehlungen einer therapeutischen Hypothermie entspricht. Bei diesen Patienten soll derzeit die Erwärmung bei 33°C gestoppt und diese Körpertemperatur für 24 h beibehalten werden [23].

Prognose

Die Prognose nach Beinaheertrinken hängt ganz wesentlich von der Dauer der Hypoxie und der Ausprägung der neurologischen Schädigung ab. Während Patienten in der Kategorie A (■ **Tab. 3**) das Ereignis i. d. R. ohne bleibende Ausfälle überleben, ist die Überlebensrate bei Patienten der Kategorie B leicht verringert. Auch kann es bei den Überlebenden zu neurologischen Dauerschäden kommen. In der Kategorie C sterben trotz initialen Überlebens 30–40% der Patienten. Eine bleibende neurologische Beeinträchtigung ist bei den Überlebenden wahrscheinlich. Die Dauer der Hypoxie gehört zu den wichtigsten prognostischen Faktoren. Daher ist absolute Eile bei der Behebung einer Hypoxie geboten, die initiale $F_I O_2$ soll so hoch wie möglich sein. Für Patienten mit geringer oder moderater Hypothermie mit Temperaturen über 32°C ist die Prognose, abhängig von Begleitverletzungen oder -erkrankungen, durchaus als gut zu bezeichnen. Bei Patienten mit schwerer Hypothermie und speziell mit initialem Kreislaufstillstand ist die Prognose jedoch erheblich schlechter.

Fazit für die Praxis

Tauchunfall

- An die Möglichkeit eines Tauchunfalls muss gedacht werden. Jede Symptomatik bis zu 24 h nach einem Tauchgang soll daher zunächst als Tauchunfall gewertet und therapiert werden. Bei einer längeren Transportzeit zum Druckkammerzentrum muss ein Sekundärtransport erfolgen.
- Unabhängig vom Schweregrad soll schnellstmöglich normobarer Sauerstoff ($F_I O_2 = 1,0$) gegeben, Flüssigkeit substituiert und ein Pneumothorax ausgeschlossen bzw. drainieren werden.

- Bei ausschließlich kutaner Symptomatik ist zunächst normobarer Sauerstoff und eine 24-stündige stationäre Beobachtung ausreichend. Ist die Symptomatik nicht rückläufig ist die Druckkammertherapie notwendig.

Ertrinkungsunfall

- Eine schnelle Rettung – unter Beachtung des Eigenschutzes – bestimmt die Prognose.
- Auch bei Erwachsenen soll eine Beatmung zum frühestmöglichen Zeitpunkt erfolgen. Die Indikation zur Intubation soll großzügige gestellt und danach eine Magensonde gelegt werden.
- Die Körpertemperatur soll bestimmt werden. Bei Hypothermie erfolgt eine Reanimation bis zur therapeutischen Hypothermie: die individuelle Situation bestimmt die Reanimationsdauer, die Medikations- und Defibrillationsintervalle, den Einsatz von Herz-Lungen-Maschine bzw. ECMO bzw. Dialyse/Hämofiltration.
- Auch scheinbar stabile und symptomlose Patienten sollen immer stationär in ein Krankenhaus mit Intensivmedizin aufgenommen werden. Dort erfolgt eine Röntgenuntersuchung des Thorax und ggf. eine Antibiotikatherapie nach Keimnachweis.

Korrespondenzadresse

PD Dr. C.-M. Muth

Klinik für Anästhesiologie,
Sektion Notfallmedizin, Universitätsklinikum Ulm
Prittwitzstr. 43, 89075 Ulm
claus-martin.muth@uni-ulm.de

Compliance with Ethics Guidelines

Conflict of interest. C-M Muth, M. Georgieff and B. E. Winkler declare that they have no conflict of interest..

This article does not contain any studies with human or animal subjects.

Literatur

- Jüttner B (2012) Leitlinie Tauchunfall. *Anästhesiologie* 10:562–567
- Muth CM, Shank ES, Larsen B (2000) Der schwere Tauchunfall: Pathophysiologie – Symptomatik – Therapie. *Anaesthesist* 49:302–316
- Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE (2011) Decompression illness. *Lancet* 377:153–164
- Wenzel J, Muth CM (2002) Physikalische und physiologische Grundlagen des Tauchens. *Dtsch Z Sportmed* 53:162–169
- Muth CM, Shank ES (2000) Gas embolism. *N Engl J Med* 342:476–482
- Boussuges A, Succo E, Juhan-Vague I, Sainty JM (1998) Activation of coagulation in decompression illness. *Aviat Space Environ Med* 69:129–132
- Huang KL, Lin YC (1997) Activation of complement and neutrophils increases vascular permeability during air embolism. *Aviat Space Environ Med* 68:300–305
- Muth CM (2011) Tauchunfälle, Ertrinken, Unterkühlung. In: Burchardi H, Larsen R, Marx G, Muhl E, Schölmerich J (Hrsg) *Die Intensivmedizin*, 11. Aufl. Springer, Berlin, S 931–946
- Tetzlaff K, Shank ES, Muth CM (2003) Evaluation and management of decompression illness – An intensivists' perspective. *Intensive Care Med* 29:2128–2136
- Piepho T, Ehrmann U, Werner C, Muth CM (2007) Sauerstofftherapie nach Tauchunfall. *Anaesthesist* 56:44–52
- Shank ES, Muth CM (2000) Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy. *Int Anesthesiol Clin* 38:111–138
- Muth CM, Piepho T, Schröder S (2007) Wasserrettung. Ein notfallmedizinisches Spezialgebiet mit vielen Facetten. *Anaesthesist* 56:1047–1057
- Szpilman D, Bierens JJ, Handley AJ, Orłowski JP (2012) Drowning. *N Engl J Med* 366:2102–2010
- Modell JH, Graves SA, Ketover A (1976) Clinical course of 91 consecutive near-drowning victims. *Chest* 70:231–238
- Halmagyi DFJ, Colebatch HJH (1961) Ventilation and circulation after fluid aspiration. *J Appl Physiol* 16:35–40
- Muth CM (2011) Tauchunfälle, Ertrinken, Unterkühlung. In: Burchardi H, Larsen R, Marx G, Muhl E, Schölmerich J (Hrsg) *Klinikmanual Intensivmedizin*. Springer, Berlin, S 436–447
- Weinstein MD, Krieger BP (1996) Near-drowning: epidemiology, pathophysiology, and initial treatment. *J Emerg Med* 14:461–467
- Muth CM, Shank E, Hauser B et al (2010) Infrared ear thermometry in water-related accidents-not a good choice. *J Emerg Med*. 38:417–421
- Watson RS, Cummings P, Quan L et al (2001) Cervical spine injuries among submersion victims. *J Trauma* 51:658–662
- Vasil J (1969) Brain edema following resuscitation of drowned children. *Cesk Pediatr* 24:556–557
- Giesbrecht GG (2000) Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *Aviat Space Environ Med* 71:733–752
- Giesbrecht GG (2001) Prehospital treatment of hypothermia. *Wilderness Environ Med* 12:24–31
- Soar J, Perkins GD, Abbas G et al (2010) European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 81:1400–1433
- Nolan JP, Deakin CD, Soar J et al (2005) European resuscitation council. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 67:S39–S86
- Sarnaik AP, Preston G, Lieh-Lai M, Eisenbrey AB (1985) Intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in near-drowning. *Crit Care Med* 13:224–22717
- Schröder S, Muth CM (2011) Ertrinken, Tauchunfälle, Unterkühlung. In: Wilhelm W (Hrsg) *Praxis der Intensivmedizin*. Springer, Berlin, S 673–684

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welche Antwort ist richtig? Die arterielle Gasembolie (AGE) ...

- tritt als Folge eines Trommelfellrisses auf.
- kann mit einem Pneumothorax vergesellschaftet sein.
- bedarf keiner spezifischen Therapie
- wird interventionell mittels intravasaler Lyse behandelt.
- erfordert den sofortigen Transport an eine Klinik mit angegliederter Abteilung für Neurochirurgie.

? Welche Aussage trifft zu? Beim Typ 2 (schwere Verlaufsform) der Dekompressionskrankheit (DCS) ...

- dominieren kutane Symptome.
- ist die Sauerstoffgabe kontraindiziert.
- können Lähmungen auftreten.
- ist die Abgrenzung zur arteriellen Gasembolie (AGE) problemlos möglich.
- soll eine Oberkörperhochlagerung erfolgen.

? Welche der folgenden Aussagen trifft zu? Für eine Dekompressionskrankheit (DCS) und gegen eine arterielle Gasembolie (AGE) spricht ...

- ein Auftreten der Symptome unmittelbar an der Wasseroberfläche.
- das Vorhandensein neurologischer Defizite.
- das Vorliegen eines Pneumothorax.
- eine langsame Verschlechterung des Zustands im Laufe von Stunden.
- geringe Tauchtiefen und kurze Tauchgänge.

? Welche Aussage trifft zu? Bei der medikamentösen Therapie von Tauchunfällen ...

- spielt die Gabe von ASS die Hauptrolle.
- verbessert der Einsatz von Kortison das zerebrale Ergebnis.
- ist die Gabe von 100% ($F_{I}O_2=1,0$) medizinischem Sauerstoff Verfahren der Wahl.
- soll das Flüssigkeitsdefizit mittels reiner Glukoselösung ausgeglichen werden.
- ist die enterale Flüssigkeitsapplikation zu bevorzugen.

? Welche der folgenden Aussagen zum Transport von Tauchunfällen trifft zu?

- Ein Patient nach Tauchunfall sollte grundsätzlich mittels Rettungshubschrauber transportiert werden.
- Zur Eliminierung von Restblasen sollte der Transport erschütterungsreich erfolgen.
- Der Transport sollte möglichst zügig aber gleichzeitig erschütterungsarm erfolgen.
- Der Transport sollte nur auf Höhe des Gewässers erfolgen.
- Patienten nach leichter Form eines Tauchunfalls sollen nur dem Hausarzt vorgestellt werden

? Welche der folgenden Aussagen zum Ertrinken ist richtig?

- Ertrinken ist in Europa eine seltene Todesursache bei jungen Menschen.
- Ertrinken ist mit einer guten Prognose assoziiert.
- Ertrinken führt meist zur vollständigen Füllung der Lunge mit Wasser
- Ertrinken verursacht eine massive Hypoxämie und massive rechts-links Shunts.
- Ertrinken erfordert die sorgfältige Entleerung der Lunge vor Beginn der Beatmung.

? Welche Aussage trifft zu? Ertrinkungspatienten ...

- müssen zwingend bereits im Wasser beatmet werden.
- müssen bis zum Erreichen der Normothermie reanimiert werden („no one is dead until warm an dead“).
- benötigen selten hohe Beatmungsspitzen drücke und PEEP-Drücke.
- sollen an das nächstgelegene Krankenhaus der Grundversorgung transportiert werden.
- sind meist alte Patienten mit infausten Grunderkrankungen.

? Welche Aussage ist richtig? Beim Ertrinken...

- kommt es sehr häufig zu Verletzungen auch der Wirbelsäule.
- ist die Messung der tympanalen Temperatur der sicherste Hypothermienachweis.
- ist bei primär stabil erscheinenden Patienten stets mit einer raschen Verschlechterung zu rechnen.
- ist die Unterscheidung zwischen Salz- und Süßwasserertrinken essenziell.
- ist die Herzdruckmassage die wichtigste primäre Maßnahme.

? Welche der Aussagen ist richtig? Im Stadium der schweren Hypothermie ...

- können Bewegungen des Patienten lebensbedrohlich sein.
- soll der Patient mittels warmer Getränke erwärmt werden.
- sind Bewusstseinsstörungen untypisch.
- sind Kreislauf und Herzrhythmus meist stabil.
- soll eine Hyperglykämie rasch mit Rapidinsulin therapiert werden.

? Welche Aussage trifft zu? Die Wiedererwärmung von hypothermen Patienten ...

- erfolgt im Stadium der milden Hypothermie mittels Herz-Lungen-Maschine.
- soll präklinisch immer schnellstmöglich erfolgen.
- soll bis 37°C erfolgen, um weitere Hypothermie zu vermeiden.
- erfolgt ausschließlich mittels warmer Infusionen.
- kann zu erheblichen Kreislaufinstabilitäten führen.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar. Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeabschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei

Hier steht eine Anzeige.

