

BACHELORARBEIT

# Persönliche Schutzausrüstung für Einsatzkräfte der Feuerwehr im Wasserrettungseinsatz bei niedrigen Wassertemperaturen

---

vorgelegt im November 2019 von  
Stephan Kohfahl

1. Prüfer: Prof. Dr. med. Frank Hörmann, MBA, LL. M.
  2. Prüfer: Dirk Crome, M. Eng.
- 

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG  
Department Life Sciences  
Studiengang Rettungsingenieurwesen/Rescue Engineering



HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG  
Hamburg University of Applied Sciences

## Persönliche Schutzausrüstung für Einsatzkräfte der Feuerwehr im Wasserrettungseinsatz bei niedrigen Wassertemperaturen

---

Bachelorarbeit vorgelegt von  
Stephan Kohfahl  
Matrikelnummer [REDACTED]

## Danksagung

Diese Arbeit entstand in Gedenken an meinen Großvater, Dr. med. Meinhard Kohfahl, dessen Lebenswerk es war, die Menschen auf See zu schützen.

Vielen Dank an die BG Verkehr und den Deutschen Wetterdienst für die Bereitstellung von Quellen und Messdaten.

Meiner Frau und meinen Kindern danke ich ebenfalls für die Unterstützung und besonders für die Zeit zum Schreiben.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	5
Technische Begriffsbestimmungen .....	6
Medizinische Begriffsbestimmungen .....	7
1. Einleitung.....	8
2. Unfallrisiko bei Stürzen in kaltes Wasser.....	11
2.1. Reaktionsphasen nach einem Sturz in kaltes Wasser .....	12
2.1.1. 1. Phase – Sofort- oder Kälteschockreaktion.....	13
2.1.1.1. Autonomer Konflikt.....	17
2.1.2. 2. Phase – Schwimmversagen.....	19
2.1.3. 3. Phase – Unterkühlung .....	20
2.1.4. 4. Phase – Rettungsphase .....	22
2.2. Mögliche Schutzmaßnahmen für die Einsatzkräfte.....	24
3. Methodisches Vorgehen.....	27
3.1. Literaturrecherche.....	27
3.2. Methode der Gefährdungsbeurteilung .....	27
4. Gefährdungsbeurteilung für Wasserrettungseinsätze.....	28
4.1. DGUV Information 205-014 .....	28
4.2. Festlegung der Betrachtungsbereiche.....	29
4.3. Gefährdungsermittlung .....	30
4.4. Beurteilungskriterien für die Gefährdungsbeurteilung .....	31
4.5. Gefährdungsbeurteilung beim Sturz in kaltes Wasser.....	32
4.5.1. 1. Phase.....	33
4.5.2. 2. Phase.....	34
4.5.3. 3. Phase.....	35
4.5.4. 4. Phase.....	36
4.5.5. Warme Umgebung.....	36
4.6. Gefährdungsmatrix für Wasserrettungseinsätze .....	37

5.	Persönliche Schutzausrüstung für die Wasserrettung .....	39
5.1.	Generelle Anforderungen an die Schutzbekleidung .....	39
5.1.1.	SOLAS-Konvention .....	41
5.1.2.	DIN EN ISO 15027-1 .....	43
5.2.	Anforderungen an die Oberbekleidung .....	43
5.3.	Anforderungen an die Unterbekleidung .....	44
5.4.	Anforderungen an die Kopfbedeckung .....	46
5.5.	Anforderungen an die Handschuhe .....	47
5.6.	Anforderungen an das Schuhwerk .....	48
5.7.	Die geeignete Rettungsweste .....	49
5.7.1.	Notwendigkeit eines Schrittgurtes .....	50
5.7.2.	Spritzschutzhaube als zusätzlicher Schutz .....	51
6.	Ergebnisse .....	52
6.1.	Einführung von „PSA 34“ analog zur DGUV Information 205-014.....	54
7.	Ergebnisbewertung.....	55
8.	Diskussion der Ergebnisse .....	56
9.	Methodenkritik.....	60
9.1.	Ausblick .....	61
	Abkürzungsverzeichnis.....	62
10.	Literaturverzeichnis .....	64
	Anhang.....	72
	Interessenskonflikte.....	73
	Eidesstattliche Erklärung .....	73

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung der Todesfälle in Phasen bei einem Sturz in kaltes Wasser .....	13
Abb. 2: Auswirkungen des Kältereizes auf den Körper .....	14
Abb. 3: Entstehung des „Autonomen Konflikts“ nach (Shattock & Tipton, 2012) ....	17
Abb. 4: Zeit ab der eine erfolgreiche Wiederbelebung unwahrscheinlich wird.....	21
Abb. 5: Ausprägung der Kälteschockreaktion.....	30

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vier Reaktionsphasen, .....	12
Tab. 2: Stadien der Hypothermie nach (Muth, 2011) .....	20
Tab. 3: 50%-Überlebenszeiten,.....	22
Tab. 4: Wassertemperaturen an der Messstelle Bunthauspitze. ....	31
Tab. 5: Einteilung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Gefahren.....	31
Tab. 6: Einteilung des Schweregrades möglicher Folgen.....	32
Tab. 7: Auszüge aus dem Kapitel 3 der SOLAS, .....	41
Tab. 8: Anforderungen und Arbeitsbereich von Kälteschutzkleidung.....	42
Tab. 9: Leistungsstufen für Kälteschutzanzüge .....	43
Tab. 10: Anforderung an Feuerwehrhandschuhe .....	47
Tab. 11: Leistungsstufen für den Widerstand gegen Wasserdurchdringung .....	47
Tab. 12: veränderte Gefährdungsmatrix,.....	72

## Technische Begriffsbestimmungen

Binnengewässer	Zum Festland gehörenden Seen und Flüsse
clo-Wert	„Einheit zum Ausdruck der relativen Wärmeisolierung von verschiedenen Kleidungszusammensetzungen Anmerkung 1 zum Begriff: Ein clo ist gleich 0,155 Km <sup>2</sup> W-1.“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 7)
Eintauchanzug	„[...] ist ein Schutzanzug, der bei einer Person, die ihn in kaltem Wasser trägt, den Verlust an Körpertemperatur verringert.“(SOLAS 2019, S. 181)
Kälteschutzanzug (constant wear suit)	„Schutzanzug gegen Unterkühlung im Wasser, der dafür vorgesehen ist, bei Tätigkeiten auf oder nahe dem Wasser ständig getragen zu werden, wenn die Möglichkeit eines unbeabsichtigten Eintauchens in Wasser vorzusehen ist, der eine körperliche Aktivität jedoch soweit ermöglicht, dass Tätigkeiten ohne unnötige Behinderung ausgeführt werden können, weswegen Kopf, Hände und Füße nicht bedeckt sein müssen“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 6)
Nassanzug (wet suit)	„Schutzanzug gegen Unterkühlung im Wasser, der dem Anwender Schutz gegen die Auswirkungen von Eintauchen in kaltes Wasser bietet, indem er isoliert und das Ein- und Austreten von Wasser nach dem Eintauchen begrenzt“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 7)
Schutzbekleidung gegen Unterkühlung im Wasser (immersion suit)	„Anzug, der den Körper des Anwenders vor den Folgen unbeabsichtigten Eintauchens in kaltes Wasser schützen soll. Anmerkung 1 zum Begriff: Auswirkungen von Auskühlung umfassen Kälteschock (3.21) und Unterkühlung (3.14).“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 6)
Seenot-Kälteschutzanzug (abandonment suit)	„Schutzanzug gegen Unterkühlung im Wasser, einschließlich Kopf-, Hand- und Fußschutz, der so gestaltet ist, dass er im Falle eines bevorstehenden Eintauchens in kaltes Wasser schnell angelegt werden kann“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 6)
Trockenanzug (dry suit)	„Schutzanzug gegen Unterkühlung im Wasser, der dem Anwender Schutz gegen die Auswirkungen von Eintauchen in kaltes Wasser bietet, indem er das Eintreten von Wasser nach dem Eintauchen ausschließt“ (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 6)
Überlebensanzug	Überbegriff, der umgangssprachlich undifferenziert für die verschiedenen Schutzbekleidungen im Wasser verwendet wird.
Wärmeschutzhilfsmittel	„[...] ist ein Sack oder Anzug aus wasserdichtem Werkstoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit.“ (SOLAS 2019, S. 182)
Wetterschutzanzug	„[...] ist ein für die Besatzung von Bereitschaftsbooten und Bedientrupps von Schiffsevakuierungssystemen konzipierter schützender Anzug.“ (SOLAS 2019, S. 181)



# Medizinische Begriffsbestimmungen

teilweise nach Dornblüth und Pschyrembel 2004

bradykard	Das Herz schlägt zu langsam.
Extrasystolen	Extraschläge des Herzens, die außerhalb des Grundrhythmus auftreten.
Hypertonus	Der Blutdruck ist zu hoch.
Hyperventilation	Die Atemfrequenz ist zu hoch.
Hypovolämie	Verminderung der zur Verfügung stehenden Blutmenge.
Immersion	Eintauchen, die Atemwege sind über Wasser.
kalte Luft	Lufttemperatur unter oder gleich -5 °C (DIN EN 342:2017)
kaltes Wasser	Wasser mit einer Temperatur unter 15 °C (Tipton et al. 2017)
Kälteschock	<i>„kurze Übergangsphase von etwa 2 min bis 3 min Dauer nach dem plötzlichen Eintauchen in kaltes Wasser, gekennzeichnet durch unkontrollierbare Hyperventilation begleitet durch Herz- und Atemwegsprobleme“</i> (DIN EN ISO 15027-1:2012, S. 8) Anmerkung: Die Dauer wird von Michael Tipton abweichend mit bis zu 5 min angegeben (Golden und Tipton 2002).
Körperkerntemperatur	Temperatur im Inneren des Oberkörpers, die ausschlaggebend ist für das Funktionieren der Organe.
Parasympathikus	Teil des vegetativen Nervensystems, Gegenspieler des Sympathikus
periphere Vasokonstriktion	Engstellung der Blutgefäße u.a. in Armen und Beinen
Submersion	Untertauchen, die Atemwege sind unter Wasser.
Sympathikus	Teil des vegetativen Nervensystems, Gegenspieler des Parasympathikus
tachykard	Das Herz schlägt zu schnell.
Tidalvolumen	Die Menge an Luft, die pro Atemzug ein- und ausgeatmet wird.
Unterkühlung	Körperkerntemperatur unter 35 °C (Tipton et al. 2017)
vegetatives Nervensystem	Autonomes Nervensystem, das nicht von Willen und Bewusstsein gesteuert wird und die lebenswichtigen Funktionen (Atmung, Verdauung, Stoffwechsel, etc.) regelt.

## 1. Einleitung

Laut der WHO ertrinken jährlich 372.000 Menschen weltweit (WHO 2014). In Deutschland sind im Jahre 2018 504 Menschen ertrunken (100 mehr als im Vorjahr) (DLRG e.V. 2019). Ertrinken ist somit nicht nur ein Problem „ferner Länder“, sondern auch hierzulande eine ernstzunehmende Gefahr.

Aber was steckt hinter dem Ertrinken? Sind es die Nichtschwimmer, die ertrinken? In den Boulevardblättern und Tageszeitungen liest man Sätze wie: „Zeugen berichten: Der Junge aus Blankenese kämpfte minutenlang um sein Leben, ehe er spurlos unterging!“ (Altendorf et al. 2013) oder „Er war ein guter Schwimmer. Er ertrank plötzlich [...]“ (Noel Altendorf und Thomas Knoop 2012) und „Die Hintergründe bleiben oft ungeklärt, die Risiken in Gewässern sind zahlreich.“ (HNA 2018)

Eine Analyse aus England hat ergeben, dass 55 % aller Ertrunkenen in einem Abstand von 3 m zu einer sicheren Plattform gestorben sind. Zwei Drittel davon galten als gute Schwimmer (Tipton et al. 2017).

Die Gefahr des Ertrinkens ist somit auch für gute Schwimmer vorhanden, besonders wenn das Wasser kalt ist.

Einsatzkräfte der Feuerwehr gelangen bei Einsätzen regelmäßig in Situationen, bei denen die Gefahr besteht, in kaltes Wasser zu fallen. Die richtige Schutzbekleidung stellt einen wesentlichen Schutz der Einsatzkraft vor den Risiken eines Sturzes in kaltes Wasser dar. Eine Feuerwehr traf aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung die Entscheidung, dass auf Kleinbooten kein Überlebensanzug mehr von Nöten sei. Diese Entscheidung wurde von den Einsatzkräften nicht akzeptiert und führte zu Beschwerden.

Um die Einsatzkraft zu schützen, gehört eine Gefährdungsbeurteilung zu den Pflichten des Arbeitgebers. Zur Unterstützung des Arbeitgebers wird für Feuerwehren eine vorgefertigte Gefährdungsbeurteilung mit Empfehlungen für die persönliche Schutzausrüstung (PSA) von der DGUV angeboten. Grundlegend fehlt jedoch das Wissen um die wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte. Diese Erkenntnisse finden sich in der vorgefertigten Gefährdungsbeurteilung nicht wieder und ohne diese Erkenntnisse kann die Gefährdungsbeurteilung auch nicht kritisch hinterfragt und angepasst werden. Dies kann zu der oben beschriebenen Situation führen.

Aus der beschriebenen Situation kann die Frage abgeleitet werden, ob die vorgefertigte Gefährdungsbeurteilung ausreichend ist oder überarbeitet werden muss und ob Entscheidungsträger und Einsatzkräfte zu dieser Thematik ausreichend informiert und sensibilisiert sind. Als Konsequenz daraus ergibt sich die Fragestellung, ob die bestehende PSA ausreichend ist oder angepasst werden muss.

Diese Arbeit wird das Thema „Sturz in kaltes Wasser“ beleuchten. Die im Rahmen einer Literaturrecherche zusammengetragenen medizinischen Erkenntnisse werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zusammengefasst. Auf dieser Basis wird eine Gefährdungsbeurteilung erstellt und eine Empfehlung der DGUV zur persönlichen Schutzausrüstung (PSA) bewertet. Das Ziel ist eine Aussage zu treffen, welche PSA gegen die Gefahr des Ertrinkens bei einem Sturz in kaltes Wasser erforderlich ist.

Die Zielgruppe dieser Arbeit sind Einsatzkräfte, die bereits über grundlegende medizinische Vorkenntnisse verfügen. Die verwendeten medizinischen Fachbegriffe werden im Kapitel „Medizinische Begriffsbestimmungen“ stichwortartig erläutert.

Wenn es nicht anders angegeben wird, bezieht sich der Betrachtungsbereich dieser Arbeit auf Einsätze im Bereich der Binnengewässer.

Begonnen wird diese Arbeit mit der Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen der körperlichen Reaktion, die ein Mensch durchläuft, wenn er in kaltes Wasser fällt (Kap. 2). Diese werden vier Phasen zugeordnet. Hierbei wird auch der Bezug zu möglichen Schutzmaßnahmen hergestellt. Dieses Kapitel soll Einsatzkräfte zu dem Unfallrisiko bei Stürzen in kaltes Wasser sensibilisieren. Hierbei entsprechen die Phasen eins und zwei dem Stand der Wissenschaft und die Phasen drei und vier dem Stand der Technik. Aufgrund des Ausbildungsstandes der Zielgruppe wird die Darstellung der Phasen drei und vier auf den Betrachtungsbereich dieser Arbeit reduziert.

Es folgt der Methodenteil (Kap. 3) und der Abschnitt zur Neubewertung der Gefährdungsbeurteilung (Kap. 4). Dabei werden die nationalen Vorschriften betrachtet und in Hinblick auf die wissenschaftlichen Grundlagen bewertet.

In Kapitel 5 werden die Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung definiert. Der Schwerpunkt liegt hierbei bei der Bekleidung. Rettungswesten werden wegen der thematischen Zugehörigkeit ebenfalls betrachtet.

Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 – 8 dargestellt, bewertet und diskutiert.

Das Kapitel 9 widmet sich der Methodenkritik und der Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder (Kap. 9.1) bildet den Abschluss dieser Arbeit.

## 2. Unfallrisiko bei Stürzen in kaltes Wasser

In den letzten Jahrhunderten war die geltende Meinung, dass Seeleute nach einem Schiffsunglück stets ertrunken sind und dass man gegen dieses Schicksal nichts unternehmen könne. Das einzige Rettungsmittel im Rahmen eines Schiffsunglücks war das Treibgut. Mit den Stahlschiffen erhöhte sich die Anzahl der Toten auf See. Die Schiffe sanken schneller und es gab weniger Treibgut, an dem sich die Schiffbrüchigen festhalten konnten (Brooks 1995). Als Konsequenz daraus wurde die erste Rettungsweste 1851 von Kapitän John Ross Ward für die „National Lifeboat Institution“ entwickelt (Brooks 2003). Während die Notwendigkeit von Auftriebsmitteln erkannt wurde, wurden die medizinischen Aspekte jedoch nicht berücksichtigt. Selbst Zeugenaussagen eines Überlebenden des Untergangs der „Titanic“ fanden in den Untersuchungen keine Berücksichtigung. So beschrieb dieser, dass die im kalten und ruhigen Wasser treibenden Personen, trotz getragener Auftriebsmittel, aufgrund der Kälte starben (Brooks 2003). Als offizielle Todesursache wurde Ertrinken angegeben.

Das aufgrund dieses Unglücks einberufene „International Safety of Life at Sea (SOLAS)“ Komitee beschäftigte sich zunächst nicht mit persönlichen Schutzausrüstungen. Auch bei den vielen Toten auf See während des ersten Weltkrieges wurden die Todesursachen nicht weiter differenziert. In einer großen Untersuchung nach dem ersten Weltkrieg wurden erste medizinische Erkenntnisse herausgearbeitet und die Unterkühlung gelangte in den Vordergrund. Jedoch ohne Konsequenz in Bezug auf die Bekleidung (Brooks 2003).

Weitergehende Erkenntnisse ergaben sich durch die Arbeiten des „Royal Navy Personnel Research Committee“ und des „Royal Navy Institute of Naval Medicine“. Professor Keating fasste die gewonnenen Erkenntnisse 1969 zusammen und kam zu dem Schluss, dass der menschliche Körper seine Körperkerntemperatur in 25 °C (warmen) Wasser nicht mehr aufrechterhalten kann, auch wenn er bei Bewusstsein ist und versucht, durch Muskelzittern Wärme zu produzieren. Bei kontinuierlich fallender Körperkerntemperatur tritt dann zu einem späteren Zeitpunkt der Tod ein (Brooks 1995). Diese Erkenntnis setzte sich mit der Zeit immer mehr durch, so dass heutzutage bei Seeunfällen die Unterkühlung nach einem Sturz in kaltes Wasser einen wesentlichen Stellenwert erlangt hat.

## 2.1. Reaktionsphasen nach einem Sturz in kaltes Wasser

Golden und Hervey hatten 1981 festgestellt, dass die Unterkühlung lediglich die dritte von vier Reaktionsphasen ist, die eine Person im Wasser durchläuft (siehe Tab. 1) (Golden und Hervey 1981).

Tab. 1: Vier Reaktionsphasen, die eine Person nach einem Sturz in kaltes Wasser durchläuft nach (Golden & Hervey, 1981)

1. Phase: Sofort- oder Kälteschockreaktion
2. Phase: Schwimmversagen
3. Phase: Unterkühlung
4. Phase: Rettungsphase

Die vierte Reaktionsphase, die Rettungsphase, wird im allgemeinen Sprachgebrauch als „Bergungstod“ bezeichnet. In den letzten Jahren ist sie bei Einsatzkräften zunehmend berücksichtigt worden. Die daraus resultierende Forderung nach einer waagerechten und schonenden Rettung kann als Stand der Technik angesehen werden.

Die ersten beiden Phasen finden in den einschlägigen Lehrbüchern und bei Schulungen fast keine Beachtung. Auch in den Statistiken wird nur zwischen Tod durch Ertrinken, Unterkühlung und in der Rettungsphase („Bergungstod“) differenziert. In der Rettungsphase versterben ca. 20% der Verunfallten (Golden und Tipton 2002). Bei der Todesursache Unterkühlung müssten jedoch die Ereignisse genauer betrachtet werden. Es müssen die Fälle herausgenommen werden, bei denen die Personen aufgrund einer zu kurzen Verweildauer im Wasser nicht an Unterkühlung gestorben sein können (siehe Kap. 2.1.3). Michael Tipton hat den britischen Home Office Report aus dem Jahre 1977 untersucht und herausgefunden, dass ca. 55% der jährlichen Todesfälle durch Eintauchen in Freiwasser in einem Abstand von 3 m zu einer sicheren Plattform stattfanden. 45% sogar in einem Abstand von 2 m. Zwei Drittel der Gestorbenen galten als gute Schwimmer (Golden und Tipton 2002; Tipton et al. 2017). Todesfälle in unmittelbarer Nähe zu einer sicheren Plattform können sehr gut mit der ersten Phase und hier auch durch das Phänomen „Autonomer Konflikt“ (siehe Kap. 2.1.1) erklärt werden. Da man diese 55% nicht dem Bereich der Unterkühlung zuordnen darf, ergibt sich eine neue Verteilung der Todesursachen. Die ein Drittel Nichtschwimmer müssen hierbei aus der ersten Phase herausgerechnet werden, da sie auch in warmen Wasser ertrunken wären (siehe Abb. 1).

Es zeigt sich somit, dass vor allem die erste Phase für die meisten Todesfälle nach einem Sturz in kaltes Wasser verantwortlich ist. Die zweite und dritte Phase ist bei der vorliegenden Datengrundlage nicht zu differenzieren.

2012 wurde von Shattock und Tipton der „Autonome Konflikt“ beschrieben, der unmittelbar nach dem Eintauchen ins Wasser auftritt, wenn Kälteschockreaktion und Tauchreflex gleichzeitig auftreten (siehe Kap. 2.1.1). Hiermit lässt sich dieses Phänomen in die Phase der Sofort- und Kälteschockreaktion einordnen (Shattock und Tipton 2012).

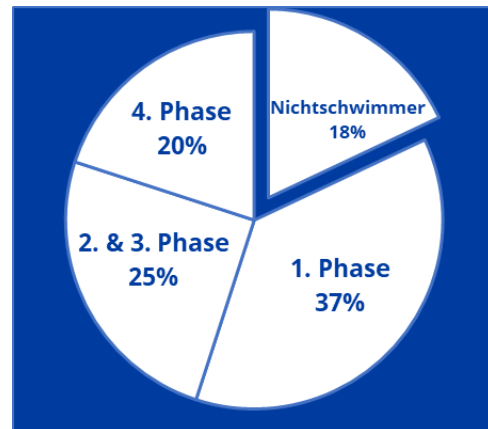


Abb. 1: Verteilung der Todesfälle in Phasen bei einem Sturz in kaltes Wasser  
Quelle: Eigene Abbildung

Zu beachten ist, dass durch die Kälte die Gedächtnisleistung beeinträchtigt sein kann. Dies ergab die Auswertung mehrerer Studien, in der Probanden kalter Luft oder Wasser unter 10 °C, ausgesetzt waren (Jones et al. 2017).

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die ethnisch bedingten Unterschiede bezüglich der Kältereaktion. Menschen mit tropischer Abstammung sind gefährdeter für Kälteschäden, als Menschen mit kaukasischer Abstammung, dies ist unabhängig vom gegenwärtigen Wohnort (Khatun et al. 2016). Auch gibt es Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Durch die geringere Leistungsfähigkeit im Kältezittern, sind Frauen anfälliger für Hypothermie (Lyoho et al. 2017).

Die meisten Menschen haben eine subjektive Einschätzung ihrer Hitze- und Kältetoleranz. Diese korreliert in der Regel mit der physiologischen Anpassung und Gewöhnung des Körpers (Park und Lee 2016).

### 2.1.1. 1. Phase – Sofort- oder Kälteschockreaktion

*Todesursache zwischen 3 – 5 Minuten nach Eintauchen in kaltes Wasser, ausgelöst durch die schnelle Abkühlung der Haut (RTO/NATO 2008).*

Durch das Eintauchen in kaltes Wasser entsteht über die Haut ein Kältereiz. Der Kältereiz ist einer der stärksten Reize, die im Körper auftreten können (Golden und Tipton 2002). Er bewirkt unmittelbar nach dem Eintauchen eine Reaktion des Körpers. Die Stärke des Reizes und das schnelle Ansprechen hat physiologische Ursachen. Es befinden sich drei Mal mehr Kälte- als Wärmerezeptoren in der Haut, die zudem mit ca. 0,18 – 0,22 mm sehr dicht unter der Oberfläche liegen (Datta 2006).

Die Kälteschockreaktion ist nach 30 Sekunden am stärksten ausgeprägt und klingt nach drei bis fünf Minuten langsam ab (Golden und Tipton 2002). Neuere Untersuchungen gehen von einem Abklingen zwischen zwei und drei Minuten aus<sup>1</sup> (Bierens et al. 2016). Sie kann ab einer Wassertemperatur von 25 °C festgestellt werden und hat die größte Ausprägung zwischen 10 °C und 15 °C. Bei geringeren Wassertemperaturen bleibt die Ausprägung der Kälteschockreaktion auf dem gleichen Niveau (Golden und Tipton 2002; Tipton et al. 2017; Bierens et al. 2016).

Eine Reduktion der Hauttemperatur von 0,42 °C – 0,56 °C pro Sekunde innerhalb der ersten 20 Sekunden des Eintauchens bewirkt die maximale die Atmung betreffende Kälteschockreaktion (Tipton et al. 2017).

Infolge des Kältereizes wird der sympathische Anteil des vegetativen Nervensystems stimuliert. Von Bedeutung sind hierbei die Auswirkungen auf die Atmung und das Herz-Kreislaufsystem (siehe Abb. 2).

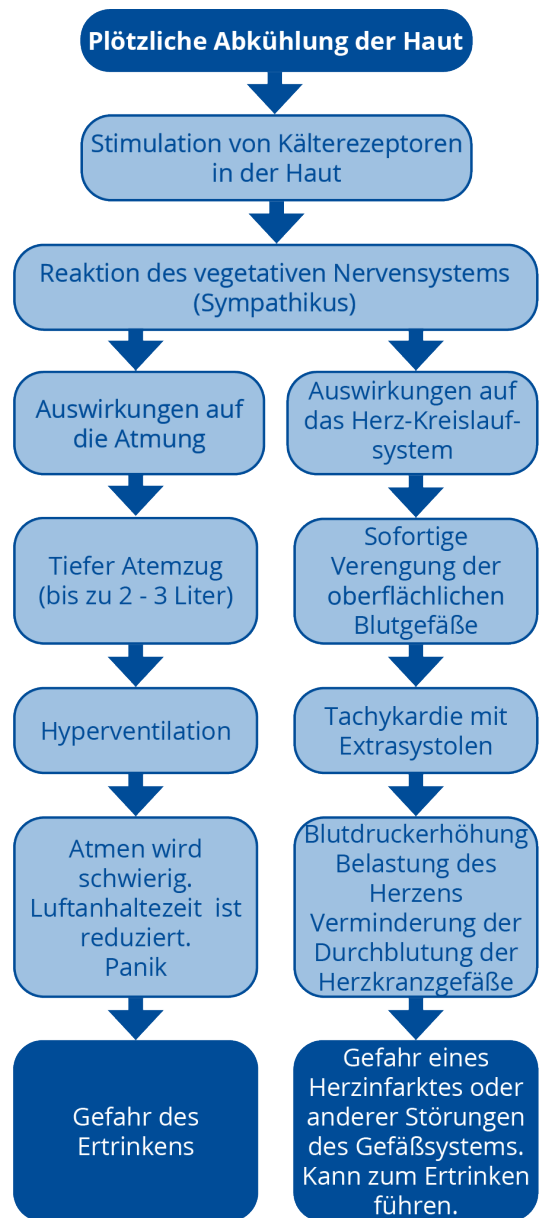


Abb. 2: Auswirkungen des Kältereizes auf den Körper  
nach (Golden & Tipton, 2002)  
Quelle: Eigene Abbildung

Initial kommt es zu einem sehr tiefen Atemzug, der ein Volumen von 2 – 3 Liter umfassen kann, gefolgt von einer Hyperventilation (Golden und Tipton 2002). Dieser Reiz ist umso ausgeprägter, je niedriger die Wassertemperatur ist und je empfindlicher die einzelne Person auf Kälte reagiert (Datta 2006). Die individuellen Unterschiede sind hierbei sehr groß. Dabei bewirkt ein hoher Fettanteil keinen Schutz

<sup>1</sup> Andere Quellen geben an, dass die erste Phase drei Minuten dauert (Tipton et al. 2017). Da die Ausprägung und Dauer der Reaktion individuellen Einflüssen unterliegen und stark variieren, wird die Dauer in dieser Arbeit weiterhin mit 3 – 5 Minuten angegeben.



vor der Kälteschockreaktion, da die Kälterezeptoren eines Menschen über dessen Fettschichten liegen (Datta 2006). Es wurde festgestellt, dass bei Eintauchen in Wasser das Tidalvolumen am größten bei einer Wassertemperatur von 10 °C – 15 °C ist (Tipton 1992; Tipton et al. 1991). Besonders kältesensible Personen reagieren allerdings schon ab einer Wassertemperatur von 23 °C mit einer verstärkten Atmung (Keatinge und Nadel 1965).

Nach dem tiefen Atemzug folgt eine Hyperventilation die bis zu 400% über der Atemfrequenz in Ruhe liegen kann. Die Durchblutungsgeschwindigkeit des Gehirns nimmt hierbei ab (Button et al. 2015).

Bei einem unfreiwilligen Sturz in kaltes Wasser besteht somit die Gefahr, Wasser in die Luftwege (Aspiration) zu bekommen. Die Gefahr der Aspiration ist erhöht, wenn das Gesicht nach dem Auftreffen auf der Wasseroberfläche mit eintaucht, wenn viel Wasser in der Luft ist (z.B. durch Gischt) oder das Gesicht und damit die Atemöffnungen durch Seegang häufig überspült werden (siehe Kap. 5.7.2). Das Verschlucken von Wasser löst einen Hustenreflex aus (Bierens et al. 2016). Dadurch wird die Möglichkeit der Atemkontrolle weiter erschwert.

Auch zu berücksichtigen, ist die stark eingeschränkte Fähigkeit die Luft anzuhalten (Konstantinidou und Soultanakis 2016). Durch die Kälteschockreaktion wird die maximal mögliche Zeit zum Luftanhalten drastisch reduziert. Bei einer Wassertemperatur von 0 °C – 15 °C auf 25 % – 30 % und auch bei einer thermoneutralen Wassertemperatur auf 30 % – 60 % , jeweils bezogen auf Luftanhaltezeit der Probanden außerhalb des Wassers (Datta 2006). Ein Versuch von Tipton und Vincent aus dem Jahr 1988 mit 18 normalbekleideten (Baumwolloverall mit Unterbekleidung) gesunden, männlichen Probanden im Alter von 18 – 37 Jahren ergab folgende Werte zur Luftanhaltezeit: In thermoneutraler Luft 45,0 s (24,6 s – 88,4 s)<sup>2</sup> und nach Untertauchen in Wasser mit einer Temperatur von 5 °C eine Luftanhaltezeit von 9,5 s (0,2 s – 22,1 s)<sup>3</sup> (Tipton und Vincent 1989; Tipton 1989). Wenn jemand die Luft lange über Wasser anhalten kann, bedeutet es nicht, dass er auch unter Wasser die Luft länger anhalten kann. In kaltem Wasser stellte sich heraus, dass die Personen mit den längsten Luftanhaltezeiten über Wasser, die stärkste

---

<sup>2</sup> Mittelwert, die Werte in den Klammern geben den Bereich an.

<sup>3</sup> Sehr anschaulich ist ein Video eines Versuchs von Tipton mit dem Olympiasieger Duncan Goodhew (100m Brustschwimmen, 1980). Dieser konnte nach dem Eintauchen in 10 °C kaltes Wasser die Luft nur noch für 10,8 Sekunden anhalten. Zu sehen unter: [http://www.youtube.com/watch?v=\\_96YEPAdA2Y](http://www.youtube.com/watch?v=_96YEPAdA2Y)

Verminderung der Luftanhaltezeit unter Wasser hatten (Taber et al. 2015). Auch der Konsum von Alkohol kann die Luftanhaltezeit reduzieren (Bierens et al. 2016).

Bei Helikopterabstürzen auf dem Wasser, oder beim Kentern von Booten, besteht hierdurch die Gefahr, dass die Luft nicht lange genug angehalten werden kann, um einen untergetauchten Helikopter sicher zu verlassen<sup>4</sup>.

Die Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem bewirken initial eine sofortige Verengung der oberflächlichen Blutgefäße, sowie einen Anstieg der Herzfrequenz und einen krisenhaften Anstieg des Blutdrucks. Daraus resultiert eine erhöhte Belastung des Herzens und ein reduzierter Blutfluss in den Herzkranzgefäßen. Diese Auswirkungen sind Risikofaktoren für tachykarde Herzrhythmusstörungen, Herzinfarkte und Schlaganfälle. Die Stärke der Kälteschockreaktion kann jedoch auch durch verschiedene Maßnahmen reduziert werden. Dies wird in Kap. 2.2 näher erläutert.

Ein wesentlicher Faktor mit großem Einfluss auf das Ausmaß der Kälteschockreaktion ist die Angst. Starke Angst kann eine vorhergehende Kältegewöhnung reduzieren oder verzögern. Die Möglichkeit aktiv die Atmung unter Kontrolle zu bekommen ist bei starker Angst vermindert. Die Angst vor dem Ertrinken kann dazu führen, dass die Person im Wasser nicht mehr in der Lage ist zu schwimmen (Bierens et al. 2016).

Ein geringes Angstlevel lässt die Atemkontrolle zu und verbessert die Luftanhaltezeit um bis zu 80 % (Barwood et al. 2018).

---

<sup>4</sup> Dies ist auch das wesentliche Argument für ein STAS (short term air supply) – System. Die Ausrüstung für einen Helikoptereinsatz wird in dieser Arbeit jedoch nicht betrachtet.

### 2.1.1.1. Autonomer Konflikt

Mit dem „Autonomen Konflikt“ wurde eine weitere Möglichkeit identifiziert, den Tod nach Untertauchen in kaltem Wasser (<15 °C) zu erklären (Shattock und Tipton 2012).

Ursächlich für dieses Phänomen sind zwei gegensätzliche Reize: Die Kälteschockreaktion und der Tauchreflex. Der Tauchreflex wird ausgelöst, wenn kaltes Wasser das Gesicht benetzt, oder wenn der Atem angehalten wird. Der Effekt wird stärker, wenn Eintauchen und Luftanhalten gleichzeitig stattfinden. Ebenfalls wird der Effekt stärker je kälter das Wasser und je größer der Unterschied zwischen Wasser und Lufttemperatur ist (Bierens et al. 2016).

Die Aufgabe des Tauchreflexes ist Sauerstoff zu sparen und die Luftanhaltezeit zu verlängern. Dies wird hauptsächlich durch eine Verlangsamung des Herzschlags (Bradykardie) erreicht. Der Tauchreflex ist bei allen Babys bis zum sechsten Monat vorhanden. Danach reduziert sich das Vorhandensein auf 90 % im zwölften Monat und kann zu 66 % bei erwachsenen Menschen stimuliert werden. Die Ausprägung variiert jedoch stark von Person zu Person (Bierens et al. 2016).

Besonders nach körperlicher Anstrengung reagiert der Körper nach dem Luftanhalten mit einer Bradykardie und stark erhöhtem Blutdruck (Konstantinidou und Soultanakis 2016).

Auf der Ebene des vegetativen Nervensystems wird durch die Kälteschockreaktion der Sympathikus und durch den Tauchreflex der Parasympathikus aktiviert. Die gleichzeitige starke Aktivierung bewirkt den „Autonomen Konflikt“. Die

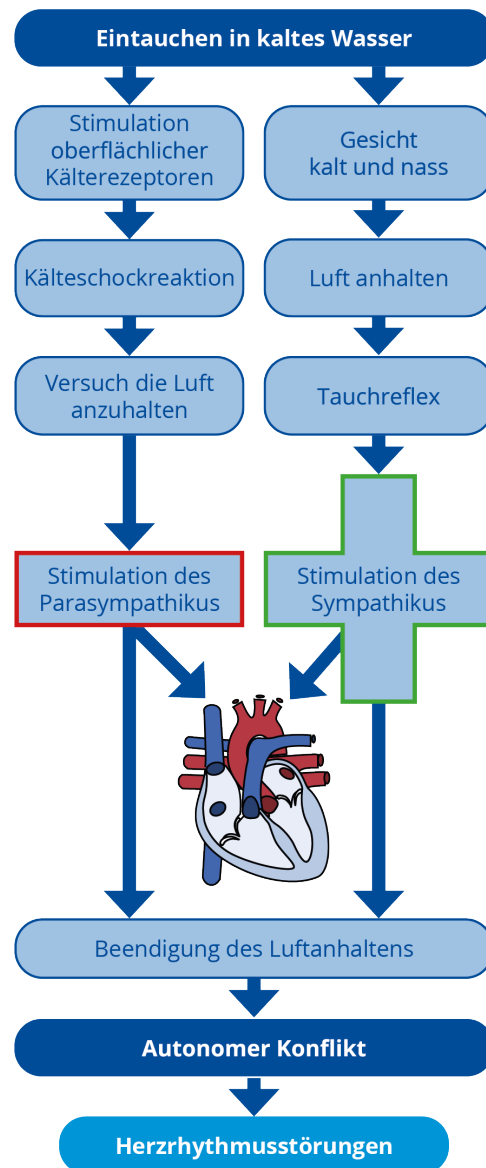


Abb. 3: Entstehung des „Autonomen Konflikts“ nach (Shattock & Tipton, 2012)  
Quelle: Eigene Abbildung mit veränderter Herzabbildung von Wnauta (CC BY-SA 3.0)

Auswirkungen des „Autonomen Konfliktes“ sind Herzrhythmusstörungen, die, direkt oder indirekt, zum Tode führen können. Diese treten vorzugsweise innerhalb von zehn Sekunden nachdem das Luftanhalten beendet wird auf. Dies bewirkt eine zusätzliche Stimulation des Parasympathikus (siehe Abb. 3) (Shattock und Tipton 2012; Bierens et al. 2016). Vorerkrankungen wie das Long-QT-Syndrom (auch durch Medikamente / Drogen hervorgerufen), ischämische Herzerkrankungen oder kardiale Hypertrophie können direkt tödliche Herzrhythmusstörungen hervorrufen. Die nicht direkt tödlichen Herzrhythmusstörungen können die Personen jedoch evtl. soweit handlungsunfähig machen, dass die Person ertrinkt (Tipton et al. 2017).

In einem Versuch mit zwölf gesunden männlichen Probanden, die beim Luftanhalten außerhalb des Wassers keine Herzrhythmusstörungen hatten, wurden beim Luftanhalten im Wasser bei elf der zwölf Probanden, in 29 von 36 Durchgängen, Herzrhythmusstörungen festgestellt (Tipton et al. 1994). In anderen Versuchen konnte dies reproduziert werden (Datta 2006). Auch beim Helicopter Underwater Escape Training (HUET) bei einer Wassertemperatur von 29,5 °C mit jungen gesunden Probanden wurden in 25% der Messungen Herzrhythmusstörungen festgestellt (Tipton et al. 2010).

Der Fallbericht über einen 32-jährigen fitten und gesunden Mann verdeutlicht die Auswirkungen des „autonomen Konflikts“. Obwohl er nach dem HUET keine Beschwerden hatte wurde im EKG Vorhofflimmern festgestellt, dass medikamentös behandelt erfolgreich behandelt wurde. Fünf Jahre später nach einem weiteren HUET, bekam er erneut Vorhofflimmern. Er wurde erfolgreich kardiovertiert<sup>5</sup> (Kaur et al. 2016).

Der „Autonome Konflikt“ kann eine Erklärung für den Tod in den ersten Minuten sein, der früher häufig der Unterkühlung zugeschrieben wurde. Physikalisch ist es allerdings auch bei sehr kaltem Wasser nicht möglich, innerhalb der ersten Minuten zu unterkühlen. Bei der rechtsmedizinischen Obduktion kann der „Autonome Konflikt“ nicht festgestellt werden, da Herzrhythmusstörungen keine strukturellen Veränderungen am Herzen bewirken. Der Rechtsmediziner kann in der Regel nur das Resultat „Tod durch Ertrinken“ feststellen, aber nichts zur Ursache aussagen (Buschmann 2014).

---

<sup>5</sup> Abgeben eines Elektroschocks mit dem Defibrillator

Mögliche Schutzmaßnahmen werden in Kapitel 2.2 erläutert.

### 2.1.2. 2. Phase – Schwimmversagen

*Todesursache zwischen 5 - 30 Minuten nach Eintauchen in kaltes Wasser, ausgelöst durch die schnelle Abkühlung von Muskeln und Nerven (RTO/NATO 2008).*

Schwimmprobleme in den ersten Minuten nach dem Eintauchen sind auf die Kälteschockreaktion mit Hyperventilation zurückzuführen und somit ein respiratorisches Problem und kein mechanisches Versagen.

Das Schwimmversagen zeichnet sich dadurch aus, dass die motorischen Fähigkeiten durch die Auskühlung von Muskeln und Nerven eingeschränkt werden. Die Schwimmzüge werden kürzer, schneller und die Koordination lässt nach. Dadurch nehmen Effektivität und Geschwindigkeit ab. Die Schwimmlage verändert sich von einer horizontalen in eine aufrechte Position, einhergehend mit mehr Wasserwiderstand und Auftriebsverlust. Insbesondere die Arme kühlen schnell aus (Tipton et al. 1999).

Die maximale dynamische Kraft, Leistungsfähigkeit, Spring- und Sprintfähigkeit sind abhängig von der Muskeltemperatur. Diese Leistungsfähigkeiten nehmen pro 1 °C Reduktion der Muskeltemperatur, bis zu einer Muskeltemperatur von ungefähr 30 °C, um 4 % – 6 % ab (Tipton et al. 2017).

Bei einer Temperatur der Nervenbahnen von ungefähr 20 °C ist die Reizleitung verlangsamt und die Amplitude der Aktionspotentiale reduziert. Bei Temperaturen zwischen 5 und 15 °C kann die Reizleitung blockiert sein (Tipton et al. 2017).

Dabei macht es keinen Unterschied wie gut man schwimmen kann. Die durchschnittliche Distanz im kalten Wasser ist um 33 % reduziert, im Vergleich zur Distanz in warmen Wasser (Button et al. 2015). Eine Studie hat die Schwimmleistung in 12 °C kaltem Wasser, zwischen Schwimmen in Bekleidung und mit Badesachen, verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die Schwimmleistung in Badesachen besser war. Im Durchschnitt schwammen die Probanden 1264 m in 52 Minuten (entspricht  $24,3 \frac{m}{min}$ ). In Bekleidung war die Anstrengung durch den Wasserwiderstand so hoch, dass die Probanden erschöpft waren bevor sie Unterkühlten und nur noch durchschnittlich 815 m in 39 Minuten (entspricht  $20,9 \frac{m}{min}$ ) erreicht wurden (Bowes et al. 2016).

Ein weiteres Problem ist der Verlust der Feinmotorik und der Greifkraft. Eine Person kann deshalb nicht mehr in der Lage sein, eine Leiter zu ersteigen oder einen Reißverschluss zu schließen. So reduzierte sich die Greifkraft in einem Versuch mit 18 °C Wassertemperatur um 11% und bei 10 °C Wassertemperatur um 26% (Tipton et al. 1999).

Mögliche Schutzmaßnahmen werden in Kapitel 2.2 erläutert.

### 2.1.3. 3. Phase – Unterkühlung

*Todesursache ab ca. 30 Minuten nach Eintauchen in kaltes Wasser (RTO/NATO 2008).*

Die optimale Körperkerntemperatur liegt zwischen 36,5 °C und 37,5 °C. Als Unterkühlung wird eine Körperkerntemperatur von unter 35 °C definiert (Kempainen und Brunette 2004). Sie wird in mehrere Stadien unterteilt (siehe Tab. 2). Ab einer Körperkerntemperatur von 32 °C besteht die Gefahr der Bewusstseinsbeeinträchtigung mit der daraus resultierenden Möglichkeit zu ertrinken. Fällt die Körperkerntemperatur unter 28 °C besteht die Gefahr des Kammerflimmerns (Muth 2011).

Tab. 2: Stadien der Hypothermie nach (Muth, 2011)

Stadium	Körperkerntemperatur	Atmung	Kreislauf
Mild	35 – 32° C	Tachypnoe	Vasokonstriktion Tachykardie Hypertonie
Moderat	32 – 28° C	Bradypnoe	Bradykardie Hypotonie Arrhythmien
Schwer	<28° C	Bradypnoe <24 °C Apnoe	<28° C Kammerflimmern <20° C Asystolie

Wenn keine Auftriebsmittel getragen werden ist die größte Gefahr die Bewusstseinsbeeinträchtigung, da diese zum Ertrinken führt (Tipton et al. 2017; Bierens et al. 2016).

Bei eiskalten<sup>6</sup> Wassertemperaturen tritt die Wahrscheinlichkeit der Unterkühlung, bei Erwachsenen gesunden Menschen, nicht vor 30 Minuten auf. Es gibt von Person zu Person große Unterschiede zwischen den Anzeichen und Symptomen der Unterkühlung und der tatsächlichen Körperkerntemperatur (Tipton et al. 2017).

<sup>6</sup> Die Quelle bezeichnet die Wassertemperatur als „ice-cold“ und gibt keinen konkreten Wert an.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die bisher niedrigste Körperkern-temperatur, die von einem Erwachsenen ohne neurologischen Schaden überlebt wurde bei 13,7 °C lag (Gilbert et al. 2000).

Fällt ein gesunder und bekleideter erwachsener Mensch in Wasser mit einer Temperatur von 5 °C, ist erst ab einer Verweildauer von 30 Minuten mit dem Tod durch Unterkühlung zu rechnen. Dies ist bedingt durch die verschiedenen Wärmeleitfähigkeiten der menschlichen Gewebe. Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass es Faktoren gibt, die die Auskühlung des menschlichen Körpers beschleunigen können (z.B. Alkohol, Schwimmbewegungen, Aspiration, Seekrankheit, etc.) (Kempainen und Brunette 2004; Golden und Tipton 2002).

Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen haben Frank Golden und Michael Tipton eine Entscheidungshilfe für Einsatzleiter entwickelt, wie lange eine Suche nach Ertrunkenen oder nach vermissten Personen mindestens durchgeführt werden soll. Es geht hierbei um die Frage, bis zu welcher Verweildauer des Verunfallten unter Wasser eine Reanimation noch Erfolg versprechend sein kann oder ab wann es um die Suche nach einem Leichnam geht.

Die Zeitmessung beginnt hierbei bei Eintreffen der Einsatzkräfte am Einsatzort. Es wurde ermittelt, dass eine erfolgreiche Wiederbelebung bei einer Wassertemperatur über 6 °C bereits nach 30 Minuten unter Wasser unwahrscheinlich wird. Liegt die Wassertemperatur unter 6 °C, hat dies physiologische Auswirkungen auf den Stoffwechsel und die Zeit verlängert sich auf 90 Minuten (siehe Abb. 4)<sup>7</sup> (Tipton 2011).

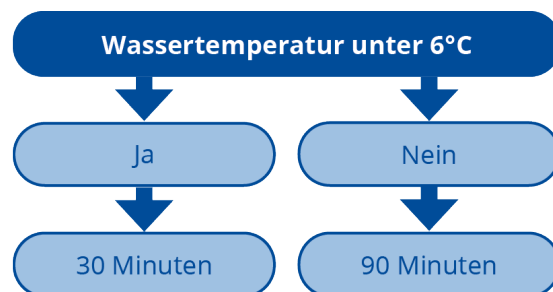


Abb. 4: Zeit ab der eine erfolgreiche Wiederbelebung unwahrscheinlich wird.  
Nach (Tipton, 2011) Quelle: Eigene Abbildung

Die Faktoren, die eine erfolgreiche Wiederbelebung beeinflussen sind vielfältig und diese Zeiten können auch variieren. Grundsätzlich gilt, dass eine begonnene Wiederbelebung vor Ort nicht vorschnell abgebrochen, sondern, bis zur Übergabe in

<sup>7</sup> Neuere Studien gehen von geringeren Zeiten aus und konnten die Relevanz der Wassertemperatur nicht bestätigen (siehe Kap. 8).

einer Klinik oder bis eine ärztliche Expertise den Einsatzkräften die Entscheidung abnimmt, fortgesetzt werden sollte.

Bei der Suche einer Person von der angenommen wird, dass die Atemwege nicht unter Wasser sind, wird als Anhaltswert die drei- bis zehnfache 50%-Überlebenszeit angegeben. Für eine Wassertemperatur von 5 °C würde die Suchzeit also zwischen drei und 30 Stunden liegen. Die 50%-Überlebenszeit ist die Zeit, in der es wahrscheinlich ist, dass 50% der im Wasser treibenden Personen noch am Leben sind. Für normalbekleidete Personen ergeben sich die in Tabelle 3 angegebenen Zeiten.

Tab. 3: 50%-Überlebenszeiten, abhängig von der Wassertemperatur nach (Golden & Tipton, 2002)

Wassertemperatur	50%-Überlebenszeit
5° C	1 Stunde
10° C	2 Stunden
15° C	6 Stunden
20° C	Über 24 Stunden

Mögliche Schutzmaßnahmen werden in Kapitel 2.2 erläutert.

#### 2.1.4.4. Phase – Rettungsphase

*Todesursache kurz vor, während oder nach der Rettung, ausgelöst durch einen Kollaps des Blutdruckes, wenn die Person aus dem Wasser gezogen wird (RTO/NATO 2008).*

Stirbt ein Verunfallter in dieser Phase wird im Allgemeinen vom „Bergungstod“ gesprochen. Handelt es sich bei den Geretteten um Personen, die noch ansprechbar waren oder die bei der Rettung noch mithelfen konnten, dann waren diese in jedem Fall nicht tief unterkühlt und ursächlich handelt es sich hierbei um einen Herz-Kreislaufzusammenbruch (Golden und Hervey 1981). Aufgrund dessen sollte besser von einem „Rettungskollaps“ gesprochen werden (Golden und Tipton 2002). Inwieweit bei Bewusstlosen und tief hypothermen Personen einer weiterer Abfall der rektal gemessenen Körperkerntemperatur bei der Wiedererwärmung („Afterdrop“) eine Rolle spielt, wird unter medizinischen Experten kontrovers diskutiert (Giesbrecht und Hayward 2006).

Feststellen lässt sich, dass die Art und Weise der Rettung entscheidend für das Überleben einer Person im Wasser ist. Golden und Hervey berichten von einem Gespräch mit Kohfahl<sup>8</sup> aus dem Jahr 1980, über die Beobachtung bei der

---

<sup>8</sup> Als Quelle gibt Tipton „Koffal M. Personal communication, 1980“ an, nach Rücksprache ergab sich, dass es sich um Dr. med. Meinhard Kohfahl aus Cuxhaven handelt.



„Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger“ (DGzRS), dass die Überlebenschancen einer Person steigen, wenn man eine Leiter unter die Person schiebt und diese damit weitgehend waagrecht aus dem Wasser zieht (Golden et al. 1991). Die Empfehlung der waagerechten Rettung hat auch heute noch Bestand und ist bisher die einzige Möglichkeit, die Risiken in der Rettungsphase zu vermindern (Golden und Tipton 2002).

Das Phänomen des Rettungskollapses tritt auch in der Bergrettung beim Transport schwer unterkühlter Patienten auf. Hier gibt eine Studie die vorsichtige Empfehlung, solange Lebenszeichen oder ein zentraler Puls vorhanden sind, sämtliche invasiven Maßnahmen zu unterlassen, um das Risiko des Rettungskollapses zu vermeiden. Der Transport in die nächste Klinik mit der Möglichkeit zur Wiedererwärmung sollt möglichst schonend und unter kontinuierlichen Monitoring erfolgen (Debaty et al. 2015).

Als mögliche Todesursache in der Rettungsphase wird wie eingangs kurz erwähnt ein Kollaps des arteriellen Blutdruckes angenommen, wodurch das Herz und das Gehirn nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Folgende Faktoren sind ursächlich für diesen Kollaps (Golden et al. 1991):

- Verlust des hydrostatischen Druckes als Unterstützung des venösen Rückflusses des Blutes zum Herzen
- Wiederauftreten des Einflusses der Schwerkraft (Verlust des Auftriebes)
- Hypovolämie
- Bestehende Eindickung des Blutes
- Vermindertes Arbeitsvermögen des unterkühlten Herzens
- Gedämpfte Reflexe der Druckrezeptoren
- Keine Möglichkeit, die Skelettmuskulatur bedarfsentsprechend zu versorgen
- Psychologischer Stress
- Vorerkrankungen des Herzens

Mögliche Schutzmaßnahmen werden in Kapitel 2.2 erläutert.

## 2.2. Mögliche Schutzmaßnahmen für die Einsatzkräfte

Das Arbeitsschutzgesetz gibt in §4 die Reihenfolge vor, in der mögliche Schutzmaßnahmen zu treffen sind:

- 1 Gefahren an der Quelle bekämpfen
- 2 Technische Maßnahmen
- 3 Organisatorische Maßnahmen
- 4 Personenbezogene Maßnahmen

Zu 1: Die Gefahr des kalten Wassers ist an der Quelle nicht zu bekämpfen.

Zu 2: Als technische Maßnahme kann die Absturzsicherung gewertet werden. Für Löschboote kann dies durch die entsprechende Höhe der Relling gewährleistet werden, bei Kleinbooten ist dies z.B. durch Life-Belts zu erreichen und an Land durch Sicherungsleinen.

Zu 3: Zu den organisatorischen Maßnahmen gehört die Aus- und Fortbildung der Einsatzkräfte. Auch gehört eine tagesaktuelle Bewertung der Einsatzbedingungen seitens der Einsatzleitung dazu (z.B. Wassertemperatur und Lufttemperatur) und einer Abschätzung der maximal möglichen Einsatzzeit für die Einsatzkräfte und damit verbunden das Durchtauschen von Einsatzkräften.

Zu 4: Die Einsatzkraft muss eine den Einsatzbedingungen entsprechende persönliche Schutzausrüstung tragen (siehe Kapitel 5).

Trägt eine Einsatzkraft keine wasserdichte Schutzbekleidung und fällt in kaltes Wasser, sollte sie sich zunächst ruhig verhalten und warten, bis sich die Atmung auf ein kontrollierbares Niveau abgesenkt hat. Dies dauert in der Regel ein bis zwei Minuten. Erst danach darf versucht werden zu schwimmen. Dies gilt auch, wenn nur eine sehr kurze Distanz geschwommen werden muss (Golden und Tipton 2002).

Direkt nach dem Sturz ins kalte Wasser, kann Wassertreten helfen die Atemwege über Wasser zu halten und die Durchblutungsgeschwindigkeit des Gehirns zu erhöhen, um somit eine Bewusstlosigkeit zu verhindern. Hierbei ist abzuwägen, wie lange die Zeit bis zur Rettung dauert, da durch die zusätzliche Anstrengung der Wärmeverlust größer ist und durch Atemfrequenz erhöht wird, was zu einem

höheren Aspirationsrisiko führt (Button et al. 2015; Barwood et al. 2016). Durch das Wassertreten werden kardiologischen Aspekte der Kälteschockreaktion nicht verschlechtert (Barwood et al. 2016).

Geeignete Schutzkleidung kann die schnelle Abkühlung der Haut durch das kalte Wasser mildern und somit die Sofort- und Kälteschockreaktion reduzieren/verhindern (Barwood et al. 2018).

Bei einer erfolgreichen Kältegewöhnung und wenn diese aufrechterhalten wird, können physiologischen und wahrnehmungsbeeinflussenden Störungen reduziert werden. Dies zeigt sich durch eine Reduktion von Kälteschäden, schnellerer Wiedererwärmung der Hände und einer erhöhte Kältetoleranz (Jones et al. 2017).

Psychologisches Training mit einer Reduzierung des Angstlevels, kann die maximale Luftanhaltezeit unter der Kälteschockreaktion um bis zu 80 % verbessern. Das Angstlevel kann reduziert werden, wenn die Situation als schon bekannt wahrgenommen wird und wenn durch das Training Bewältigungsstrategien vermittelt werden (Barwood et al. 2018).

Ist die 1. Phase überstanden ist es tendenziell möglich eine kurze Distanz zu einer sicheren Plattform zu schwimmen. Hierbei ist zwischen Schwimmleistung und Auskühlung zu unterscheiden, da die durchschnittliche Schwimmdistanz in Badesachen (im Prinzip nackt) mit 1264 m größer ist als die durchschnittlichen 815 m in voller Bekleidung (Bowes et al. 2016).

Sollte feststehen, dass es bis zur Rettung länger dauert, sollten nach einem Sturz ins kalte Wasser Schwimmbewegungen möglichst vermieden werden, da diese den Wärmeverlust steigern. Es empfiehlt sich die Embryohaltung einzunehmen (Kohfahl und Kohfahl 2014). Bei Seegang und Gischt verhindert ein an der Rettungsweinste angebrachtes Spraycap, dass Wasser eingeatmet wird (siehe Kap. 5.7.2). Sollte dies nicht vorhanden sein hilft es, den Wellen und der Gischt den Rücken zuzuwenden (Kohfahl 2013).

Es besteht die Möglichkeit einer Kältegewöhnung, mit der die Stärke der Kälteschockreaktion vermindert werden kann. Eintauchen in Wasser mit einer Temperatur von 15 °C über 40 Minuten an sieben Tagen hintereinander kann die Auswirkungen auf die Atmung am fünften Tag auf 50 % des Ursprungswertes reduzieren. Nach dem siebten Tag beträgt die Auswirkung auf die Atmung nur noch ein Drittel des Ursprungswertes (Golden und Tipton 2002).

Eine Reduzierung der Kälteschockreaktion um 50 % kann ebenfalls durch vier- bis fünfmaliges Eintauchen für zwei Minuten in kaltes Wasser erreicht werden. Der Effekt der Kältegewöhnung besteht ca. sieben Monate und bleibt zu Teilen für über ein Jahr erhalten (Golden und Tipton 2002; Barwood et al. 2018).

Kurzes kaltes Duschen (sechs Mal innerhalb von vier Tagen) bei einer Wassertemperatur von 10 °C bewirkt ebenfalls eine Kältegewöhnung, diese ist jedoch geringer ausgeprägt (Eglin und Tipton 2005).

Wie gut die Kältegewöhnung sein kann wurde beim „Ice Mile“ – Schwimmen festgestellt. Bei dieser Disziplin werden 1608 m bei einer Wassertemperatur unter 5 °C geschwommen. Eine Person hat diese „Ice Mile“ drei Mal innerhalb von 15 Stunden geschwommen. Durch seine Kältegewöhnung war der 57-jährige Schwimmer in der Lage 42 Min in Wasser mit einer Temperatur von 4,8 °C zu schwimmen, wobei die Körperkerntemperatur nur von 37,9 °C auf 36,6 °C<sup>9</sup> abgesackt ist (2. „Ice Mile“) (Stjepanovic et al. 2017).

Die zweite Phase, das Schwimmversagen, führt indirekt durch das Ertrinken zum Tod. Daher reicht eine Rettungsweste oder ein entsprechendes Auftriebsmittel, um diese Phase zu überstehen.

Gegen die Unterkühlung (dritte Phase), hilft Kälteschutzkleidung mit der entsprechenden Isolation.

Zum jetzigen Sachstand sind keine geeigneten Eigenmaßnahmen bekannt, um sich vor dem Rettungskollaps (vierte Phase) schützen zu können. Sollte herannahenden Rettungskräften gewunken werden, muss damit gerechnet werden, dass in der Kleidung verbliebende Luftblasen entweichen können. Sollte keine Rettungswesten getragen werden, besteht hierdurch die Gefahr des Auftriebsverlustes.

---

<sup>9</sup> Es wurde festgestellt, dass die Temperaturmessung am Trommelfell zu falschen Werten führt. Die Werte entsprechen eher der Hauttemperatur und waren deutlich niedriger als die Körperkerntemperatur (Stjepanovic et al. 2017).

### 3. Methodisches Vorgehen

Basierend auf den wissenschaftlichen Grundlagen wird die Mustergefährdungsbeurteilung der DGUV Information 205-014 aus dem Jahr 2016 neu bewertet. Für die Schutzbekleidung werden die Anforderungen aus Gesetzen, Verordnungen, Regelwerke, Normen, etc. zusammengetragen. Diese werden in Hinblick auf die wissenschaftlichen Grundlagen bewertet und gegebenenfalls um diese ergänzt.

#### 3.1. Literaturrecherche

Für die Recherche wurden die Datenbanken von ScienceDirect, PubMed, Medline, Springer, Google Scholar und ResearchGate genutzt. Es wurden folgende Suchbegriffe verwendet: cold water protection, immersion, rescue, submersion, dry suit, autonomic conflict. Die einzelnen Suchbegriffe wurden jeweils untereinander kombiniert z.B. „cold water“ AND immersion. Als weitere Quellen wurden Fachbücher und Fachzeitschriften genutzt.

#### 3.2. Methode der Gefährdungsbeurteilung

Das Einsatzspektrum der Feuerwehr ist sehr vielfältig, daher wurde zunächst der Betrachtungsbereich festgelegt.

Mit Hilfe der wissenschaftlichen Grundlagen und durch Gesetze, Verordnungen, Regelwerke, Normen, etc. wurden die Beurteilungskriterien ermittelt. Die entsprechenden Normen wurden über den Hochschulzugang ausgewertet. Da die Problemstellung in der Seeschifffahrt ebenfalls zu finden ist, wurde das entsprechende Kapitel der SOLAS für die Beurteilungskriterien mit herangezogen. Die Gefährdung wurde anhand eines Beispielszenarios mithilfe der Beurteilungskriterien ermittelt.

Um die Plausibilität für das Szenario zu ermitteln wurde beispielhaft für Hamburg ausgewertet, wie häufig die Wassertemperatur der Elbe unter 15 °C liegt.

Die Berechnung der Tage, in denen die Wassertemperatur unter 15 °C liegt (siehe Kapitel 4.3), wurde mit Hilfe einer Tabellenkalkulation durchgeführt. Da für kleinere Zeiträume keine durchgängigen Messdaten zur Verfügung standen, wurden die Messwerte der Jahre 2008 bis 2018 gemittelt. So wurde z.B. für alle Messwerte des 01. Januar der Jahre 2008 bis 2018 der arithmetische Mittelwert gebildet. Nach dieser Methodik wurden für denselben Zeitraum die Lufttemperaturen (Minimum und Maximum) ermittelt und mit den Tagen, in denen die Wassertemperatur unter 15 °C lag, in Bezug gebracht.

## 4. Gefährdungsbeurteilung für Wasserrettungseinsätze

Eine Gefährdungsbeurteilung gehört nach § 5 ArbSchG zu den Pflichten des Arbeitgebers. Um die Arbeitgeber bei dieser Arbeit zu unterstützen, werden für viele Bereiche Handlungsanleitungen und Mustergefährdungsbeurteilungen angeboten. Der Betrachtungsbereich dieser Arbeit findet sich in der DGUV Information 205-014 wieder.

Die zugrundeliegende Gefahrenmatrix der DGUV Information 205-014 birgt das Risiko, dass ein Abweichen der eigenen Situation von der vorgefertigten Situation nicht mehr berücksichtigt wird. Trotz des Hinweises, dass die Gefährdungsbeurteilung an die eigene Situation angepasst werden muss, kann es sein, dass die Inhalte pauschal übernommen werden. Dies könnte zu der Entscheidung einer Feuerwehr geführt haben, dass auf Kleinbooten kein Überlebensanzug zur PSA gehört.

Aus diesem Vorfall wird die Frage abgeleitet, ob die Handlungsempfehlung auf den konkreten Sachverhalt übertragbar ist.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die DGUV Information 205-014 vorgestellt und anschließend wird dargelegt, wie bei der Problemlösung vorgegangen wurde.

### 4.1. DGUV Information 205-014

Die DGUV Information 205-014, mit dem Titel „Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung für Einsätze bei der Feuerwehr“ und dem Untertitel „Basierend auf einer Gefährdungsbeurteilung“, aus dem Jahr 2016 stellt eine Empfehlung zur Auswahl von Feuerwehrschutzausrüstung dar.

Sie berücksichtigt die folgenden Vorschriften:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- 8. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (8. ProdSV)
- Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1)
- Unfallverhütungsvorschrift „Feuerwehren“ (DGUV Vorschrift 49)

Sie beinhaltet eine Gefahrenmatrix, die anhand von fünf repräsentativen Szenarien erstellt wurde. Für den Bereich der Wasserrettung wurde das folgende Szenario gewählt: „z.B. *Rettung einer im Wasser treibenden Person mit Arbeiten im, am und auf dem Wasser*“ (DGUV Information 205-014, S. 9).

Ergänzend wird noch darauf hingewiesen, dass auch relevante Aspekte zwischen dem Ausrücken von der Wache und die Rückkehr betrachtet werden müssen. Ein weiterer Hinweis ist, dass bei der Liste der Gefährdungen kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird und diese auch nicht auf jede Feuerwehreinheit übertragbar ist. Daraus resultiert die Forderung, dass die Gefährdungsmerkmale auf die lokalen Bedingungen angepasst werden müssen. Diese Anpassung kann eine Erhöhung, oder Reduktion des Schutzniveaus bewirken (DGUV Information 205-014).

Die Gefahrenmatrix setzt eine Gefährdungsbeurteilung voraus und stellt eine fertige Bewertung als Basis zur Verfügung. Diese Basis berücksichtigt nicht, dass die Wahl der PSA selbst Einfluss auf die einzelnen Gefährdungen hat.

Für die entsprechenden Gefährdungen sind in jeder Kategorie die drei verschiedenen Schutzausrüstungen (PSA 31, 32 und 33) vorgesehen. PSA 31 beschreibt die Feuerwehrbekleidung mit Rettungsweste, PSA 32 den Überlebensanzug und PSA 33 die Tauchausrüstung. Die Wathose fällt als PSA 24 unter die technische Hilfeleistung. Die Tauchausrüstung (PSA 33) und die Wathose (PSA 24) fallen nicht in den Betrachtungsbereich dieser Arbeit.

Für die jeweilige PSA werden die Ausrüstungsgegenstände mit einem Verweis auf den entsprechenden Anhang benannt und durch ein exemplarisches Bild dargestellt.

Eine Differenzierung von PSA nach Wassertemperatur, Lufttemperatur und Zeit im Wasser findet nicht statt. Lediglich in Anhang 10c in Kapitel 6 wird in der Empfehlung, unter den Punkten PSA 32: „Wasserrettung“ und PSA 33: „Eisrettung“, ein thermischer Schutz bei Wassertemperaturen unter 5 °C angegeben. Die Differenzierung ist nach Auswertung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Gefährdungsermittlung (siehe Kapitel 4.3) und die Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung jedoch erforderlich.

## 4.2. Festlegung der Betrachtungsbereiche

In diesem Fall erfolgt die Betrachtung des Szenarios „Sturz einer Einsatzkraft ins kalte Wasser (< 15 °C)“ personenbezogen. Eine reine Betrachtung der Arbeitsbereiche oder Tätigkeitsbereiche würde die personellen Leistungsfaktoren nicht genügend berücksichtigen.

Betrachtet man Beispielsweise den Fall der Rettung einer Person aus dem Wasser, so sind viele Szenarien möglich: Die Rettung per Motorboot, Schlauchboot, per Schwimmer, von Land aus, etc. Zusätzlich verändern sich die Variablen wie Wassertemperatur, Lufttemperatur, Sicht, usw. mit den Tageszeiten, Jahreszeiten und dem Wetter an sich. Auch persönliche Faktoren wie Kondition, Kältengewöhnung, psychisches Befinden, Ausbildungsstand, etc. spielen eine Rolle. Diese Faktoren werden jedoch in der Regel nicht erhoben und können nicht quantitativ in die Berechnung des Schadensausmaßes mit einbezogen werden.

### 4.3. Gefährdungsermittlung

Die Gefährdungsermittlung durch reine Fallzahlen der Unfallstatistik gestaltet sich durch die fehlende Differenzierung zwischen den einzelnen Phasen schwierig, da ein Nachweis der genauen Todesursache nach den Phasen durch die Rechtsmedizin nicht möglich ist (siehe Kap. 2.1). Daraus ergibt sich, dass die Ermittlung der Gefährdung anhand des Überschreitens des Grenfrisikos bezüglich der Wassertemperatur durchgeführt wird.

In einer Ausarbeitung für das kanadische Transportministerium wurde das Grenfrisiko bei einer Wassertemperatur von 15 °C angesetzt. Dies resultiert aus der Schwere der Kälteschockreaktion, die sich proportional zur Wassertemperatur verhält (Brooks 2003). Ab einer Wassertemperatur von  $\leq 10$  °C liegt die Schwere der Kälteschockreaktion gleichbleibend auf maximalem Niveau (siehe Abb. 5) (Golden und Tipton 2002).

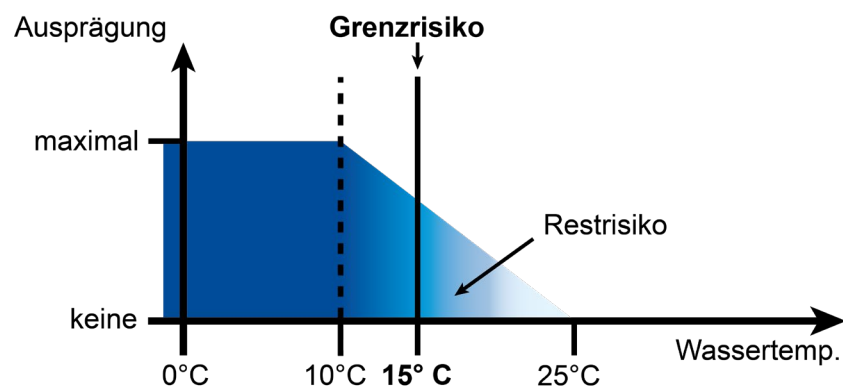


Abb. 5: Ausprägung der Kälteschockreaktion  
Quelle: Eigene Abbildung



Zum Vergleich wurden die Wassertemperaturdaten für Hamburg ausgewertet. Für die Elbe an der Bunthauspitze ergibt sich aus den gemittelten Werten der Wassertemperatur über 11 Jahre (2008 – 2018) eine Wassertemperatur von  $\leq 15\text{ °C}$  an durchschnittlich 61% der Tage im Jahr (siehe Tab. 4). Daraus folgt, dass das Szenario „Sturz einer Einsatzkraft ins kalte Wasser ( $< 15\text{ °C}$ )“ (siehe Kap. 4.5) sehr wahrscheinlich ist (siehe Tab. 5).

Tab. 4: Wassertemperaturen an der Messstelle Bunthauspitze. Anzahl der Tage, an denen unter einem bestimmten Wert liegen, gemittelt über 11 Jahre (2008 – 2018).

Wasser-temp.	Tage	Anteil an einem Jahr
15 ° C	221	61 %
10 ° C	164	45 %
5 ° C	97	27 %

#### 4.4. Beurteilungskriterien für die Gefährdungsbeurteilung

Die im nächsten Kapitel entwickelten Szenarien werden anhand einer Risikomatrix bewertet. Hierbei hat sich das Vorgehen nach Nohl bewährt. Das Risiko (R) ergibt sich hierbei als Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den erwartenden Folgen (F):  $R=W \cdot F$ .

Sollten keine Fallzahlen vorliegen, kann die potenzielle Wahrscheinlichkeit der Gefährdung anhand der Tage ermittelt werden, in denen das Wasser eine Temperatur von unter  $15\text{ °C}$  hat (siehe Kap. 4.3). Die Einteilung erfolgt nach Tabelle 5.

Tab. 5: Einteilung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Gefahren (DGUV Information 205-014)

Wert (W)	Wahrscheinlichkeit	
0	nie	nie
1	ausnahmsweise	$\leq 2 \text{ x / Jahr}$
2	gelegentlich	$\leq 10 \text{ x / Jahr}$
3	sehr wahrscheinlich	$\leq 6 \text{ x / Woche}$
4	immer	täglich

Die zu erwartenden Folgen sind in Phase 1 (Sofort- oder Kälteschockreaktion) von der Wassertemperatur abhängig. Bei den darauffolgenden Phasen muss neben der Wassertemperatur auch die Expositionszeit berücksichtigt werden. Daher muss der Schweregrad in Abhängigkeit von diesen Parametern betrachtet werden. Zu beachten ist hierbei, dass der Schweregrad bei gleicher Wassertemperatur keinen linearen Verlauf über die Zeit darstellt. (siehe Kap. 4.5).

Die Tabelle über die Einteilung der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Gefahren und deren mögliche Folgen wurde aus der DGUV Information 205-014 entnommen (Tab. 5 und 6). Das Risiko kann hierbei einen Wert von 0 - 32 annehmen, wobei die DGUV unterhalb eines Risikowertes von 8 die Mindestausstattung von Einsatzkräften gemäß UVV Feuerwehren als ausreichend betrachtet.

Tab. 6: Einteilung des Schweregrades möglicher Folgen nach DGUV Information 205-014

Wert (F)	Schweregrad	
0	ohne Folgen	-
1	gering	z.B. leichte Verletzungen, Kreislauf leicht belastet
2	mäßig	z.B. schwerere Verletzungen, Kreislaufstörungen
4	hoch	z.B. Lebensbedrohung, Kreislaufinsuffizienz
8	Extremfall	Tod

Daraus folgt, dass ab einem Risikowert von 8 die Mindestausstattung nicht mehr ausreichend ist.

#### 4.5. Gefährdungsbeurteilung beim Sturz in kaltes Wasser

Als Ausgangsszenario für die Gefährdungsbeurteilung wird der unbeabsichtigte Sturz einer normalbekleideten Einsatzkraft<sup>10</sup> in kaltes Wasser (< 15 °C) angenommen (z.B. aus einem langsam fahrenden Boot heraus oder von einem Steg).

Wie in der medizinischen Betrachtung dargestellt (siehe Kapitel 2.1), durchläuft die Einsatzkraft im Wasser vier Phasen. Für jede der Phasen muss eine separate Beurteilung durchgeführt werden.

In der DGUV-Information 205-014 wird in der Gefährdungsmatrix für den Bereich der Einflüsse durch die Umgebung in der Wasserrettung die Eintrittswahrscheinlichkeit meistens mit 1 (ausnahmsweise, ≤ 2 Ereignisse im Jahr) angegeben (siehe Tab. 5, S. 31).

Für die folgenden Berechnungen werden diese Werte ebenfalls verwendet, da sie als Mindestwert anzusehen ist. Die Neubewertung der Gefährdungsmatrix ist in Kapitel 4.6 dargestellt. Hierbei wird auf eine genaue Evaluation durch die entsprechenden Fallzahlen hingewiesen. So kann in Bereichen mit vielen Wasserflächen und / oder hohen Einsatzzahlen die Eintrittswahrscheinlichkeit steigen.

<sup>10</sup> Mindestausstattung gemäß DGUV Information 205-014

### 4.5.1. 1. Phase

Die erste Phase wird durch die Kälteschockreaktion und den autonomen Konflikt charakterisiert (siehe Kap. 2.1.1). Die Kälteschockreaktion ist nach 30 Sekunden am stärksten ausgeprägt und klingt nach drei bis fünf Minuten langsam ab (Golden und Tipton 2002).

#### Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit wird abhängig von den Fallzahlen nach Tabelle 5 (S. 31) eingeteilt. Für dieses Beispiel wird aufgrund fehlender Fallzahlen der Wert 1 als geringster plausibler Wert angenommen.

#### Folgen

Die Folgen sind abhängig von der Wassertemperatur. Anhand der Tatsache, dass nach Abbildung 1 die erste Phase den größten Anteil an den Todesursachen hat und die gefährlichen Auswirkungen bei einer Wassertemperatur unter 15 °C wahrscheinlich werden, werden die Folgen analog zu Tabelle 6 (S. 32) wie folgt bewertet:

Bei einer Wassertemperatur unter 15 °C werden die Folgen mit dem Wert 8 (Extremfall), aufgrund der Kälteschockreaktion und des „Autonomen Konflikts“, bewertet.

Bei einer Wassertemperatur über 15 °C werden die Folgen mit dem Wert 4 (hoch), aufgrund der geringeren Ausprägung der Kälteschockreaktion, bewertet.

Sollte die Einsatzkraft durch einen Kälteschutzanzug / Trockenanzug geschützt sein, werden die Folgen mit dem Wert 1 (gering) bewertet. Diese Bewertung ist unabhängig von der Wassertemperatur, da die Kälteschockreaktion allein durch das Trockenbleiben der Einsatzkraft verhindert wird.

#### Risiko

Das Risiko (R) ist das Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den zu erwartenden Folgen (F):

$$\text{Wassertemperatur unter } 15 \text{ }^{\circ}\text{C:} \quad R = W \cdot F = 1 \cdot 8 = 8$$

$$\text{Wassertemperatur über } 15 \text{ }^{\circ}\text{C:} \quad R = W \cdot F = 1 \cdot 4 = 4$$

Mit Kälteschutz- oder Trockenanzug:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 1 = 1$

Rechnerisch ergibt sich bei der Wassertemperatur unter 15 °C ein Wert von 8. Laut der DGUV Information 205-014 (siehe Kap. 4.4) ist die Mindestausstattung ab einem Wert von 8 nicht mehr ausreichend.

Eine Anpassung der PSA (ohne Kälteschutz- oder Trockenanzug) ist bei Wassertemperaturen unter 15 °C erforderlich.

#### 4.5.2. 2. Phase

Die 2. Phase erstreckt sich über einen Zeitraum von 5 – 30 Minuten und bezieht sich auf das Schwimmversagen (siehe Kap. 2.1.2). Genaue Fallzahlen sind hier nicht vorhanden und die Abschätzung gestaltet sich sehr schwierig, da individuelle Faktoren wie Gewöhnung, Gesundheitszustand etc. die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Folgen stark beeinflussen (DIN EN ISO 15027-1:2012; Golden und Tipton 2002).

##### Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit wird abhängig von den Fallzahlen nach Tabelle 5 (S. 31) eingeteilt. Für dieses Beispiel wird aufgrund fehlender Fallzahlen der Wert 1 als geringster plausibler Wert angenommen.

##### Folgen

Das Schwimmversagen führt nicht in direkter Ursache zum Tod. Der Tod tritt indirekt durch Ertrinken ein. Hier muss die Differenzierung neben der Wassertemperatur auch das Vorhandensein einer Rettungsweste und die Zeit im Wasser bis zur Rettung miteinschließen. Für die folgende Bewertung wird die Zeit im Wasser bis zur Rettung mit 30 Minuten angenommen.

Bei einer Wassertemperatur unter 15 °C (ohne Rettungsweste) werden die Folgen mit dem Wert 8 (Extremfall) bewertet.

Bei einer Wassertemperatur über 15 °C (ohne Rettungsweste) werden die Folgen mit dem Wert 4 (hoch) bewertet.

Durch das Tragen einer Rettungsweste werden die Folgen mit dem Wert 1 (gering) bewertet.

## Risiko

Das Risiko (R) ist das Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den zu erwartenden Folgen (F):

Wassertemperatur unter 15 °C, ohne Rettungsweste:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 8 = 8$

Wassertemperatur über 15 °C, ohne Rettungsweste:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 4 = 4$

Mit Rettungsweste:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 1 = 1$

Rechnerisch ergibt sich ein Höchstwert von 8, wenn die betroffenen Einsatzkräfte ohne Rettungsweste in Wasser unter 15 °C fallen und nicht innerhalb von 30 Minuten gerettet werden können.

Die Mindestausstattung laut DGUV Information 205-014 sieht für den Wasserrettungseinsatz eine Rettungsweste vor und ist somit ausreichend.

### 4.5.3. 3. Phase

Die dritte Phase beginnt ab ca. 30 Minuten und betrifft die Unterkühlung (siehe Kap. 2.1.3). Für die folgende Bewertung wird die Zeit im Wasser bis zur Rettung mit 30 Minuten angenommen.

## Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit wird abhängig von den Fallzahlen nach Tabelle 5 (S. 31) eingeteilt. Für dieses Beispiel wird aufgrund fehlender Fallzahlen der Wert 1 als geringster plausibler Wert angenommen.

## Folgen

Hier muss die Verweildauer im Wasser bzw. die Hilfsfrist, sowie die Wassertemperatur mit in Betracht gezogen werden. Im Anhang 10c wird auf die Leistungsklassen der Kälteschutzanzüge hingewiesen. Diese beziehen sich auf die Verweilzeit im Wasser und die Wassertemperatur. DGUV Information 205-014 bewertet die Folge der Unterkühlung mit einem Kälteschutzanzug der entsprechenden Leistungsklasse mit dem Wert 4.

Sollte kein Kälteschutzanzug getragen werden, müsste bei Überschreiten der 50%-Überlebenszeit nach Tabelle 3 (S. 22) ein Wert von 8 angenommen werden.

## Risiko

Das Risiko (R) ist das Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den zu erwartenden Folgen (F):

Mit entsprechendem Kälteschutzanzug:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 4 = 4$

Wassertemperatur unter 15 °C,  
ohne Kälteschutzanzug:  $R = W \cdot F = 1 \cdot 8 = 8$

Rechnerisch ergibt sich für die Mindestausstattung der DGUV Information 205-014 ein Wert von 4 und ist somit ausreichend.

Sollte kein Kälteschutzanzug getragen werden und die Hilfsfrist so bemessen sein, dass sie über der 50%-Überlebenszeit liegt, ergibt sich aufgrund der Hochstufung in den Folgen ein Wert von 8 für das Risiko.

Zu beachten ist ebenfalls die vorhergehende Einsatzdauer. Bei kalten Lufttemperaturen, starken Winden / Fahrtwind, ist davon auszugehen, dass die Einsatzkraft bereits im Vorwege auskühlt.

### 4.5.4. 4. Phase

Die vierte Phase findet in dieser Gefährdungsbeurteilung keine Betrachtung, da sie die Rettung der betroffenen Person umfasst. Die dazu erforderlichen Hilfsmittel können nicht mehr der persönlichen Schutzausrüstung zugeordnet werden. Die Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Grundlagen und den daraus abgeleiteten Maßnahmen sollten von den Entscheidungsträgern bei der Beschaffung von Rettungsmitteln beachtet werden (siehe Kap. 2.1.4 und 2.2).

### 4.5.5. Warme Umgebung

Die warme Umgebung betrifft nur die PSA 32 und „PSA 34“, da durch die Isolationswirkung mit vermehrten Schwitzen und einer Erhöhung der Körperkerntemperatur zu rechnen ist. Dies kann zu leichten Kreislaufbelastungen und bei höherer Isolation der Bekleidung zu Kreislaufstörungen führen.

## Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit wird abhängig von den Fallzahlen nach Tabelle 5 (S. 31) eingeteilt. Für dieses Beispiel wurden für Hamburg die maximalen Tagestemperaturen mit der Wassertemperatur der Elbe in Bezug gebracht. Die Auswertung des

Zeitraums von 2008 – 2018 (siehe Kap. 3.2) ergibt, dass die Konstellation, Wassertemperatur < 15 °C und Lufttemperatur >18 °C, statistisch an vier Tagen im Jahr (im Mai) auftritt.

Daraus resultiert der Wert 2 (gelegentlich) für die Wahrscheinlichkeit.

### Folgen

Die Folgen sind abhängig von der Isolationswirkung der Bekleidung. Da bei der „PSA 34“ durch das „Zwiebelprinzip“ die Isolationswirkung gesteuert werden kann werden die Folgen hierfür mit 1 (gering) bewertet.

Die PSA 32 bietet diese Möglichkeit nicht, was zu einer Bewertung der Folgen mit dem Wert 2 (mäßig) führt.

### Risiko

Das Risiko (R) ist das Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit (W) und den erwartenden Folgen (F):

Mit Kälteschutzanzug (PSA 32):  $R = W \cdot F = 2 \cdot 2 = 4$

Mit Trockenanzug zum Unterziehen („PSA 34“):  $R = W \cdot F = 2 \cdot 1 = 1$

Rechnerisch ergibt sich für die Mindestausstattung der DGUV Information 205-014 ein Wert von 4 und ist somit ausreichend.

## 4.6. Gefährdungsmatrix für Wasserrettungseinsätze

Die Gefährdungsmatrix im Anhang (siehe Tab. 12) ist ein Beispiel für eine Neubewertung von einzelnen Punkten der Matrix aus der DGUV Information 205-014.

Die Argumentation aus Kapitel 4.5 wurde hierbei berücksichtigt. Die weiteren Punkte sind direkt der DGUV Information 205-014 zu entnehmen. Wie in der Information beschrieben, muss jede Gefährdungsmatrix an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Somit ersetzt die Gefährdungsmatrix aus dem Anhang keine eigene Gefährdungsmatrix. Zu berücksichtigen sind auch weitere Punkte, wie z.B. die Wärmebelastung durch das Tragen von isolierender Kleidung (z.B. Kälteschutzanzüge) (siehe Kap. 5.1).

Der Vergleich der veränderten Gefährdungsmatrix (siehe Tab. 12) zur bestehenden Gefährdungsmatrix der DGUV Information 205-014 ergibt bei den zu erwartenden Folgen zum größten Teil eine Übereinstimmung. Unterschiede gibt es bei dem Sturz ins Wasser. Dieser wurde um die Phasen 1 – 3 und der warmen Umgebung weiter differenziert. Nicht dargestellt sind die folgenden Gefahren, da sie sich nicht von der „Mustergefährdungsbeurteilung“ unterscheiden:

- Kalte Umgebung
- Kalte Oberfläche
- Spritzwasser
- Verlust der Auftriebsmöglichkeiten
- Stichverletzung
- Schnittverletzung
- Abschürfungen
- Auf- und Anprall
- Schwerkraftphänomen / Abbremsung bei Sturz
- Ausrutschen
- Vibration
- Schussverletzung
- Lärm
- Infektiös wirkende Stoffe
- Abspaltung von der taktischen Einheit

Die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens von Niederschlag und Spritzwasser sind stark vom Einsatzgebiet und Einsatzhäufigkeit abhängig. Spritzwasser ist bei der Wasserrettung eine ständige Gefahr, da durch den Wasserauftrag auf die Einsatzbekleidung die isolierende Wirkung reduziert werden kann. In Verbindung mit entsprechenden Windgeschwindigkeiten kann durch den „Wind-Chill“ die Einsatzkraft dadurch bereits auskühlen, ohne ins Wasser gefallen zu sein. Dies kann dazu führen, dass der Wert der zu erwartenden Folgen evtl. mit erhöht werden muss. Als Konsequenz daraus kann auf Booten eine wasserabweisende Wetterschutzkleidung erforderlich sein.



## 5. Persönliche Schutzausrüstung für die Wasserrettung

*„Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber Schutzmaßnahmen gemäß den Vorschriften dieser Verordnung einschließlich ihres Anhangs nach dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene festzulegen. Sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse sind zu berücksichtigen.“ §3 ArbStättV<sup>11</sup>*

Abhängig von einer Gefährdungsbeurteilung müssen Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung (PSA) definiert werden. Diese können sich regional und aufgabenabhängig deutlich voneinander unterscheiden. So sind die Anforderungen für einen Trupp, der an der Wasserkante eines Binnensees arbeitet, anders zu beurteilen, als die Anforderungen für eine Bootsbesatzung an der Meeresküste. Die nachfolgenden Kapitel stellen die generellen Anforderungen dar, die für jegliche Wasserrettungseinsätze von Einsatzkräften der Feuerwehr bei kalten Wassertemperaturen gelten. Diese Anforderungen müssen mithilfe einer Gefährdungsbeurteilung kritisch betrachtet werden, um festzustellen, ob weitere spezielle Anforderungen (z.B. eine höhere Schutzklasse) von Nöten sind.

§§29-31 der DGUV Vorschrift 1 zur „Bereitstellung“, „Benutzung“ und „Besondere Unterweisungen“ der persönlichen Schutzausrüstung müssen beachtet werden. Hierbei wird besonders auf den Aspekt hingewiesen, dass die Versicherten vor der Bereitstellung von persönlicher Schutzausrüstung anzuhören sind (DGUV Vorschrift 1).

### 5.1. Generelle Anforderungen an die Schutzbekleidung

Eine isolierende Schutzbekleidung kann auch das Risiko einer Wärmebelastung mit sich bringen. Im Frühling entstehen Situationen, in den die Wassertemperatur unter 15 °C liegt, die Lufttemperatur jedoch schon deutlich darüber liegt. Auch kann die direkte Sonneneinstrahlung auf die Einsatzbekleidung und die verrichtete Arbeit zu einer Wärmebelastung führen.

Fängt die Einsatzkraft an zu schwitzen, wird die Isolationswirkung der Kleidung reduziert und die Einsatzkraft dehydriert. Ein halber Liter Wasser bewirkt hierbei eine Reduktion der Isolationswirkung um 30% (Golden und Tipton 2002).

Auch ist aus der Luftfahrt bekannt, dass die Wärmebelastung durch die Schutzanzüge zu Ermüdung führt. Wachsamkeit, Behaglichkeit und Gelassenheit wird durch

---

<sup>11</sup> Letzte Änderung 31. August 2015

die Wärmebelastung ebenfalls reduziert. Es wird für die Cockpittemperatur eine Empfehlung von 10 – 14 °C für den Komfortbereich angegeben. Es eine Temperatur < 18 °C sollte mindestens angestrebt werden, um vor einer physiologischen Belastung zu schützen (Hunt 2018).

Daher sind modulare Systeme als Schutzbekleidung zu bevorzugen, da diese der Einsatzkraft die Möglichkeit bieten, die Wärmebelastung auszugleichen. Dies kann z.B. durch Ablegen der Jacke geschehen. Hierbei muss jedoch ein Mindestschutz zu jeder Zeit gewährleistet sein.

Die meisten Schutzbekleidungen sind nicht dafür ausgelegt, eine ohnmachtssichere Lage einzunehmen und die Atemwege entsprechend über Wasser zu halten. Daher sind die Schutzbekleidungen in der Regel mit einer Rettungsweste zu kombinieren. Diese beiden Ausrüstungsgegenstände interagieren, abhängig vom Eigenauftrieb, miteinander und beeinflussen die Selbstaufrichtungsleistung. Die Anforderung an diese Selbstaufrichtungsleistung muss in der Gefährdungsbeurteilung mit beachtet werden. Der isolierte Kälteschutzanzug mit viel Eigenauftrieb dreht sich durch die Rettungsweste im Vergleich mit Kleidung mit sehr geringen Eigenauftrieb viel langsamer und das Risiko, dass der Kälteschutzanzug sich überhaupt nicht dreht, ist hier am größten. Im Gegenzug schützt er am besten gegen die Kälteschockreaktion und die Unterkühlung (Barwood et al. 2014).

Die Schutzbekleidung muss gut anliegend sein, da aus unpassender Schutzbekleidung weitere Risiken resultieren können. Z. B. bei Kälteschutzanzügen kann ein zu großer Anzug zu Leckagen im Bereich der Manschetten führen. Auch die eingeschlossene Luft in den Beinen kann ein Problem darstellen.

Der Schutz von Einsatzkräften vor kaltem Wasser wird nur in der DGUV Information 205-014 direkt erwähnt. Des Weiteren ist ein Kälteschutz in der Seefahrt durch die International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) in der SOLAS-Konvention vorgeschrieben. Die amtliche deutsche Übersetzung dieses Internationalen Übereinkommens von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See ist mit dem Protokoll von 1978 zu diesem Übereinkommen in nationales Recht übernommen worden. Die Änderungen werden mittels Entschliefungen des Schiffssicherheitsausschusses (MSC) der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation bekannt gegeben und mittels Verordnungen (SOLAS-ÄndV) in nationales Recht übergeleitet.

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Schutzbekleidung dargestellt. Hierbei werden die medizinischen Erkenntnisse aus Kapitel 2 sowie bestehende Normen, Regelwerke, etc. betrachtet. Da neben der DGUV Information 205-014 nur die SOLAS-Konvention und die DIN EN ISO 15027-1 konkrete Anforderungen an die Schutzbekleidung in diesem Betrachtungsbereich stellen, werden die Inhalte in den folgenden zwei Unterkapiteln dargestellt. Die DGUV Information 205-014 bezieht sich auf die DIN EN ISO 15027-1.

### 5.1.1. SOLAS-Konvention

Die SOLAS behandeln Rettungsmittel und Rettungsvorrichtungen im dritten Kapitel. Dieses findet auf Schiffen Anwendung, die nach dem 1. Juli 1998 auf Kiel gelegt wurden, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes bestimmt worden ist.

In dem Kapitel wird zwischen Fahrgastschiffen (Regel 22.4.1) und Frachtschiffen (Regel 32.3.2) unterschieden (siehe Tab. 7). Für beide gemeinsam besteht die Verpflichtung, für die Besatzung eines Bereitschaftsbootes oder der Bedienmannschaft eines Schiffsevakuierungssystems einen entsprechenden Eintauchanzug oder einen entsprechenden Wetterschutzanzug zu stellen (Regel 7.3).

Tab. 7: Auszüge aus dem Kapitel 3 der SOLAS, die sich auf die Schutzkleidung beziehen (SOLAS, 2013)

Regel	Zitat
<b>7.3</b>	<i>„(...) Für jede Person, die zur Besatzung eines Bereitschaftsboots oder zu der Bedienmannschaft eines Schiffsevakuierungssystems gehört, muß ein den Anforderungen des Abschnitts 2.3 des Code (Internationaler Rettungsmittel- (LSA-) Code, Anm. d. V.) entsprechender Eintauchanzug oder ein den Anforderungen des Abschnitts 2.4 des Code entsprechender Wetterschutzanzug von angemessener Größe vorhanden sein. Auf einem Schiff, das ständig in warmen Klima eingesetzt ist und auf dem nach der Auffassung der Verwaltung ein Kälteschutz nicht erforderlich ist, muß diese Schutzkleidung nicht an Bord sein.“</i>
<b>22.4.1</b>	<i>„Alle Fahrgastschiffe müssen für jedes Rettungsboot auf dem Schiff mindestens drei den Anforderungen des Abschnitts 2.3 des Code entsprechende Eintauchanzüge und außerdem für jede Person, die in einem Rettungsboot untergebracht werden soll und für die kein Eintauchanzug zur Verfügung steht, ein den Anforderungen des Abschnitts 2.5 des Code entsprechendes Wärmeschutzhilfsmittel mitführen. (...)“</i>
<b>32.3.2</b>	<i>„Für jede an Bord befindliche Person ist ein den Anforderungen des Abschnitts 2.3 des Code entsprechender Eintauchanzug von zweckmäßiger Größe mitzuführen. (...)“</i>

Die Aufgaben eines Bereitschaftsbootes können hierbei mit den Aufgaben eines Feuerwehrbootes verglichen werden.

In den zusätzlichen Vorschriften für die jeweiligen Schiffstypen wird ein entsprechender Kälteschutz für jede Person an Bord gefordert.

Hiervon darf nur abgewichen werden, wenn das Schiff ständig im warmen Klima eingesetzt wird. Hierbei wird auf die Richtlinie für die Bewertung des Wärmeschutzes (MSC Rundschreiben 1046) verwiesen. Diese Richtlinie soll die Verantwortlichen bei der Entscheidung unterstützen, welche PSA für die Bootsbesatzung erforderlich ist. Für diese Entscheidung spielen neben den Faktoren wie Schiffstyp, Art der Rettungsmittel, Anzahl der Personen an Bord auch das Einsatzgebiet, die Verfügbarkeit von SAR-Kräften (Search and Rescue) und die Umgebungsbedingungen eine wichtige Rolle. In dieser Richtlinie wird besonders auf den Bezug zwischen Wassertemperatur und Schutzbekleidung eingegangen.

Der Arbeitsbereich (thermal protective performance) für die verschiedenen Temperaturbereiche ist als die Zeit definiert, in dem die Körperkerntemperatur 35 °C erreicht oder um 2 °C gesunken ist. Das Absinken der Körperkerntemperatur um 2 °C ist der Punkt, ab dem ein signifikanter Abfall der Handlungsfähigkeit zu erwarten ist (MSC/Circ.1046). Die entsprechenden Zeiten sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tab. 8: Anforderungen und Arbeitsbereich von Kälteschutzkleidung  
Nach (MSC/Circ.1046, 2002)

Hilfsmittel für den thermischen Schutz (mit Kleidung)	IMO Mindestanforderungen		Zeit bis zur Unterkühlung, oder Absinken der Körperkerntemperatur um 2° C, abhängig von der Wassertemperatur			
	Zeit	Wassertemp.	0° C	5° C	10° C	20° C
Rettungsweste	-	-	-	0,5 h	0,8 h	1,7 h
Rettungsweste mit thermischen Schutz	2 h	10° C	0,5 h	0,75 h	2 h	4 h
Wetterschutzkleidung	1 h	5° C	1,5 h	2 h	4 h	10 h
Eintauchanzug unisoliert	1 h	5° C	1,5 h	2 h	5 h	> 12 h
Eintauchanzug isoliert	6 h	2° C	6 h	> 12 h	> 12 h	> 12 h

### 5.1.2. DIN EN ISO 15027-1

Die Normenreihe ISO 15027 legt nur Anforderungen für den Schutz gegen Unterkühlung fest, andere Risiken wie Kälteschock oder Atemnot sind nicht Teil der Prüfolge für eine Typzulassung.

Die DIN EN ISO 15027-1 beschreibt hierbei die Anforderungen an den Kälteschutz. Dieser ist geeignet für das Tragen während üblicher Tätigkeiten bei Arbeits- oder Freizeitanwendungen.

Eine gängige Einteilung von Schutzkleidung zum thermischen Schutz auf dem Wasser erfolgt in Leistungsstufen nach der DIN EN ISO 15027-1 (siehe Tab. 9). In dem angegebenen Zeitraum darf die Körperkerntemperatur um nicht mehr als 2 °C sinken.

Tab. 9: Leistungsstufen für Kälteschutzanzüge mit den dazugehörigen Zeiten und Wassertemperaturen nach DIN EN ISO 15027-1:2013 und Erweiterung aus der DGUV Information 205-014

Wassertemperatur	Geschätzter thermischer Schutz in Stunden nach Leistungsstufe			
	A	B	C	D
< 5 °C	6	2,5	1,5	1
5 – 10 °C	9	4,5	2,5	1,5
10 – 15 °C	15	7	4	2
> 15 °C	24	15	6	3

Laut der DIN EN ISO 15027-3 (Prüfverfahren) sind die Verfahren mit den SOLAS-Regeln vergleichbar und die Ergebnisse können im Wechsel verwendet werden. So entspricht der isolierte Eintauchanzug der Leistungsstufe A und der unisolierte Eintauchanzug der Klasse D (DIN EN ISO 15027-3:2012).

### 5.2. Anforderungen an die Oberbekleidung

An dieser Stelle werden nur Oberbekleidungen betrachtet, die sich grob in die Kategorie Kälteschutzanzüge (constant wear suits) einordnen lassen, da diese dazu gedacht sind, während der Arbeit über einen längeren Zeitraum getragen zu werden. Üblicherweise wird hier ein Zeitraum von ca. 8h angenommen (Brooks 2003). Absicherungen und Suchaufgaben können über solch einen Zeitraum andauern. Nicht betrachtet werden somit Seenot-Kälteschutzanzüge (abandonment suits) und andere entsprechende Wärmeschutzhilfsmittel, die nicht für die Arbeit über mehrere Stunden ausgelegt sind.

Ein Trockenanzug schützt besser als ein Nassanzug vor der Kälteschockreaktion (Tipton 1993). Bereits ein Trockenanzug ohne Isolierung schützt gegen die Kälteschockreaktion (Golden und Tipton 2002). Dieser erfüllt somit die Mindestanforderung bei einem Sturz in kaltes Wasser für die erste Phase.

Abhängig von der Wassertemperatur und der Verweilzeit im Wasser bis zur Rettung werden Schutzanzüge der Leistungsstufen A-D nach DIN EN ISO 15027-1 empfohlen. Die Leistungsstufe A stellt hierbei die höchste Schutzstufe dar.

Zu beachten ist, dass die Versuche und Zertifizierungen der Kälteschutzanzüge meistens in ruhigem Wasser und Laborbedingungen stattfinden. Wind und Wellen haben jedoch einen signifikanten Einfluss auf den Wärmeverlust. Die Ergebnisse aus den Laborbedingungen überschätzen die Leistungsfähigkeit der Kälteschutzanzüge unter rauen Wetterbedingungen (Wind und Wellen) (Power et al. 2015).

Viele auf dem Markt befindliche Anzüge sind nicht nach den Leistungsstufen der DIN EN ISO 15027-1 klassifiziert. In diesem Fall kann die Einteilung nach Brooks verwendet werden (Brooks 2003). Dieser unterscheidet zwischen drei Gruppen. Die erste Gruppe deckt hierbei den Bereich der Kälteschutzanzüge (constant wear suits) ab. Hierbei wird davon ausgegangen, dass der Anzug während der Arbeitszeit von acht Stunden konstant und mit nur geringer Unbequemlichkeit getragen werden kann. Die Anzüge werden hierbei nach dem clo-Wert unterschieden. Dieser Wert gibt die Wärmeleistung einer Isolation an. Je höher der clo-Wert, desto besser ist die Isolation. Die Bekleidungskombination von Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Socken und Schuhe entspricht einem Wert von 1 clo. Ein Wert von 1,55 clo wird durch eine Kombination von Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Thermojacke und -hose, Socken und Schuhen erreicht (DIN EN ISO 9920:2009).

Für die Verweilzeit im Wasser bis 1,5 Stunden ist ein clo-Wert von 0,25 – 0,50 ausreichend. Ab 1,5 Stunden Verweilzeit wird ein clo-Wert von 0,75 gefordert (Brooks 2003).

Die Oberbekleidung sollte eine der Gefährdungsbeurteilung entsprechenden Schutzklasse aufweisen und den Spezifikationen der DIN EN ISO 15027-1 entsprechen. Sie sollte keine angenähte Kopfhaube besitzen, da eine separate Kopfhaube einen höheren einsatztaktischen Wert hat (siehe Kapitel 5.4).

### 5.3. Anforderungen an die Unterbekleidung

Die Anforderungen an die Unterbekleidung resultieren aus der Oberbekleidung. Je nach Hersteller kann die Schutzklasse der Oberbekleidung nur durch entsprechende Unterbekleidung erreicht werden. Dies ist bei der Auswahl der Oberbekleidung explizit zu prüfen.

Sofern der Hersteller der Oberbekleidung keine Unterbekleidung festgelegt hat, wird von der DIN EN ISO 15027-3 eine Standard-Unterbekleidung für die Prüfung festgelegt.

Für Klasse A:

- Unterwäsche (kurzärmelig, mit kurzen Beinen)
- Langärmeliges Hemd
- Hose (nicht aus Wolle)
- Wollsocken
- Angemessenes Schuhwerk (sofern der Anzug mit Schuhwerk benutzt wird)

Die thermische Isolierung darf hierbei bei der Prüfung höchstens 1 clo betragen. Für die Klassen B, C und D dürfen zusätzlich zwei langärmelige Wollpullover getragen werden.

Wenn die im Einsatz getragene Unterbekleidung die gleiche thermische Isolierung entsprechend der oben genannten Unterbekleidung besitzt, kann davon ausgegangen werden, dass die Oberbekleidung die Anforderungen der entsprechenden Schutzklasse erreicht. Hierbei muss beachtet werden, dass die Kompression der Bekleidung durch den Wasserdruck eine negative Auswirkung auf die thermische Isolierung hat.

Bleibt die Unterbekleidung nach einem Sturz ins Wasser trocken erhöht sich die mögliche Verweilzeit im Wasser mit der Isolationsstärke der Unterbekleidung. Der beste Schutz gegen die Unterkühlung ist eine mehrschichtige Unterbekleidung aus wasserabweisenden Materialien, die wenig kompressibel sind (Golden und Tipton 2002).

Da die Einsatzkraft gerade auf Kleinbooten längere Zeit im Einsatz sein kann, empfiehlt es sich, die DIN 33403-5 „Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung Teil 5: „Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen“ zu beachten. In den Anhängen werden dort einige Tabellen zur Verfügung gestellt, anhand derer die erforderliche Isolation der Bekleidung abgeschätzt werden kann. Auch sind daraus die Kälteexpositions- und Aufwärmzeiten abhängig von der Außentemperatur zu entnehmen. So wird z.B. im Kältebereich von 10 °C bis – 5 °C eine maximale ununterbrochene Kälteexpositionszeit von 150 min angegeben mit einer empfohlenen Aufwärmzeit von 10 min (DIN 33403-5:1997).

Gerade für den Bereich der Kleinboote, wo die Einsatzkräfte während der Fahrt nicht vor dem Wind geschützt sind, sollte die DIN EN ISO 11079 „Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen“ herangezogen werden. Mit der DIN EN ISO 11079 lässt sich eine praktische Beurteilung von kalten Umgebungen durchführen und die Abkühlung durch den Wind (Windchill) bestimmen. So bewirkt an freiliegender Haut bei -10 °C Lufttemperatur eine Windgeschwindigkeit von 30 km/h ein Empfinden von -20 °C. Bei -15 °C und der gleichen Windgeschwindigkeit besteht hierbei schon die Gefahr von Erfrierungen der Haut (DIN EN ISO 11079:2008).

#### 5.4. Anforderungen an die Kopfbedeckung

In kalten Umgebungen ist der Kopf sehr stark am Wärmeverlust beteiligt. Mit feuchten Haaren und entsprechendem Wind können bis zu 50% des Wärmeverlustes über den Kopf erfolgen (Golden und Tipton 2002).

Generell wird eine Wollmütze für die dauerhafte Tätigkeit empfohlen, da Wolle auch bei Nässe noch gute isolierende Eigenschaften hat.

Bei einem Sturz ins Wasser sollte eine Neoprenkopfhaube für die Schutzbekleidung vorhanden sein. Von Schutzanzügen mit integrierter Kopfhaube<sup>12</sup> sollte abgesehen werden, da das Aufsetzen der Kopfhaube die Einsatzkraft akustisch von der Umwelt trennen könnte. Dadurch kann die Kommunikation eingeschränkt und Warnsignale können nicht uneingeschränkt wahrgenommen werden. Ebenfalls können das Sichtfeld und die Beweglichkeit eingeschränkt sein. Brillenträger sind durch die Passform der Kopfhaube möglicherweise benachteiligt. Dies führt dazu, dass die Kopfhaube nicht richtig aufgesetzt wird und der Schutzanzug dadurch eine Öffnung aufweist durch die Wasser eindringen kann. Dies führt zu einem Versagen der Schutzwirkung der Schutzbekleidung.

Bei Einsätzen mit Kleinbooten empfiehlt sich ein leichter Schutzhelm mit Kommunikationseinrichtung und aufblasbarem Innenpolster. Das Innenpolster soll zum einen eine gute Passgenauigkeit und zum anderen eine thermische Isolierung bewirken. Der Helm sollte außerdem UV-Licht- und salzwasserbeständig sein (Kaack 2012). Der Helm sollte einen positiven Auftrieb haben.

---

<sup>12</sup> Wenn das dauerhafte Aufsetzen der Kopfhaube erforderlich ist, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.



Ein Helm sollte der DIN EN 397 „Industrieschutzhelme“ entsprechen (DIN EN 397:2013).

## 5.5. Anforderungen an die Handschuhe

Die Anforderungen an die Handschuhe resultieren hauptsächlich aus der Aufgabe der Einsatzkraft. So macht es einen Unterschied, ob die Einsatzkraft Sicherungsaufgaben vom Land aus wahrnimmt, im Boot als Bootsführer agiert oder z.B. Personen aus dem Wasser an Bord ziehen soll.

Bei Sicherungsaufgaben vom Land aus, sind die für den Feuerwehreinsatz nach der DIN EN 659 Handschuhe mit den in Tabelle 10 dargestellten Anforderungen in den Leistungsstufen nach der DIN EN 388 vorgesehen (DIN EN 659:2003+A1:2008; DIN EN 388:2016+A1:2018).

Tab. 10: Anforderung an Feuerwehrhandschuhe nach DIN EN 388:2016+A1:2018

Beschreibung	Leistungsstufe
Abriebfestigkeit	3
Schnittfestigkeit	2
Weiterreißkraft	3
Durchstichkraft	3

Diese Anforderungen entsprechen den geforderten Anforderungen durch die DGUV Fachgruppe „Feuerwehren-Hilfeleistung“ (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. 21.06.2011).

Muss die Einsatzkraft häufiger ins Wasser greifen, sollte auf Neoprenhandschuhe zurückgegriffen werden, da diese auch im nassen Zustand eine isolierende Wirkung haben. Hierbei muss bedacht werden, dass Neoprenhandschuhe meist nicht den Anforderungen an Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken entsprechen. An dieser Stelle ist eine gesonderte Gefährdungsbeurteilung erforderlich. Die Handschuhe sollten grundsätzlich der DIN EN 420 in Verbindung mit der entsprechenden Norm entsprechen (DIN EN 420:2003+A1:2009).

Auf Kleinbooten werden die Einsatzkräfte regelmäßig von Spritzwasser getroffen, daher sollten die Handschuhe den Leistungsstufen nach Tabelle 10 entsprechen und entweder wasserdicht sein oder eine Leistungsstufe entsprechend Tabelle 11 aufweisen, um den Wasserdurchtritt für die Einsatzzeit zu verhindern.

Tab. 11: Leistungsstufen für den Widerstand gegen Wasserdurchdringung (DIN EN 420,2010)

Leistungsstufe	Zeit bis zur Durchdringung
1	30 min
2	60 min
3	120 min
4	180 min

Die Anforderungen hinsichtlich konvektiver Kälte und Kontaktkälte können der DIN EN 511 entnommen werden. Hierbei sind Umweltbedingungen (z.B. Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit, etc.), individuelle Bedingung (z.B. Auswirkung

anderer Schutzbekleidung) und die Tätigkeit (z.B. Expositionszeit, Aktivitätsniveau, etc.) relevante Parameter (DIN EN 511:2006). Ein besonderes Augenmerk muss auf die Anforderungen an die Beweglichkeit gerichtet werden. Je höher die Leistungsstufen werden, desto dicker wird der Handschuh und die Beweglichkeit nimmt ab. Gerade im Einsatzdienst muss die Einsatzkraft jedoch in der Lage sein, mit den Händen Tätigkeiten auszuführen. Daher sollte die Leistungsstufe der Handschuhe so ausgewählt werden, dass die gewünschte Beweglichkeit noch erreicht wird.

Als Beispiel wird die Leistungsstufe zur konvektiven Kälte ermittelt. Die Umgebungstemperatur wird durch die minimale Einsatztemperatur für Kleinboote mit -15 °C angenommen (DIN 14961:2013). Das Aktivitätsniveau kann aufgrund einer Klassifizierung des körpereigenen Energieumsatzes für verschiedene Tätigkeitsarten, zwischen  $140 \frac{W}{m^2}$  und  $400 \frac{W}{m^2}$  (kurzzeitiger Spitzenwert) angenommen werden (DIN EN ISO 11079:2008). Ein Energieumsatz von  $170 \frac{W}{m^2}$  wird nach der DIN EN 342 in die Kategorie „mittel“ eingeordnet (DIN EN 342:2017). Anhand dieser Vorgaben kann von Anhang B der DIN EN 511 die erforderliche Handschuhisolation abgelesen und der Leistungsstufe 3 zugeordnet werden (DIN EN 511:2006). Ein Handschuh dieser Leistungsstufe bietet für den Einsatzdienst jedoch in der Regel nicht genügend Bewegungsspielraum.

## 5.6. Anforderungen an das Schuhwerk

Die DGUV Information 205-014 beschreibt die Mindestanforderungen für das Schuhwerk und bezieht sich dabei auf die DIN EN 15090 „Schuhe für die Feuerwehr“ und die DIN EN ISO 20345 „Sicherheitsschuhe“. Sicherheitsschuhe sind den Schutzschuhen vorzuziehen, da hier höhere Prüfanforderungen an die Wasserdichtigkeit gestellt werden (DIN EN ISO 20345:2011; DIN EN ISO 20346:2004+AMD 1:2007).

Anforderungen an die Schuhe für die Feuerwehr sind in der DIN EN 15090 festgelegt. Ein Feuerwehrschuh Typ 2 Klasse 1 mit der zusätzlichen Anforderung an die Antistatik erfüllt die oben genannten Anforderungen und ist für Feuer- und Rettungseinsätze auf Schiffen vorgesehen. Das entsprechende Symbol für den Feuerwehrschuh trägt die Bezeichnung F2A (DIN EN 15090:2012). Wünschenswerte Zusatzbezeichnungen sind CI für den Kälteschutz und SRC für die Rutschhemmung.

Die DGUV Information verweist für das Schuhwerk im Bereich der Wasserrettung auf Anhang 9.

In Anhang 9a „Schuhe für die Feuerwehr“ für den Universaleinsatz lautet die Empfehlung: „Typ 2, Klasse I, Form D (mind. HI<sub>2</sub>) oder Typ 2, Klasse II, Form D (mind. HI<sub>2</sub>)“ (DGUV Information 205-014, S. 101)

Optional lässt die DGUV Information 205-014 in Anhang 9b „Sicherheitsschuhe im Rettungsdienst“ für den Wasserrettungseinsatz ohne Kälteschutzanzug auch das Schuhwerk für den Rettungsdienst zu. Die Empfehlung lautet hier: „Klassen I oder II Form B Kategorie S 3, mit Zusatzanforderung P, CI, CR, WRU, FO Rutschsicherheitsklasse SRC und dunkler Oberflächenfärbung wegen der besseren Behandlung von Verunreinigungen.“ (DGUV Information 205-014, S. 102)

### 5.7. Die geeignete Rettungsweste

Eine bewusstlose (normal bekleidete) Person nimmt im Wasser eine stabile Bauchlage ein, bei der sich die Atemwege unter Wasser befinden. Verhindert werden kann dies nur aktiv durch Bewegung oder durch Auftriebskörper (Bernhardt 1959). Für die Wasserrettung sieht die DGUV vor, dass Rettungswesten getragen werden müssen (DGUV Regel 112-201; DGUV Information 205-014).

Mehrlagige Schutzbekleidung (Dienstkleidung, Wetterschutzkleidung oder „Ölzeug“) und auch Kälteschutzanzüge entwickeln im Wasser durch die eingeschlossene Luft eigenen Auftrieb. Daher kann es sein, dass eine Rettungsweste mit 150N Auftrieb nicht ausreichend dimensioniert ist, um die Einsatzkraft in eine ohnmachtssichere Lage zu bringen. Es ist erforderlich eine Rettungsweste mit 275N Auftrieb zu beschaffen, wenn Bekleidung getragen wird, die zu Lufteinschlüssen neigt, oder einen nicht definierten Eigenauftrieb besitzt. (DIN EN ISO 12402-2:2017; DGUV Regel 112-201). Auf seegehenden Schiffen ist eine Rettungsweste notwendig, die über zwei getrennte Kammern verfügt (LSA-Code; SOLAS 2019). Im Handel werden diese Rettungswesten oft als SOLAS-Rettungsweste bezeichnet.

Feststoffwesten werden in dieser Arbeit nicht betrachtet. Sie würden bei den oben genannten Anforderungen (275N Auftrieb und ohnmachtssichere Lage) die Bewegungsfreiheit zu stark einschränken. In Bereichen, bei denen die Einsatzkraft planmäßig zur Rettung ins Wasser geht, wie z.B. bei der Strömungsrettung, werden Feststoffwesten als Schwimmhilfe verwendet (DGUV Regel 112-201). Die Anforderungen, insbesondere an den Auftrieb unterscheiden sich hierbei deutlich von dem hier betrachteten Szenario (siehe Kap. 4.5)

Rettungswesten können neben den verbindlich vorgeschriebenen Zubehörteilen (Signalpfeife, retroreflektierender Werkstoff, Notleuchte, Mehrkammer-System) durch zusätzliche Zubehörteile erweitert werden.

Auf Wasserfahrzeugen mit einer Betriebserlaubnis auf Binnengewässern muss eine Notleuchte vorhanden sein (DGUV Vorschrift 61; DGUV Vorschrift 60). Sie ist dringend erforderlich bei Nacht, undurchsichtigem Wetter und in strömenden Gewässern (DGUV Regel 112-201).

### 5.7.1. Notwendigkeit eines Schrittgurtes

In einem Versuch wurde festgestellt, dass die Leistungsfähigkeit der Rettungsweste, bei einem Sturz aus der Höhe oder wenn die Person über längere Zeit Wellengang/Seegang ausgesetzt ist, durch einen eng angelegten Schrittgurt verbessert wird. Die folgenden Parameter wurden hierbei beachtet: Höhe der Atemwege über dem Wasser, Treibwinkel, vertikales Verrutschen der Rettungsweste, Rutschen des Schrittgurtes, Rutschen des Bauchgurtes, Zeit bis zur Aspiration einer tödlichen Menge von Wasser (Lunt et al. 2014).

Viele internationale Organisationen wie z. B. North Atlantic Treaty Organization (NATO), International Sailing Federation (ISAF), Marine Accident Investigation Branch (MAIB) empfehlen oder fordern einen Schrittgurt zur Rettungsweste (International Sailing Federation 2013; Marine Accident Investigation Branch 2000; RTO/NATO 2008).

Die DGUV äußert sich in der DGUV Regel 112-201 gegenteilig zum Schrittgurt:

*„(im täglichen Arbeitsablauf stellen z. B. Schrittgurte eher eine Gefährdung durch hängen bleiben dar als ein möglicher Sicherheitsgewinn durch Verbesserung der Schwimm-  
lage)“ (DGUV Regel 112-201, S. 12)*

*„Eine Beeinträchtigung und Behinderung durch die persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken bei der normalen Tätigkeit des Benutzers muss vermieden sein, insbesondere um die Akzeptanz im täglichen Gebrauch zu sichern.*

*Aus diesem Grund sind Rettungswesten zu bevorzugen, die bei geringem Gewicht einen ausreichenden Auftrieb haben, nicht unnötig sperrig sind und die freie Beweglichkeit ermöglichen.*

*Daraus ergibt sich auch, dass die Benutzung von Feststoffwesten und Schrittgurten im gewerblichen Bereich weitestgehend auszuschließen ist und nur auf besondere, aus der*

*Gefährdungsbeurteilung begründete Einsatzfälle einzugrenzen ist.“ (DGUV Regel 112-201, S. 14)*

Die Aussage der DGUV wird nicht durch Fallzahlen oder Studien belegt.

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) veröffentlicht Untersuchungen mit Todesfolge und gibt Empfehlungen heraus. Es wurde kein Fall gefunden, bei dem eine Personen aufgrund von Hängenbleiben gestorben ist. Allerdings konnten drei Fälle ermittelt werden, in denen ein Schrittgurt von Vorteil gewesen wäre:

*„Ein während des Arbeitens in der Takelage angelegter Schrittgurt hätte möglicherweise das Hochrutschen der Weste (gemeint ist die Rettungsweste Anm. d. V.) verhindert oder vermindert, als die Bootsführerin dabei in Schwierigkeiten geriet.“ (Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung 2011, S. 21)*

*„Die Rettungsweste war dem Verunglückten offensichtlich hochgerutscht und er hing somit mit dem Kopf unter Wasser. Die Ursache für das Verrutschen kann ein nicht geschlossener, oder ein nicht straff gespannter Gurt gewesen sein, was aber von den Zeugen nicht bestätigt wurde. Bei einer Absturzhöhe von über 5 m könnte es auch sein, dass die Rettungsweste beim Aufschlagen auf das Wasser, oder auf dem Holzschlengel, verrutscht ist.“ (Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung 2010, S. 42)*

*„Durch das Fehlen eines Schrittgurtes und dadurch, dass der Verunglückte zusätzlich seine Arme nach oben gehalten hatte, um sich an der Reling hochzuziehen, ist bei dem Ziehen an der Rettungsweste diese zwangsläufig der Person im Wasser über den Kopf gezogen worden.“ (Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung 2012, S. 33)*

Eine von der Maritime Coastguard Agency (MCA) und der Royal National Lifeboat Institution (RNLI) in Auftrag gegebene Arbeit empfiehlt ebenfalls einen Schrittgurt (Turner et al. 2009).

### 5.7.2. Spritzschutzhaube als zusätzlicher Schutz

Der Kopf mit der Rettungsweste wirkt über dem Wasser wie ein Segel und der restliche Teil des Körpers unter Wasser wie ein Treibanker. Dadurch wird das Gesicht immer in Richtung des Windes gedreht. Aus dieser Richtung kommt die Gischt, die beim Einatmen zum Ertrinken führen kann. Die Windsee kommt ebenfalls aus der Richtung des Windes und kann den Kopf samt Rettungsweste überspülen. Auch kann die Form des Auftriebskörpers der Rettungsweste bewirken, dass kleine Wellen zum Gesicht geführt werden.

Eine Spritzschutzhaube (Spraycap) ist ein Überzug, der über Kopf und Schwimmkörper der Rettungsweste gezogen wird. Dieser Überzug verhindert, dass Gischt und Spritzwasser in die Atemwege gelangen (DGUV Regel 112-201).

Die Spritzschutzhaube wird zusätzlich zum Auftriebskörper unter der Schutzhülle verstaut und die Rettungsweste bekommt im zusammengepackten Zustand ein wenig mehr Volumen. Vom Tragekomfort könnte die Rettungsweste im Nackenbereich ein wenig steifer werden.

Will die betroffene Person Wind und Wellen den Rücken zuwenden, so ist dies nur mit Schwimmbewegungen möglich. Dies kann je nach Erschöpfungszustand mehr und weniger lange durchgehalten werden. Durch die Schwimmbewegungen wird das bereits erwärmte Wasser um den Körper durch kühleres Wasser ersetzt und der Körper verliert somit in gleicher Zeit mehr Wärme als in Ruhe.

Zu empfehlen ist eine Spritzschutzhaube in Einsatzgebieten, die bei Nacht befahren werden, oder bei denen die Einsatzkraft nach einem Sturz ins Wasser damit rechnen muss, auf Gischt und Wellen zu treffen wie bei größeren Seen und Küstengewässern (International Sailing Federation 2013; Kohfahl 2013; Kohfahl und Kohfahl 2014).

## 6. Ergebnisse

Eine Mustergefährdungsbeurteilung kann nur allgemeine Aspekte aufgreifen und kann eine eigene Gefährdungsbeurteilung nie ersetzen. Sie kann jedoch als Basis herangezogen werden und eignet sich sehr gut als Übersicht für die einzelnen Gefährdungen.

Die in Kapitel 4 abgeleitete Frage, ob die Handlungsempfehlung auf den konkreten Sachverhalt übertragbar ist, kann im Großen und Ganzen bejaht werden.

Für die Gefährdungsbeurteilung ist es jedoch unabdinglich, die folgenden drei Parameter zu bewerten und diese miteinander in Bezug zu bringen:

- Wassertemperatur
- Zeit bis zur Rettung eigener Einsatzkräfte
- Lufttemperatur

Die Wassertemperatur muss mit der Lufttemperatur in Bezug gebracht werden. Besonderes Augenmerk ist auf Bereiche zu legen, in denen die Wassertemperatur

unter 15 °C liegt, die Lufttemperatur jedoch schon so hoch ist, dass durch die getragene Schutzbekleidung eine Wärmebelastung entsteht. In diesen Zeiträumen kann es sein, dass die Einsatzkraft aufgrund der Lufttemperatur die erforderliche Schutzbekleidung nicht anlegt, um der Hitzebelastung vorzubeugen.

Des Weiteren muss die Wassertemperatur mit der Zeit zur Rettung der eigenen Einsatzkräfte in Bezug gebracht werden. Die erforderliche Leistungsstufe bei gleicher Wassertemperatur ist abhängig von der Zeit bis zur Rettung. In Bereichen, wo z.B. nur ein einzelnes Boot vorhanden ist, müssen für den Fall einer Havarie des Bootes Vorkehrungen getroffen und Einsatzpläne geschrieben werden.

Im Falle einer Rettung der Einsatzkraft unter 30 min, besteht die Hauptgefahr in den aufeinanderfolgenden Phasen 1 und 2 (Kälteschockreaktion und Schwimmversagen). Bei normaler witterungsbedingter Einsatzbekleidung ist keine zusätzliche Isolierung erforderlich, es muss jedoch ein Trockenanzug getragen werden, der die Einsatzkraft vor Nässe schützt. Dies reduziert die Auswirkungen des kalten Wassers auf der Haut und reduziert die Auswirkungen der Kälteschockreaktion und des Schwimmversagens auf ein Maß, von dem keine Lebensbedrohung ausgeht.

Die Verwendung eines Trockenanzuges, der unter der Einsatzbekleidung getragen werden kann, birgt viele Vorteile. So kann einer Wärmebelastung z.B. durch Ausziehen der Einsatzjacke entgegengewirkt werden und der Schutz vor der Kälteschockreaktion und des Schwimmversagens bleibt durch den Trockenanzug bestehen. Dadurch, dass die Einsatzkraft die Wärmebelastung selbst regulieren kann, kann die Lufttemperatur im Bezug zur Wärmebelastung bei der Gefährdungsbeurteilung vernachlässigt werden. Auch wird die Bewegungsfreiheit durch einen Unterziehtrockenanzug nicht weiter eingeschränkt und die Einsatzkraft bleibt im gewohnten Maß einsatzbereit und handlungsfähig. Die Einsatzbekleidung kann samt Trockenanzug bereits in der Fahrzeughalle angelegt werden. Auch wird die Bedienung der Fahrzeuge nicht weiter eingeschränkt. Ein Wechsel der Bekleidung am Einsatzort entfällt. Bei einem Einsatzgeschehen in Bereichen, an denen eine Verkehrsfläche dicht an die Einsatzstelle reicht, bietet das Vorhandensein der normalen Einsatzbekleidung den Vorteil, dass die Reflexstreifen weiterhin sichtbar sind. Andernfalls müsste evtl. eine Warnweste getragen werden.

Die Anschaffungskosten eines reinen Unterziehanzuges im Vergleich zu Kälteschutzanzügen sind deutlich geringer. Vergleicht man exemplarisch für die Unterziehanzüge den URSUIT MPS (Multi Purpose Suit) mit dem häufig im Einsatzdienst

verwendeten Helly Hansen E-300-2, so liegt nach einer Internetrecherche der URSUIT MPS bei ca. 600€ und der Helly Hansen E-300-2 bei ca. 1200€.

Besteht das Risiko, dass die Einsatzkraft nicht innerhalb von 30 min gerettet werden kann, ist eine Schutzbekleidung entsprechend der Leistungsstufen nach DIN EN ISO 15027-1 erforderlich. Diese Leistungsstufen richten sich nach der Wassertemperatur und der Verweilzeit im Wasser. Jedoch muss durch die bessere Isolation der Schutzbekleidung höherer Leistungsstufen mit einem größeren Risiko einer Wärmebelastung gerechnet werden. Diese Wärmebelastung entsteht bei Lufttemperaturen um die 18 °C, wobei der Komfortbereich zwischen 10 – 14 °C liegt (Hunt 2018). Auch kann intensive Sonneneinstrahlung zu einer Wärmebelastung führen. Daraus resultiert die Gefahr der Dehydratation durch das vermehrte Schwitzen. Die Feuchtigkeit wiederum reduziert die Isolationswirkung. Darüber hinaus führt die Wärmebelastung zur Ermüdung und Reduktion der Wachsamkeit, Gelassenheit und Behaglichkeit. Diese Faktoren führen in der Regel zu einer Ablehnung der PSA seitens der Einsatzkräfte.

Im folgenden Abschnitt wird eine PSA-Kombination beschrieben, die die Ergebnisse vereint.

### 6.1. Einführung von „PSA 34“ analog zur DGUV Information 205-014

Analog zur DGUV Information 205-014 werden die Ergebnisse unter der Bezeichnung „PSA 34“ zusammengefasst:

- Wetterschutzkleidung, optional PSA 31 der DGUV Information 205-014
- Kälteschutzanzug zum Unterziehen nach DIN EN ISO 15027-1 Leistungsstufe D<sup>13</sup> mit separater Kopfhaut, optional mit isolierender Unterbekleidung.
- Wollmütze
- Handschuhe nach DIN EN 388 und Widerstand gegen Wasserdurchdringung nach DIN EN 420 Leistungsstufe 1,2,3,4
- Einsatzstiefel: Typ 2, Klasse I, Form D (mind. H<sub>2</sub>) oder Typ 2, Klasse II, Form D (mind. H<sub>2</sub>) oder Rettungsdienstschuhe: Klassen I oder II Form B Kategorie S 3, mit Zusatzanforderung P, CI, CR, WRU, FO Rutschsicherheitsklasse SRC
- Rettungsweste Leistungsstufe 275 nach DIN EN ISO 12402-2 mit Schrittgurt

---

<sup>13</sup> Ein Gefährdungsbeurteilung ist voranzustellen und kann eine Anpassung der Leistungsstufe erforderlich machen.



Die gewählte PSA-Kombination sollte nach DGUV Information 205-014 Anhang A „Empfehlung zur Durchführung von Trageversuchen zur Feststellung der Eignung und Kompatibilität von PSA der Feuerwehren“ getestet werden.

## 7. Ergebnisbewertung

Der Vergleich der veränderten Gefährdungsmatrix (siehe Tab. 12) zur bestehenden Gefährdungsmatrix der DGUV Information 205-014 ergibt bei den zu erwartenden Folgen zum größten Teil eine Übereinstimmung. Die veränderte Gefährdungsmatrix differenziert das Risiko der Gefährdung für die einzelnen PSA, um die Unterschiede zu verdeutlichen.

Hierbei wird deutlich, dass die „PSA 34“ mit der PSA 32 ebenbürtig ist. Bei beiden PSA wird der Risikowert von 4 nicht überschritten. Die PSA 32 hat Vorteile in Bezug auf die Unterkühlung, ist jedoch in Bezug auf die Wärmebelastung im Nachteil. Die „PSA 34“ zeigt die Vorteile in der geringeren Wärmebelastung, mit dem Nachteil des geringeren Schutzes gegen Unterkühlung. Es kann nach der Auswertung keine objektive Aussage getroffen werden, welche PSA zu bevorzugen ist, nur, dass bei einer Wassertemperatur <15 °C entweder PSA 32 oder „PSA 34“ getragen werden sollte. Hier sind Trageversuche und die durchschnittliche Einsatzdauer für eine Entscheidung maßgeblich. Die PSA 31 ist für das betrachtete Szenario nicht ausreichend.

Die Hitzebelastung wurde bei den zusätzlichen Belastungen in Verbindung mit der Nutzung von PSA in der Matrix der DGUV Information 205-014 bisher als nicht relevant angenommen. In Hinblick auf das Ergebnis, dass Kälteschutzkleidung bis zu einer Wassertemperatur von 15 °C erforderlich ist und in diesem Bereich bereits deutlich höhere Lufttemperaturen möglich sind, ist die physiologische Belastung durch Wärme von außen und der Flüssigkeitsverlust mit zu beachten.

## 8. Diskussion der Ergebnisse

Ein wesentlicher Fokus dieser Arbeit liegt auf den medizinischen Grundlagen. Diese Grundlagen haben sich seit den letzten Jahrhunderten ständig weiterentwickelt. Anfangs war bei jedem Tod nach einem Sturz ins Wasser das Ertrinken die Todesursache. Im weiteren Verlauf kam die Unterkühlung als Todesursache hinzu und später auch die Rettungsphase (umgangssprachlich oft als „Bergungstod“ bezeichnet). Aus jeder neuen Todesursache resultierten Schutzausrüstungen oder entsprechende Maßnahmen. So wurden gegen das Ertrinken die Auftriebsmittel und gegen das Unterkühlen die Kälteschutzanzüge erfunden. Um ein Versterben in der Rettungsphase zu verhindern wurde die waagerechte und möglichst schonende Rettung bzw. der Transport eingeführt. In den letzten Jahrzehnten wurde der Sturz in kaltes Wasser in vier Reaktionsphasen differenziert. Die Phasen drei und vier (Unterkühlung und Rettungsphase) waren bereits bekannt, die ersten beiden Phasen (Sofort- und Kälteschockreaktion, sowie das Schwimmversagen) wurden zunächst nur als akademisch abgetan. Diese Meinung wandelt sich zurzeit und neben vermehrten Studien entstehen wiederum Maßnahmen und Schutzausrüstungen, um ein Versterben in diesen Phasen zu verhindern. Ironischerweise helfen die bereits vorhandenen Schutzausrüstungen (Rettungswesten und Kälteschutzanzüge) gegen ein Versterben in diesen Phasen. Sie müssten nur rechtzeitig angelegt werden. Die Neuerung ist, dass die Sofort- und Kälteschockreaktion bereits bei einer Wassertemperatur unterhalb von 15 °C gefährlich sein kann. Daher sollte eine Kälteschutzanzug / Trockenanzug bereits ab dieser Temperatur getragen werden. In der Luftfahrt wird dies bereits praktiziert und es wurde festgestellt, dass der Kälteschutzanzug wiederum eine Gefährdung aufgrund der Wärmebelastung sein kann. Dies führte neben technischen Anpassungen, wie Trockenanzüge mit geringerer Isolierung, auch zu organisatorischen Anweisungen (30er-Regel<sup>14</sup>).

Das Schwimmversagen führt nur ohne eine Auftriebshilfe zum Ertrinken. Daher hilft bereits das Tragen einer Rettungsweste den Tod in dieser Phase zu verhindern.

Auch in Zukunft gibt es noch viele Forschungsaspekte, die jeweils in technische, organisatorische, oder persönliche Maßnahmen münden können. Es können nach Bierens et al. zurzeit<sup>14</sup> verschiedene physiologische Mechanismen des Ertrinkens unterschieden werden (Bierens et al. 2016):

---

<sup>14</sup> Wenn die Summe aus Luft- und Wassertemperatur 30 °C übersteigt braucht kein Kälteschutzanzug getragen werden.

- Heiß-Wasser Immersion (Wassertemperatur 38 – 43 °C)
- Kalt-Wasser Immersion
  - Kälteschock
  - Auskühlung der oberen Gewebeschichten
  - Auskühlung der unteren Gewebeschichten: Hypothermie
  - Sympathikus Aktivierung / Angst vor dem Ertrinken
  - Luftanhalten
  - Tauchreflex
  - Autonomer Konflikt
  - Reaktionen der oberen Atemwege
  - Aspiration von Wasser
  - Verschlucken von Wasser
  - Erbrechen
  - Elektrolytentgleisungen
  - Neurophysiologie

Einige Bereiche sind schon relativ gut erforscht worden, doch es ist in Gänze noch viel Forschungsarbeit notwendig. So ist z.B. der Bereich der Beeinflussung der Gedächtnisleistung durch die Kälte ohne Kältengewöhnung ist noch sehr wenig erforscht worden. Hier sind zur Zeit keine validen Aussagen möglich (Jones et al. 2017).

Auch vermeintlich erforschte Mechanismen wie der Stimmritzenkrampf, wurden erneut bewertet und die wissenschaftliche Rolle dieses Vorgangs beim Ertrinken konnte nicht geklärt werden. Der Stimmritzenkrampf kann initial bestehen, löst sich jedoch sobald die entsprechenden Muskeln nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Bei fast allen Ertrinkungstoten konnte man Rückstände von Wasser in der Lunge finden, auch wenn diese zunächst „trocken“ aussah (Bierens et al. 2016).

Eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse der vorhandenen Studien zur Überlebenswahrscheinlichkeit unter Wasser zeigt, dass die in Kapitel 2.1.3 dargestellte Entscheidungshilfe für Einsatzleiter die Zeiten für einen positiven Ausgang deutlich überschätzt. Nur die Submersionszeit stellte sich als valider Faktor heraus. Submersionen < 5 Minuten haben häufig einen guten Ausgang. Bei einer Submersion > 25 Minuten ist ein guter Ausgang sehr unwahrscheinlich. Die Qualität der Daten bezüglich der Abhängigkeit der Wassertemperatur, der Unterscheidung zwischen jungen Kindern und Erwachsenen, oder dem Alter, und ob das Untergehen

beobachtet wurde, ist für eine valide Aussage nicht ausreichend. Auch die allgemeine Aussage, dass kaltes Wasser einen neurologischen Schutz bietet konnte nicht bestätigt werden (Quan et al. 2016).

Viele Studien zur Überlebenswahrscheinlichkeit, etc. stützen sich auf der Dokumentation der Rettungsdienste und Krankenhäuser. Die Temperaturmessung ist hierbei nicht einheitlich. Vielfach werden auch im Rettungsdienst Ohrthermometer verwendet, die im Bereich des Sturzes in kaltes Wasser, Werte ermitteln, die nicht der Körperkerntemperatur entsprechen (Stjepanovic et al. 2017). Valide Werte können durch Thermometer ermittelt werden, die mittels flexibler Spitze rektal bis in eine Tiefe von 15 cm eingeführt werden können<sup>15</sup> (Miller et al. 2017).

Die Unterkühlung führt noch zu weiteren physiologischen Reaktionen, wie Stoffwechseleränderungen, Entzündungsreaktionen, Reaktionen des Immunsystems, etc. Diese Reaktionen wurden nicht mit betrachtet, da sie zum Teil erst nach einiger Zeit auftreten und keine weiteren Erkenntnisse für den Einfluss auf die Wahl der Schutzausrüstung bringen. Die Neurophysiologischen Auswirkungen sind kaum erforscht. Die größte Gefahr beim Sturz in kaltes Wasser stellt die Bewusstlosigkeit dar (Bierens et al. 2016). Daher wurde die Bewusstlosigkeit als vorrangig erachtet.

Der weitere Fokus dieser Arbeit liegt, nach der Erarbeitung der medizinischen Grundlagen, auf der Bekleidung. Daher wurden einige Punkte, die ebenfalls zur persönlichen Schutzausrüstung zählen nicht betrachtet. Für eine vollständige Betrachtung der persönlichen Schutzausrüstung müssten noch die persönlichen Ortungssysteme und Sicherheitsgurt/Sicherheitsleine eingeschlossen werden.

Persönliche Ortungssysteme können die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem Sturz in kaltes Wasser erhöhen, da durch sie die Zeit bis zum Auffinden der Person verkürzt werden kann. Diese Systeme sind mittlerweile auch in Rettungswesten integrierbar. Die Wahl des richtigen Systems bedarf jedoch einer separaten Gefährdungsbeurteilung mit Beurteilung der im Einsatzgebiet vorhandenen Infrastruktur. Schon die grundlegende Technik der einzelnen Systeme zur Übertragung von Informationen variiert stark (z.B. Funk oder Radar). Eine adäquate Betrachtung der einzelnen Systeme mit den verschiedenen Vor- und Nachteilen, sowie die

---

<sup>15</sup> Die Herstellerangaben und Bedienungsanleitungen sind unbedingt zu beachten.

regionalen Gegebenheiten hinsichtlich der Empfangsinfrastruktur, kann nur durch eine eigenständige Ausarbeitung gewährleistet werden.

Zusätzlich zu den Ortungssystemen müsste die Frage über die Notwendigkeit von Sicherheitsgurten und -leinen auf Kleinbooten beantwortet werden, da diese auch zur persönlichen Schutzausrüstung zählen. Diese Fragestellung hätte ebenfalls den Rahmen dieser Arbeit überschritten, da sie mit einer Literaturrecherche allein nicht zu beantworten ist. Für die Benutzung von Sicherheitsleinen sind Anschlagpunkte von Nöten, die idealerweise in der Mitte des Bootes angebracht sein müssten. Die Sicherheitsleinen sollten die Bewegungsfreiheit so weit einschränken, dass die Person nicht über Bord fallen kann. Diese Bewegungseinschränkung könnte jedoch den Einsatzauftrag behindern. Somit sind neben den technischen und rechtlichen Vorgaben auch noch die Einsatztaktik und eine Gefährdungsbeurteilung in die Betrachtung mit einzubeziehen. Dieses Thema bedarf ebenfalls einer eigenständigen Ausarbeitung.

Das Tragen einer Rettungsweste kann als Stand der Technik bezeichnet werden. Das Tragen von Schrittgurten wird im deutschsprachigen Raum jedoch noch kontrovers betrachtet. So wird seitens der DGUV der Schrittgurt, durch die Möglichkeit des Hängenbleibens, eher als Gefährdung angesehen. Es gibt nur eine Studie, die den Vorteil von Schrittgurten belegt, aber es gibt keine Studie, die sich mit den Gefahren des Hängenbleibens beschäftigt. Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung hat in mehreren Fällen festgestellt, dass die Todesfälle durch Tragen eines Schrittgurtes verhindert werden können. Somit ist die Einschätzung der DGUV sehr kritisch zu hinterfragen.

Bei der Risikobewertung wurde festgestellt, dass für den Wasserrettungseinsatz Rettungswesten als Mindestausrüstung vorgesehen sind. Es muss in diesem Fall jedoch auch berücksichtigt werden, dass Einsatzkräfte an einer Wasserkante stehen können, die nicht direkt in den Wasserrettungseinsatz eingebunden sind. Diese tragen häufig keine Rettungsweste. Hier muss in der Gefährdungsbeurteilung gesondert darauf eingegangen werden.

Es gibt keine Studie die den Kälteschutz der Einsatzbekleidung von Feuerwehren im Wasser bewertet. Der mangelnde Schutz wurde aufgrund einer Studie angenommen, die die Wetterschutzkleidung auf See als mangelnden Schutz bewertet hat (Golden und Tipton 2002). Es ist nicht bekannt wie stark die Einsatzbekleidung von Feuerwehren das Eindringen von Wasser vermindern kann und ob dies Auswirkungen auf die Kälteschockreaktion hat.

Psychische Faktoren, wie z.B. Angstreaktionen haben einen großen Einfluss auf die physiologischen Reaktionen. Die Studien gingen bisher von Personen aus, die unvorhergesehen ins Wasser stürzen. Einsatzkräfte der Feuerwehr gehen in der Regel davon aus, dass bei einem Einsatz etwas schief gehen kann. Auch Stürze ins Wasser sind zwar nicht gewollt, aber das Risiko besteht häufig und wird mit in Betracht gezogen. Auch begibt sich die Einsatzkraft aktiv in eine Situation, die bei den betroffenen Personen zum Teil starke Angst auslöst. Damit besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse der Studien in diesem Punkt nicht repräsentativ für Einsatzkräfte sind.

## 9. Methodenkritik

Die Einteilung der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Gefahren in der Gefährdungsmatrix müssten anhand einer detaillierten Auswertung von Wasserrettungseinsätzen erfolgen. Es ist jedoch schwierig bei starken lokalen Unterschieden in den Einsatzgebieten und durch die geringen Fallzahlen, eine aussagekräftige Datengrundlage zu schaffen.

Die Schwere der Folgen aus der Gefährdungsbeurteilung sollte analog zur DGUV Regel 112-191 anhand der Tage der Arbeitsunfähigkeit bewertet werden. Dazu müsste die Art der Verletzung durch die Arbeitsmedizin klassifiziert (z.B. nach ICD) werden und die Tage der Arbeitsunfähigkeit durch Auswertung in den Datenbanken der Krankenkassen und Berufsgenossenschaften ermittelt werden. Die Einteilung anhand der Tage der Arbeitsunfähigkeit würde eine objektive Möglichkeit darstellen, die Schwere der Folgen zu beurteilen.

Der Risikowert von 8 als Schwellenwert für Bewertung der Ausrüstung ist aus der DGUV Information 205-014 entnommen. Dieser ist für die Bewertung der Ausrüstung ausreichend, berücksichtigt jedoch keine einsatztaktischen Aspekte. Besteht bei einer Gefährdung die Wahrscheinlichkeit von 3 (sehr wahrscheinlich), der Schweregrad der Folgen von 2 (mäßig z.B. Knochenbrüche, Kreislaufstörungen, etc.), ergibt das ein Risiko von 6. Die Mindestausrüstung ist somit ausreichend. Es wird hierbei nicht berücksichtigt, dass die Einsatzkraft den Einsatz evtl. nicht fortführen kann. Unter bestimmten Bedingungen kann das Ausfallen von Einsatzkräften zur Gefährdung von anderen Personen führen.

## 9.1. Ausblick

Die ermittelnden Behörden und Rettungsorganisation sollen zu dem Thema „Persönliche Schutzausrüstung“ sensibilisiert und Rettungsabläufe standardisiert werden. Entsprechende Fälle müssen in den Berichten vermerkt werden. Wünschenswert wäre eine Datengrundlage, aus der die Qualität der Messungen zu bewerten ist. Z. B. mit welchem Messinstrument an welcher Stelle die Körpertemperatur gemessen wurde.

Pathologen, Gerichtsmediziner und ermittelnde Behörden müssten stärker über die physiologischen Vorgänge in kaltem Wasser aufgeklärt werden (Brooks et al. 2005).

Eine Studie analog zum Home Office Report (Report of the Working Party on Water Safety) wäre empfehlenswert.

Die in der Diskussion genannten Forschungsaspekte sollten aufgearbeitet werden und in Bezug auf Rettungskräfte zum Teil evaluiert werden.

## Abkürzungsverzeichnis

AIS	Automatic Identification System
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
BGI	Information der Berufsgenossenschaft
BSU	Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DGzRS	Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V. / Deutsche Industrie Norm
EN	Europäische Norm
FGG Elbe	Flussgebietsgemeinschaft Elbe
GUV-I	Information der gesetzlichen Unfallversicherung (GUV)
HUET	Helicopter Underwater Escape Training
IMO (International Maritime Organization)	Internationale Seeschiffahrts-Organisation
ISAF	International Sailing Federation
ISO	International Organization for Standardization
LSA-Code (Life-Saving Appliance Code)	Internationaler Rettungsmittel Code
MAIB	Marine Accident Investigation Branch
MCA	Maritime Coastguard Agency
MSC (Maritime Safety Committee)	Schiffssicherheitsausschuss der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO)
MSC/Circ.	Rundschreiben des MSC
NATO	North Atlantic Treaty Organization
PLB	Personal Locator Beacon
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
RNLI	Royal National Lifeboat Institution



RTO	Research an Technology Organisation der NATO. Diese wurde am 01.10.2012 aufgelöst und in die Science and Technology Organisation (STO) überführt
SAR	Search and Rescue
SART	Search and Rescue (Radar) Transponder
SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea)	Internationales Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See
SOLAS-ÄndV	SOLAS Änderungsverordnung
UVV	Unfallverhütungsvorschrift

## 10. Literaturverzeichnis

Altendorf, Noel; Arndt, Markus; Knoop, Thomas; Zitzow, Marco (2013): Ruder-Drama: Lorenz hielt sich noch Minuten über Wasser. Polizei stellt die Suche ein ++ Erschütternde Zeugenaussagen. Das Ruder-Drama auf der Alster! Hg. v. Axel Springer SE. Bild.de. Online verfügbar unter <https://www.bild.de/regional/hamburg/alster/lorenz-hielt-sich-noch-minuten-ueber-wasser-30109970.bild.html>, zuletzt geprüft am 16.11.2019.

DGUV Information 205-014, 2016: Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung auf der Basis einer Gefährdungsbeurteilung für Einsätze bei deutschen Feuerwehren.

Barwood, Martin J.; Burrows, Holly; Cessford, Jess; Goodall, Stuart (2016): "Float first and kick for your life": Psychophysiological basis for safety behaviour on accidental short-term cold water immersion. In: *Physiology & behavior* 154, S. 83–89. DOI: 10.1016/j.physbeh.2015.11.017.

Barwood, Martin J.; Corbett, Jo; Massey, Heather; McMorris, Terry; Tipton, Mike; Wagstaff, Christopher R. D. (2018): Acute Anxiety Predicts Components of the Cold Shock Response on Cold Water Immersion: Toward an Integrated Psychophysiological Model of Acute Cold Water Survival. In: *Frontiers in psychology* 9, S. 510. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00510.

Barwood, Martin J.; Long, Geoffrey M.; Lunt, Heather; Tipton, Michael J. (2014): Inherent work suit buoyancy distribution: effects on lifejacket self-righting performance. In: *Aviation, space, and environmental medicine* 85 (9), S. 960–964. DOI: 10.3357/ASEM.3991.2014.

DGUV Regel 112-201, 2015: Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken.

Bernhardt, Jost (Hg.) (1959): Der Mensch im Medium Wasser. Ein Beitrag zur Problematik der Schwimmweste. *Schiff und Hafen* 11 (3). Hamburg: C. D. C. Heydorns Buchdruckerei.

Bierens, Joost J. L. M.; Lunetta, Philippe; Tipton, Mike; Warner, David S. (2016): Physiology Of Drowning: A Review. In: *Physiology (Bethesda, Md.)* 31 (2), S. 147–166. DOI: 10.1152/physiol.00002.2015.

DIN 14961:2013, 2013: Boote für die Feuerwehr.

Bowes, Heather; Eglin, Clare M.; Tipton, Michael J.; Barwood, Martin J. (2016): Swim performance and thermoregulatory effects of wearing clothing in a simulated cold-

water survival situation. In: *European journal of applied physiology* 116 (4), S. 759–767. DOI: 10.1007/s00421-015-3306-6.

Brooks, C. J. (1995): *Designed for life. Lifejackets through the ages*. Richmond, B.C: Mustang Engineered Technical Apparel Corp.

Brooks, C. J. (2003): *Survival in cold waters. Staying alive*. Ottawa, Ont: Transport Canada.

Brooks, C. J.; Howard, K. A.; Neifer, S. K. (2005): How much did cold shock and swimming failure contribute to drowning deaths in the fishing industry in British Columbia 1976–2002? In: *occmed* 55 (6), S. 459–462. DOI: 10.1093/occmed/kqi063.

Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (2010): *Untersuchungsbericht 557/08. Tödlicher Personenunfall durch Brechen der Festmacherleine des TMS COVADONGA am 28. Oktober 2008 in der Schleuse Brunsbüttel. Sehr schwerer Seeunfall, zuletzt geprüft am 11.03.2015.*

Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (2011): *Summarischer Untersuchungsbericht 286/09. Tod der Bootsführerin der Segelyacht CROSS-MATCH am 20. Juli 2009 bei Bornholm, zuletzt geprüft am 11.03.2015.*

Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (2012): *Untersuchungsbericht 143/11. Tod eines Besatzungsmitglieds der Segelyacht SPECIAL ONE am 30. April 2011 vor Fehmarn. Sehr schwerer Seeunfall, zuletzt geprüft am 11.03.2015.*

Buschmann, Claas (2014): *Rechtsmedizinische Obduktionen*. Berlin, 2014 an Jens Kohfahl.

Button, Chris; Croft, James L.; Cotter, James D.; Graham, Matthew J.; Lucas, Samuel J. E. (2015): Integrative physiological and behavioural responses to sudden cold-water immersion are similar in skilled and less-skilled swimmers. In: *Physiology & behavior* 138, S. 254–259. DOI: 10.1016/j.physbeh.2014.10.024.

Datta, A. (2006): Respiratory responses to cold water immersion: neural pathways, interactions, and clinical consequences awake and asleep. In: *Journal of Applied Physiology* 100 (6), S. 2057–2064. DOI: 10.1152/jappphysiol.01201.2005.

Debaty, Guillaume; Moustapha, Ibrahim; Bouzat, Pierre; Maignan, Maxime; Blancher, Marc; Rallo, Amandine et al. (2015): Outcome after severe accidental hypothermia in the French Alps: A 10-year review. In: *Resuscitation* 93, S. 118–123. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.06.013.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (21.06.2011): *Hinweise zu Schutzhandschuhen gegen mechanische Gefahren bei der Feuerwehr und den*

Hilfeleistungsorganisationen. DGUV - RS 0288/2011. Pelzl, Tim, zuletzt geprüft am 10.03.2015.

DGUV Vorschrift 1, 2013: DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention.

DLRG e.V. (2019): Anzahl der Todesfälle durch Ertrinken in Deutschland von 1993 bis 2018. Unter Mitarbeit von J. Rudnicka. Hg. v. Statista. DLRG e.V. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/5256/umfrage/anzahl-der-jaehrlichen-todesfaelle-durch-ertrinken/>, zuletzt aktualisiert am 21.02.2019, zuletzt geprüft am 17.11.2019.

Dornblüth, Otto; Pschyrembel, Willibald (2004): Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 260. neu bearb. Aufl. Berlin [u.a.]: de Gruyter.

Eglin, Clare M.; Tipton, Michael J. (2005): Repeated cold showers as a method of habituating humans to the initial responses to cold water immersion. In: *European journal of applied physiology* 93 (5-6), S. 624–629. DOI: 10.1007/s00421-004-1239-6.

DIN EN ISO 9920:2009, 2009: Ergonomie der thermischen Umgebung - Abschätzen der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination (ISO 9920:2007, Korrigierte Fassung 2008-11-01); Deutsche Fassung EN ISO 9920:2009.

DIN EN ISO 11079:2008, 2008: Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen.

DIN EN ISO 11079:2008, 2008: Ergonomie der thermischen Umgebung - Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen (ISO 11079:2007); Deutsche Fassung EN ISO 11079:2007.

DIN EN 659:2003+A1:2008, 2008: Feuerwehrschutzhandschuhe.

Giesbrecht, Gordon G.; Hayward, John S. (2006): Problems and complications with cold-water rescue. In: *Wilderness & environmental medicine* 17 (1), S. 26–30.

Gilbert, M.; Busund, R.; Skagseth, A.; Nilsen, P. A.; Solbo, J. P. (2000): Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 degrees C with circulatory arrest. In: *Lancet* 355 (9201), S. 375–376. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)01021-7.

Golden, F.; Hervey, G. R. (1981): The "after-drop" and death after rescue from immersion in cold water. In: *Hypothermia ashore and afloat*, S. 37–56.

Golden, F. S.; Hervey, G. R.; Tipton, M. J. (1991): Circum-rescue collapse: collapse, sometimes fatal, associated with rescue of immersion victims. In: *Journal of the Royal Naval Medical Service* 77 (3), S. 139–149.

Golden, Frank; Tipton, Michael (2002): *Essentials of sea survival*. Champaign, IL: Human Kinetics.

MSC/Circ.1046, 2002: Guidelines for the Assessment of Thermal Protection.

HNA (2018): "Ertrinken ist immer leise": Badeunfälle bleiben oft ungeklärt. Unter Mitarbeit von Ihe. Hg. v. Verlag Dierichs GmbH & Co KG. Hessische / Niedersächsische Allgemeine. Online verfügbar unter <https://www.hna.de/kassel/ertrinken-immer-leise-badeunfaelle-bleiben-ungeklaert-9939159.html>, zuletzt aktualisiert am 16.11.2019, zuletzt geprüft am 16.11.2019.

Hunt, Andrew P. (2018): The maximum evaporative potential of constant wear immersion suits influences the risk of excessive heat strain for helicopter aircrew. In: *PloS one* 13 (5), e0196606. DOI: 10.1371/journal.pone.0196606.

DIN EN 397:2013, 2013: Industrieschutzhelme; Deutsche Fassung EN 397:2012+A1:2012.

International Sailing Federation (2013): *The ISAF Offshore Special Regulations*. Southampton: ISAF (UK) Ltd., zuletzt geprüft am 11.03.2015.

Iyoho, Anthony E.; Ng, Laurel J.; MacFadden, Lisa (2017): Modeling of Gender Differences in Thermoregulation. In: *Military medicine* 182 (S1), S. 295–303. DOI: 10.7205/MILMED-D-16-00213.

Jones, Douglas M.; Bailey, Stephen P.; Roelands, Bart; Buono, Michael J.; Meeusen, Romain (2017): Cold acclimation and cognitive performance: A review. In: *Autonomic neuroscience : basic & clinical* 208, S. 36–42. DOI: 10.1016/j.autneu.2017.11.004.

Kaack, Ulf (2012): Ein Gecko für die Wasserrettung. In: *Rettungsmagazin* (3), S. 71, zuletzt geprüft am 19.02.2015.

Kaur, Paven P.; Drummond, Sarah E.; Furyk, Jeremy (2016): Arrhythmia Secondary to Cold Water Submersion during Helicopter Underwater Escape Training. In: *Prehospital and disaster medicine* 31 (1), S. 108–110. DOI: 10.1017/S1049023X15005464.

Keatinge, W. R.; Nadel, J. A. (1965): Immediate respiratory response to sudden cooling of the skin. In: *J Appl Physiol* 20 (1), S. 65–69.

Kempainen, Robert R.; Brunette, Douglas D. (2004): The evaluation and management of accidental hypothermia. In: *Respiratory care* 49 (2), S. 192–205.

Khatun, Aklima; Ashikaga, Sakura; Nagano, Hisaho; Hasib, Md Abdul; Taimura, Akihiro (2016): Cold-induced vasodilation comparison between Bangladeshi and Japanese natives. In: *Journal of physiological anthropology* 35, S. 13. DOI: 10.1186/s40101-016-0095-5.

DIN 33403-5:1997, 1997: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 5 - Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen.

Kohfahl, Jens (2013): Überleben nach Sturz ins (kalte) Wasser. In: *Schiff und Hafen* (4), S. 68–70, zuletzt geprüft am 02.03.2015.

Kohfahl, Meinhard; Kohfahl, Jens (Hg.) (2014): Medizin auf See. Erste Hilfe - Diagnose - Behandlung ; (mit Hinweisen zur Unfallverhütung und zum Überleben im Seenotfall). 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Hamburg: DSV-Verl.

Konstantinidou, Sylvia; Soultanakis, Helen (2016): Cardiorespiratory responses and reduced apneic time to cold-water face immersion after high intensity exercise. In: *Respiratory physiology & neurobiology* 220, S. 33–39. DOI: 10.1016/j.resp.2015.07.014.

Lunt, H.; White, D.; Long, G.; Tipton, M. (2014): Wearing a crotch strap on a correctly fitted lifejacket improves lifejacket performance. In: *Ergonomics* 57 (8), S. 1256–1264. DOI: 10.1080/00140139.2014.914579.

Marine Accident Investigation Branch (2000): Safety Digest 3/2000, zuletzt geprüft am 11.03.2015.

Miller, Kevin C.; Hughes, Lexie E.; Long, Blaine C.; Adams, William M.; Casa, Douglas J. (2017): Validity of Core Temperature Measurements at 3 Rectal Depths During Rest, Exercise, Cold-Water Immersion, and Recovery. In: *Journal of athletic training* 52 (4), S. 332–338. DOI: 10.4085/1062-6050-52.2.10.

Muth, Claus-Martin (2011): Tauchunfälle, Ertrinken, Unterkühlung. In: H. Burchardi, R. Larsen, G. Marx, E. Muhl und J. Schölmerich (Hg.): *Klinikmanual Intensivmedizin*: Springer Berlin Heidelberg, S. 436–445. Online verfügbar unter [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16941-0\\_55](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16941-0_55).

LSA-Code, 2012: Nichtamtliche konsolidierte Fassung Internationaler Rettungsmittel-(LSA-)Code vom 4. Juni 1998, zuletzt geprüft am 20.10.2019.

Noel Altendorf; Thomas Knoop (2012): Junger Mann im Strandbad Farmsen ertrunken: Jetzt ermittelt die Mordkommission im Freibad. Hg. v. Axel Springer SE. Bild.de. Online verfügbar unter

<https://www.bild.de/regional/hamburg/freibad/mann-ertrunken-mordkommission-ermittelt-25387702.bild.html>, zuletzt geprüft am 16.11.2019.

Park, Joonhee; Lee, Joo-Young (2016): Relationships of self-identified cold tolerance and cold-induced vasodilatation in the finger. In: *International journal of biometeorology* 60 (4), S. 521–529. DOI: 10.1007/s00484-015-1048-0.

DIN EN ISO 12402-2:2017, 2017: Persönliche Auftriebsmittel - Teil 2: Rettungswesten, Stufe 275 - Sicherheitstechnische Anforderungen (ISO 12402-2:2006) Deutsche Fassung EN ISO 12402-2:2006.

DIN EN ISO 20346:2004+AMD 1:2007, 2007: Persönliche Schutzausrüstung - Schutzschuhe (ISO 20346:2004+AMD 1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 20346:2004+AC:2007+A1:2007.

DIN EN ISO 20345:2011, 2012: Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsschuhe (ISO 20345:2011); Deutsche Fassung EN ISO 20345:2011.

Power, Jonathan; Simões Ré, António; Barwood, Martin; Tikuisis, Peter; Tipton, Michael (2015): Reduction in predicted survival times in cold water due to wind and waves. In: *Applied ergonomics* 49, S. 18–24. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.01.001.

Quan, Linda; Bierens, Joost J. L. M.; Lis, Rebecca; Rowhani-Rahbar, Ali; Morley, Peter; Perkins, Gavin D. (2016): Predicting outcome of drowning at the scene: A systematic review and meta-analyses. In: *Resuscitation* 104, S. 63–75. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.04.006.

RTO/NATO (2008): Survival at sea for mariners, aviators and search and rescue personnel. Neuilly-sur-Seine Cedex, France: North Atlantic Treaty Organization, Research and Technology Organization (RTO, AG-HFM-152).

DIN EN 15090:2012, 2012: Schuhe für die Feuerwehr; Deutsche Fassung EN 15090:2012.

DIN EN 420:2003+A1:2009, 2010: Schutzhandschuhe - Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 420:2003+A1:2009.

DIN EN 511:2006, 2006: Schutzhandschuhe gegen Kälte; Deutsche Fassung EN 511:2006.

DIN EN 388:2016+A1:2018, 2019: Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken.

DIN EN 342:2017, 2018: Schutzkleidung - Kleidungssysteme und Kleidungsstücke zum Schutz gegen Kälte; Deutsche Fassung EN 342:2017.

DIN EN ISO 15027-1:2012, 2013: Schutzkleidung gegen Unterkühlung im Wasser - Teil 1: Kälteschutzanzüge, Anforderungen einschließlich Sicherheit (ISO 15027-1:2012).

DIN EN ISO 15027-3:2012, 2013: Schutzkleidung gegen Unterkühlung im Wasser - Teil 3: Prüfverfahren (ISO 15027-3:2012).

Shattock, Michael J.; Tipton, Michael J. (2012): 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion? In: *The Journal of physiology* 590 (14), S. 3219–3230.

SOLAS (2019): SOLAS, Kapitel III. Rettungsmittel und -vorrichtungen. London: International Maritime Organization.

Stjepanovic, Mirko; Nikolaidis, Pantelis T.; Knechtle, Beat (2017): Swimming Three Ice Miles within Fifteen Hours. In: *The Chinese journal of physiology* 60 (4), S. 197–206. DOI: 10.4077/CJP.2017.BAF467.

Taber, Michael J.; MacKinnon, Scott N.; Power, Jonathan; Walker, Robert (2015): Breath-hold times in air compared to breath-hold times during cold water immersions. In: *Aerospace medicine and human performance* 86 (2), S. 82–87. DOI: 10.3357/AMHP.4108.2015.

Tipton, M. J. (1989): The initial responses to cold-water immersion in man. In: *Clin. Sci.* 77 (6), S. 581–588.

Tipton, M. J. (1992): The relationship between maximum breath hold time in air and the ventilatory responses to immersion in cold water. In: *European journal of applied physiology and occupational physiology* 64 (5), S. 426–429.

Tipton, M. J. (1993): The concept of an 'Integrated Survival System' for protection against the responses associated with immersion in cold water. In: *Journal of the Royal Naval Medical Service* 79 (1), S. 11–14.

Tipton, M. J.; Collier, N.; Massey, H.; Corbett, J.; Harper, M. (2017): Cold water immersion: kill or cure? In: *Experimental physiology* 102 (11), S. 1335–1355. DOI: 10.1113/EP086283.

Tipton, M. J.; Kelleher, P. C.; Golden, F. S. (1994): Supraventricular arrhythmias following breath-hold submersions in cold water. In: *Undersea & hyperbaric medicine: journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc* 21 (3), S. 305–313.

Tipton, M. J.; Stubbs, D. A.; Elliott, D. H. (1991): Human initial responses to immersion in cold water at three temperatures and after hyperventilation. In: *J Appl Physiol* (1985) 70 (1), S. 317–322.



Tipton, M. J.; Vincent, M. J. (1989): Protection provided against the initial responses to cold immersion by a partial coverage wet suit. In: *Aviation, space, and environmental medicine* 60 (8), S. 769–773.

Tipton, Michael; Eglin, Clare; Gennser, Mikael; Golden, Frank (1999): Immersion deaths and deterioration in swimming performance in cold water. In: *Lancet* 354, S. 626–629. DOI: 10.1016/S0140-6736(99)07273-6.

Tipton, Michael J. (2011): A proposed decision-making guide for the search, rescue and resuscitation of submersion (head under) victims based on expert opinion. In: *Resuscitation* 82, S. 819–824, zuletzt geprüft am 17.07.2014.

Tipton, Michael J.; Gibbs, Peter; Brooks, Chris; Roiz de Sa, Dan; Reilly, Tara J. (2010): ECG During Helicopter Underwater Escape Training. In: *aviat space environ med* 81 (4), S. 399–404. DOI: 10.3357/ASEM.2700.2010.

Turner, Sally; Wylde, Julie; Langham, Martin; Sharpe, Suzy; Jackson, Karen (2009): MCA Lifejacket Wear - Behavioural Change. Client: Maritime Coastguard Agency & the Royal National Lifeboat Institution, zuletzt geprüft am 11.03.2015.

DGUV Vorschrift 61, 1995: Wasserfahrzeuge mit Betriebserlaubnis auf Binnengewässern.

DGUV Vorschrift 60, 1999: Wasserfahrzeuge mit Betriebserlaubnis auf Binnengewässern.

WHO (2014): Global report on drowning. Preventing a leading killer. Spanien.

## Anhang

Tab. 12: veränderte Gefährdungsmatrix,  
für eine Wassertemperatur < 15 °C und einer Verweilzeit im Wasser bis 30 Minuten

Gefährdung (Ursache & Art)	Erläuterung	Gefährdungsbeurteilung Wahrscheinlichkeit (W); Folgen (F); Risiko (R)																				
		PSA 31 Einsatzbekleidung	PSA 32 Kälteschutzanzug	„PSA 34“ Einsatzbekleidung mit Trockenanzug zum Unterziehen																		
<b>Warme Umgebung</b>	z.B. hohe Außentemperaturen, Erwärmung durch Sonnenstrahlung	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>0</td></tr> <tr><td>F</td><td>-</td></tr> <tr><td>R</td><td>-</td></tr> </table>	W	0	F	-	R	-	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>2</td></tr> <tr><td>F</td><td>2</td></tr> <tr><td>R</td><td>4</td></tr> </table>	W	2	F	2	R	4	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>2</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>2</td></tr> </table>	W	2	F	1	R	2
W	0																					
F	-																					
R	-																					
W	2																					
F	2																					
R	4																					
W	2																					
F	1																					
R	2																					
<b>Sturz ins Wasser – 1. Phase</b>	Kälteschockreaktion, Autonomer Konflikt	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>8</td></tr> <tr><td>R</td><td>8</td></tr> </table>	W	1	F	8	R	8	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1
W	1																					
F	8																					
R	8																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					
<b>Sturz ins Wasser – 2. Phase</b>	Schwimmversagen	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>4</td></tr> <tr><td>R</td><td>4</td></tr> </table>	W	1	F	4	R	4	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1
W	1																					
F	4																					
R	4																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					
<b>Sturz ins Wasser – 3. Phase</b>	Unterkühlung	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>4</td></tr> <tr><td>R</td><td>4</td></tr> </table>	W	1	F	4	R	4	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1	<table border="1"> <tr><td>W</td><td>1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1</td></tr> <tr><td>R</td><td>1</td></tr> </table>	W	1	F	1	R	1
W	1																					
F	4																					
R	4																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					
W	1																					
F	1																					
R	1																					

## Interessenskonflikte

Der Autor ist Feuerwehrbeamter der Berufsfeuerwehr Hamburg. Er erklärt, dass zu keiner Zeit versucht wurde, Einfluss auf die Inhalte dieser Arbeit zu nehmen, auch gab es keinerlei Zuwendungen im Zusammenhang mit dieser Arbeit.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 25.11.2019

---

Stephan Kohfahl