

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
(Direktorin: Prof. Dr. med. habil. Britta Bockholdt)
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Der Todesfall im Wasser im Untersuchungsgut des Instituts für
Rechtsmedizin Greifswald – Umstände, Befunde, Besonderheiten**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2021

vorgelegt von:
Simon Schneppe
geb. am:
17.02.1994
in Lohne

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Karlhans Endlich

1. Gutachter: apl. Prof. Dr. Britta Bockholdt

2. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Bajanowski

Ort, Raum: Online, Zoom-Konferenz

Tag der Disputation: 10.03.2022

Inhaltsverzeichnis

1. <u>EINLEITUNG</u>	1
1.1. Einteilung und Definitionen	2
1.2. Pathophysiologie des Ertrinkens und Ertrinkungszeichen	3
1.3. Befunderhebung am Leichnam aus dem Wasser	13
1.4. Fragestellung und Zielsetzung	24
2. <u>MATERIAL UND METHODEN</u>	27
2.1. Material	27
2.2. Methoden	28
3. <u>ERGEBNISSE</u>	32
3.1. Charakterisierung des Untersuchungsgutes	32
3.2. Sektionsdiagnosen	40
3.3. Allgemeine Befunde am Leichnam	46
3.4. Äußere Ertrinkungszeichen	51
3.5. Innere Ertrinkungszeichen	56
3.6. Rechtsmedizinische Zusatzuntersuchungen	60
4. <u>DISKUSSION</u>	63
4.1. Bedeutung und Zielsetzung	63
4.2. Bewertung und Einordnung	66
4.3. Schlussfolgerung	95
5. <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	99
6. <u>LITERATUR</u>	100
7. <u>ANHANG</u>	112
7.1. Abbildungsverzeichnis	112
7.2. Tabellenverzeichnis	112
7.3. Abkürzungsverzeichnis	113
7.4. Danksagung	114
7.5. Liste der Veröffentlichungen	115

1. Einleitung

Wenige Sachverhalte in der forensischen Pathologie können so vielgestaltig sein wie der Todesfall im Wasser. Nahezu alle Konstellationen zwischen natürlichem Tod, Unfall, Suizid oder Tötungsdelikt sind bei einer Leichenauffindung im Wasser denkbar. Jeder dieser Todesumstände kann entweder im Wasser realisiert werden oder der Leichnam nachträglich ins Wasser verbracht worden sein [95]. Daher stellt die Aufklärung der Geschehnisse, die der Leichenauffindung voran gingen, für die Rechtsmedizin eine besondere Herausforderung dar.

Da nicht jede Person, die aus dem Wasser geborgen wurde, auch tatsächlich ertrunken ist, müssen alle erhobenen Befunde kritisch betrachtet und logisch in den Sachverhalt eingeordnet werden. In anderen Fällen findet man die Hinweise, dass jemand ertrunken ist, auch erst bei der Obduktion. Insbesondere die bei der Obduktion erhobenen pathologischen Organbefunde können den Tod im Wasser begünstigt oder gar herbeigeführt haben. Dabei wird die Erhebung gleichzeitig durch lange Aufenthaltszeiten im Wasser und fortschreitende Fäulnis erschwert [55].

Der Literatur ist zu entnehmen, dass Unfälle als Ursache für einen Todesfall im Wasser weit verbreitet sind. Suizide sollen hingegen seltener vorkommen, wohingegen Tötungsdelikte eine Rarität sind [36,46,50]. Bei den letztgenannten Tötungsdelikten kommt es jedoch nicht selten zu einer Tötung außerhalb des Wassers mit anschließender Ablegung des Leichnams oder von Leichenteilen im Wasser. In diesen Fällen wird auch vom *Dumping* gesprochen [58].

Ferner soll Ertrinken die häufigste Todesursache im Wasser sein. Es gilt weltweit als dritthäufigste Ursache für einen akzidentellen Tod, wobei die höchsten Ertrinkungsraten in den Entwicklungsländern zu verzeichnen sind und dort eine hohe Kindersterblichkeit bedingen [74,106]. Spezielle Formen wie der sogenannte *Badetod* oder Tauchunfälle sind selten zu beobachten [66].

Die Umgebungsbedingungen machen jeden Todesfall im Wasser einzigartig: So treffen immer wieder unterschiedliche Ertrinkungsmedien, die sich nach Art und Temperatur unterscheiden, auf Individuen, die unterschiedliche persönliche und gesundheitliche Faktoren mitbringen, in unterschiedlichem Ausmaß Flüssigkeit

aspirieren und schaffen damit individuelle Befunde bei der Leichenschau und Sektion [56]. Hier muss immer sinnvoll abgewogen werden, welchen Einfluss Umweltfaktoren und persönliche Faktoren auf den Todeseintritt hatten. Die Mechanismen, die letztlich zum Todeseintritt geführt haben, sind oft sehr komplex [28].

Mit einer ganzheitlichen Erfassung aller Umstände, die beim Todesfall im Wasser eine Rolle spielen können, sowie der Faktoren, die zu den individuellen Befunden bei der Sektion führen können, wird sich diese Arbeit befassen.

Über den Todesfall im Wasser bestehen viele Hypothesen. Neben dem Ertrinken werden immer wieder Begriffe, wie *dry lung drowning*, *immersion death* und *Badetod* diskutiert [89]. Daher sollen die Begrifflichkeiten und pathophysiologischen Hintergründe im Folgenden systematisch abgehandelt werden.

1.1. Einteilung und Definitionen

Beim Todesfall im Wasser bieten sich verschiedene Klassifikationsmöglichkeiten an. Zunächst muss differenziert werden, ob es zum Tod im Wasser kam, oder ob der Leichnam postmortal ins Wasser gelangt ist. Hierbei können natürliche und nicht-natürliche Todesursachen unterschieden werden. Bei einem Todeseintritt innerhalb des Wassers ist Ertrinken die häufigste Ursache [29,66].

Beim Ertrinken wiederum kann das *Klassische Ertrinken* vom *Atypischen Ertrinken* abgegrenzt werden. Die WHO definiert Ertrinken folgendermaßen: „The process of experiencing respiratory impairment from submersion / immersion in liquid“, also der Vorgang der Atemhinderung nach Untertauchen in einem flüssigen Medium [126]. Voraussetzung für diese respiratorische Behinderung ist, dass die Atemwegsöffnungen mindestens in Höhe der Luft-Flüssigkeits-Grenze liegen müssen [50,56].

Während die Immersion das Eintauchen des Körpers ohne Kopf beschreibt, ist bei der Submersion auch der Kopf unter die Wasseroberfläche geraten. Demnach kann Ertrinken auch als „Submersion mit Todesfolge“ bezeichnet werden. Besteht nach dem Ereignis ein Überleben von mindestens 23 Stunden, so spricht man vom *Beinahe-Ertrinken* [65].

Von einem *Atypischen Ertrinken* ist hingegen immer dann die Rede, wenn durch einen wasserunabhängigen Faktor das Ertrinkungsgeschehen verkürzt wurde. Die Definition des atypischen Ertrinkens ist jedoch uneinheitlich. Ponsold unterscheidet drei Ätiologien für das atypische Ertrinken: Nervöser Schock, Kreislaufkollaps (auch als sogenannter *Badetod* bezeichnet) und Ertrinken nach natürlichem Tod [13].

Andere Autoren beziehen auch weitere nicht-natürliche Ursachen in die Definition des atypischen Ertrinkens mit ein [50]. Dazu zählen beispielweise Traumata und mechanische Gewalteinwirkungen. Wiederum wird von weiteren Autoren der *Badetod* noch einmal separat vom atypischen Ertrinken aufgeführt. Es ist festzuhalten, dass sich die Mechanismen gegenseitig bedingen und ineinander übergehen können [13].

Die Feststellung eines natürlichen Todes im Wasser stellt eine Schwierigkeit dar, da nicht zweifelsfrei bestimmt werden kann, ob dieser Ursache oder Folge eines Untergehens war. Kardiovaskuläre Ereignisse stellen beispielsweise eine häufige alleinige Todesursache im Wasser dar, wahrscheinlich gefördert durch Anstrengung beim Schwimmen [51]. Dabei ist aber zu bedenken, dass dieses Ereignis zunächst nur zu einer Handlungsunfähigkeit der Person führen kann, die dann wegbereitend für einen Ertrinkungstod ist [51].

1.2. Pathophysiologie des Ertrinkens und Ertrinkungszeichen

Da das Ertrinken bei einer Leichenauffindung im Wasser weit verbreitet ist, werden die pathophysiologischen Hintergründe hier exemplarisch dargestellt. Ebenso soll herausgestellt werden, wie sich aus den mechanistischen Abläufen des Ertrinkens die gängigen Befunde bei der Obduktion ergeben.

Ursächlich für den Todeseintritt beim Ertrinken ist die zerebrale Hypoxie. Bereits nach drei Minuten Hypoxie tritt eine neuronale Schädigung ein, die das Outcome eines Ertrinkenden maßgeblich beeinflusst. Nach einer Hypoxiezeit von acht Minuten kann der globale Zellschaden unmittelbar zum Tod des Betroffenen führen [50].

Hier gilt es zu beachten, dass der Zeitpunkt des irreversiblen Zellschadens vom Alter des Betroffenen und der Wassertemperatur beeinflusst wird. Beispielsweise wurden

Fälle beschrieben, bei denen Kinder nach Submersionszeiten von bis zu 66 Minuten im eiskalten Wasser mit gutem neurologischem Outcome reanimiert wurden. Als Grund dafür kann der bei Kindern noch angelegte Tauchreflex angesehen werden, der bei Hypoxie zu Blutumverteilung und Bradykardie führt [30]. In dieser beschriebenen Kasuistik ist es jedoch wahrscheinlich nicht zu einem klassischen Ertrinkungsvorgang gekommen.

Neben den hypoxie-bedingten Mechanismen werden auch immer wieder Elektrolytveränderungen im Plasma diskutiert, die aus der vermeintlichen Absorption von Ertrinkungsflüssigkeit resultieren. Diese führten am Versuchstier zum Tod durch kardiale Arrhythmien [51].

1.2.1. Klassisches Ertrinken

Der Vorgang des Ertrinkens läuft in Stadien ab und beginnt, sobald der Mund unterhalb der Luft-Flüssigkeits-Grenze gerät und der Betroffene sich zwanghaft bemüht, den Atem anzuhalten. Die Phasen gliedern sich in *reflektorische Inspiration*, *willentliche Apnoe*, *Dyspnoe*, *Konvulsion* und *terminale Apnoe* [50,81].

Die initiale reflektorische Inspiration wird wider Erwarten nicht durch den Kältereiz des Wassers auf der Haut verursacht, sondern durch die Reizung der Trachealschleimhaut. Dies konnte durch Untersuchungen an Hunden gezeigt werden [120].

Auf die Phase der willentlichen Apnoe folgt die Phase der Dyspnoe. Ihr Beginn ist dadurch gekennzeichnet, dass kein weiteres willentliches Luftanhalten mehr möglich ist. Studien zufolge ist dies bei einem arteriellen $p\text{CO}_2$ über 55 mmHg mit assoziierter Hypoxie oder einem $p\text{O}_2$ von unter 100 mmHg der Fall [30].

Hierbei kann es zu einem Flüssigkeitseintritt in den Oropharynx kommen, der unmittelbar zu einem Laryngospasmus führt. Die Phase des Atemanhaltens und des Laryngospasmus macht einen weiteren Gasaustausch unmöglich, sodass der $p\text{O}_2$ weiter fällt und der $p\text{CO}_2$ gleichermaßen ansteigt [81]. Folge der forcierten Hypoxie, Hyperkapnie und Azidose ist nun ein unüberwindbarer Atemreiz, der zum unkontrollierten Wassereintritt in die Atemwege führt.

Von den Atemwegen ausgehend kann das Wasser vermutlich in die Nasennebenhöhlen gelangen. Häufig finden sich später derartige Flüssigkeitseinlagerungen im Sinus sphenoidalis. Der Nachweis wurde im Jahre 1965 zuerst von V.A. Svěšnikov

beschrieben [92] und findet seither als *Svechnikov-Zeichen* Anwendung in der Diagnostik des Ertrinkungstodes [11,47].

Als weiterer Befund am Schädel lassen sich nach Niles (1963) Einblutungen in die Mittelohrräume, beziehungsweise blutgestaute Warzenfortsätze nennen [92]. Dabei ist das Trommelfell noch intakt. Wahrscheinlich können diese Einblutungen mit Druckänderungen beim Aufenthalt im Wasser oder während des Ertrinkungsvorgangs in Verbindung gebracht werden [114].

Trotz der nun wieder sehr starken Respirationsbemühungen ist der Gasaustausch aufgrund der Obstruktion im Kehlkopf weiter unmöglich. Gerät das Wasser in Berührung mit der Schleimhaut des Larynx, kommt es zu einem unwillkürlichen Hustenreflex. Dabei werden mit dem Wasser gleichzeitig auch Reste eingeatmeter Luft ausgestoßen, was die Dyspnoe weiter verstärkt.

Der Großteil des eingeatmeten Wassers wird reflektorisch von der Schleimhaut verdrängt und gelangt zunächst in den Magen. Weiterhin ist bekannt, dass sich durch die Kontraktion inspiratorischer Muskeln die maximale Zeit des Atemanhaltens verlängern kann. Ebenso gilt dies für Schluckbewegungen. Dies könnten auch Gründe dafür sein, dass sich Wasser in den Mägen Ertrunkener befindet. Erst bei weiterem Abfall des Sauerstoffgehalts im Blut kommt es zum Einatmen von Flüssigkeit und Aspiration [9,81,91]. Die aspirierte Flüssigkeitsmenge ist abhängig von der Atemfrequenz, der Dauer des Laryngospasmus, der Tiefe der Atembewegungen und der Dauer bis zum Eintritt des Herzstillstandes [63].

Die Aspiration von Flüssigkeit führt zur Ausbildung eines wichtigen, ante mortem Phänomens, dem Schaum in den Atemwegen. Dieser gilt somit als vitales Ertrinkungszeichen. Der Schaum entsteht durch das Verquirlen von Luft, Wasser, Bronchialschleim und Surfactant zunächst in der Lunge und verlässt diese retrograd [13,46,81]. Seine Stabilität erhält er durch sezernierte Muzine. Durch seine feinblasige Differenzierung kann er von Schaumbildungen bei anderen Erkrankungen abgegrenzt werden. Blutbeimengungen und rötliche Farbe kommen durch druckbedingte Verletzungen an der Lungenarchitektur zu Stande [92,114].

Durch die postmortale Verkleinerung der Lungen wird der in den Atemwegen gebildete Schaum passiv aus Mund und Nase heraus befördert und nimmt eine

typische Pilzstruktur ein. Man spricht deshalb auch vom äußeren Schaumpilz [110]. Entsprechend wird der Fund von Schaum innerhalb von Trachea und großen Bronchien als innerer Schaumpilz bezeichnet [13,55]. Als weitere Ursache für das Heraustreten wird aber auch die spätere, fäulnisgasbedingte Erhöhung des intra-abdominellen Drucks aufgeführt [110].

Beim Ertrinken gerät der Schluckreflex außer zentraler Kontrolle. Dadurch ist nicht mehr gewährleistet, dass er außerhalb von Atemexkursionen stattfindet. Dies birgt ein hohes Aspirationsrisiko, welches zusätzlich durch den verstärkten Brechreiz als Folge von verschluckter Ertrinkungsflüssigkeit verstärkt wird [9].

Durch Überdehnung nach dem Verschlucken größerer Wassermengen und Schaum, in Kombination mit Erbrechen, kann es zu druckbedingten Einrissen in der Magenschleimhaut kommen [10,13,127]. Diese längsgestellten Schleimhautrisse wurden zuerst von Fritz (1932) beschrieben und werden in der Literatur oft fälschlicherweise als *Sehrt'scher Schleimhautriss* bezeichnet [35,127]. Die Aspiration von bei Erbrechen unter Wassereinfluss herausbeförderten Speiseresten, werden nach Prokop hingegen als sogenannter *Sehrt'scher Magentod* bezeichnet [91,111]. Als postmortales Zeichen für das erhebliche Verschlucken von Ertrinkungsflüssigkeit gilt das *Wylder'sche Zeichen*. Wylder (1896) beschrieb es als positiv, wenn sich nach Umfüllen des Mageninhalts im Gefäß eine Dreischichtung einstellt: Die obere Phase erscheint schaumig und besteht aus einem Gemisch aus Ertrinkungsflüssigkeit und proteinreichem Trachealsekret, das direkt dem Ertrinkungsvorgang zugeordnet werden kann. Darunter setzt sich eine flüssige Phase ab, die der Ertrinkungsflüssigkeit entspricht, die wiederum den festen Nahrungspartikeln aufliegt [38,92].

An das Stadium der Dyspnoe schließt sich das Stadium der Konvulsion als Zeichen der fortschreitenden zerebralen Hypoxie an. Diesem Stadium wird beim Ertrinkungsvorgang die Produktion der Hauptschaummengen zugesagt. Aber auch Einblutungen in die tiefe Halsmuskulatur beziehungsweise Atemhilfsmuskulatur können bei Überstreckung und Überbeanspruchung durch Krämpfe diesem Stadium zugeordnet werden [13,91].

Den Abschluss des Ertrinkungsvorgangs bildet die Apnoe, gegliedert in die präterminale Apnoe bei der noch ein Kreislauf vorliegt und in die terminale Schnappatmung, die den unmittelbaren Beginn des mechanischen Herzstillstandes anzeigt [13].

Obwohl Elektrolytveränderungen und osmotische Effekte durch das Ertrinkungsmedium sehr kontrovers gesehen werden, finden sich in der Literatur immer wieder Angaben über unterschiedliche Auswirkungen von Süß- und Salzwasser beim Ertrinken: Demnach kommt es beim Süßwasserertrinken durch eine hypotone Hyperhydratation nach osmotischer Umverteilung des Wassers in den Körperkreislauf zu einem begünstigten Auftreten eines trockenen Lungenemphysems, dem sogenannten *Emphysema aquosum* [29,46].

Ursächlich für die Lungenüberblähung ist die durch gesteigerte Schleimproduktion in Kombination mit Schaumbildung bedingte, expiratorische Verlegung der Atemwege. Der hierdurch erzeugte Ventilmechanismus führt zu einer feinblasigen Überblähung der Lungen. Bei der Sektion ergibt sich das Bild von ballonierten Lungen, die die Pleurahöhlen ausfüllen und mit ihren Rändern über den Herzbeutel reichen [46,76].

Weitere, destruktive Faktoren verleihen dem Emphysem Stabilität und behindern das Retraktionsvermögen. Als Folge sind nach Eröffnung des Thorax oftmals Abdrücke der Rippen auf der Lunge zu erkennen [13,51,81].

Verursacht durch die starke Überblähung, können sich kleine verwaschene Rhexisblutungen unter den Lungenüberzügen finden, die sogenannten Paltauf'schen Flecke. Paltauf beschrieb sie als von Blutaustritt begleitete Extravasationen von Ertrinkungsflüssigkeit, die in Färbung und Abgrenzung spezifisch sind. Dies begründete er damit, dass der Austritt von Ertrinkungsflüssigkeit aus dem Alveolarinneren nach außen unter die Pleura erfolgt. Dies verleihe den Blutaustritten ihren verwaschenen Charakter [79].

Das Emphysema aquosum zeigt eine trockene Gestalt, beim Anschnitt läuft lediglich wenig Ödemflüssigkeit oder Schaum ab. Die Ursache liegt in der Absorption von Ertrinkungsflüssigkeit aus der Lunge ins Plasma, was bei ausreichender Kreislauffunktion nach dem Atemstillstand noch weiter unterstützt wird. Bei vollständiger Absorption der Flüssigkeit, wodurch sich das Bild von trockenen, unversehrten Lungen ergibt, wird auch vom *dry-lung drowning* gesprochen

[51,55,81,114]. Der Mechanismus der Absorption gilt insbesondere für das Süßwasserertrinken und geht entsprechend mit einer erheblichen Gewichtsreduktion der Lungen einher. Weitere Faktoren, die das verhältnismäßig geringe Lungengewicht beim Süßwasserertrinken ausmachen könnten, sind die Abnahme der Aspiratvolumina mit der Zeit und eine Anämie der Lungengefäße mit typisch marmoriertem Aussehen [13].

Die Aufnahme der hypotonen Flüssigkeit in die Lungenstrombahn, führt zu einem pulmonalarteriellen Druckanstieg [13]. Als Ursache für die pulmonale Hypertonie werden weiterhin angesehen: Euler-Liljestrand-Reflex bei alveolärer Hypoxie, Hyperkapnie, Azidose, Katecholaminausschüttung und obstruktive Mikroangiopathie, die beim Süßwasserertrinken durch das anfängliche alveoläre Ödem stark ausgeprägt ist [13].

Bedingt durch die Flüssigkeitsaufladung im Kreislauf kommt es zur Hämolyse mit Hyperkaliämie und Hyponatriämie, was wiederum Herzrhythmusstörungen begünstigen kann [55]. Die obstruktive Mikroangiopathie führt zu einer verringerten Sauerstoffaufnahme, sodass in Konsequenz weniger Sauerstoff zu CO₂ verstoffwechselt wird. Gleichzeitig soll auch die Sauerstoffabgabe durch einen Hydrops auf zellulärer Ebene erschwert sein. Dies lässt sich mit einem experimentell beobachteten geringen Abfall der Sauerstoffkonzentration bei gleichzeitig geringem Anstieg der CO₂-Gehalts im Blut in Einklang bringen [13].

Des Weiteren kann die erhebliche Flüssigkeitsaufladung in den Kreislauf auch zu Linksherzbelastung und kardialen Lungenödem führen [114]. Die Ausbildung eines Lungenödems wird noch einmal dadurch unterstützt, dass das aspirierte Süßwasser zu einer Denaturierung des Surfactants führt, aus der eine alveoläre Instabilität mit Permeabilitätssteigerung resultiert [30,56]. Insgesamt gesehen wird dem Süßwasserertrinken durch die angesprochenen Faktoren ein deutlich schnellerer Ablauf zugesagt.

Entgegen der Verhältnisse beim Süßwasserertrinken soll es beim Salzwasserertrinken zu einer osmotisch bedingten Flüssigkeitsumverteilung in den Alveolarraum mit Folge eines sogenannten *Oedema aquosums* bei hypertoner Hyperhydratation kommen. Dies geht mit einer Erhöhung des Lungengewichts einher [29]. Durch die

hämodynamischen Veränderungen nach Flüssigkeitsumverteilung können vagale Reaktionen auftreten. Die mediane Dauer des Ertrinkungsvorgangs beträgt etwa doppelt so lange wie beim Süßwasserertrinken, wobei die aspirierten Volumina deutlich kleiner sind [13].

Neben den Veränderungen an der Lunge stellen Hypoxie und Hypernatriämie die bedeutenden Gefahren dar [55]. Die Auswirkungen auf den Surfactant sind hier deutlich geringer, auch die umverteilten Flüssigkeitsvolumina fallen geringer aus. Daher ist beim Ertrinken im Salzwasser insgesamt von einer günstigeren Prognose auszugehen [30,114].

Andere Untersuchungen konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede in den Elektrolytkonzentrationen zwischen den beiden Ertrinkungsmedien feststellen. Die Autoren verweisen hier auch auf den Einfluss postmortalen Autolyse auf die Serumelektrolyte [51]. Sie kommen alle zu dem Entschluss, dass die Osmolarität entscheidender ist als die Menge des aspirierten Wassers, die beschriebenen Elektrolytveränderungen aber sehr schnell durch Umverteilungsmechanismen kompensiert werden können. Demnach müssten etwa 22 ml Wasser pro kg Körpergewicht aspiriert werden, um relevante Elektrolytveränderungen zu verursachen. Ein anfängliches Lungenödem entstehe auch unabhängig von osmotischen Gradienten [9,50,56].

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Hypoxie beim Ertrinken gegenwärtig als die wichtigste Todesursache gilt [30].

1.2.2. Atypisches Ertrinken

Wie bereits beschrieben, lässt sich das *Atypische Ertrinken* auf drei wesentliche Ätiologien reduzieren: Nervöser Schock, Kreislaufkollaps (auch sogenannter *Badetod*) und natürlicher Tod im Wasser. Da einige Autoren den *Badetod* noch einmal gesondert betrachten, wird dieser im Folgenden abgegrenzt besprochen.

Die Gruppe *Atypisches Ertrinken nach nervösem Schock* umfasst die vier Ursachenkomplexe *Kehlkopfschock* (Laryngospasmus durch Eintritt von Wasser), *Schmerzchock* (Reizung des Plexus solaris bei Eintritt ins Wasser mit konsekutiver

Vasodilatation), *Störungen im Labyrinth des Innenohrs* (zum Beispiel nach Perforation des Trommelfells) und *Kälteschock* [13].

Eine lang gültige Meinung war, dass bei etwa 10-15 % der Ertrinkungsfälle ein Laryngospasmus vorläge. Durch Reizung des Nervus laryngeus superior mit nachfolgender Verkrampfung der Stimmritze solle zwar der Wassereintritt verhindert werden, der Tod trete dann aber nach zerebraler Hypoxie beziehungsweise Asphyxie im engeren Sinn ein. Da ein Stimmritzenkrampf bei der Sektion nicht nachweisbar ist, sei eine trockene, unversehrte Lunge das morphologische Korrelat dieses nervösen Reflexes [30,50,114].

Aktuellere Publikationen gehen allerdings davon aus, dass dieses sogenannte *dry-lung drowning* praktisch nicht vorkommt. Selbst wenn ein Spasmus bestünde, könne er bei fortschreitender Hypoxie und Eintritt der Bewusstlosigkeit nicht weiter andauern. Mikroskopische Untersuchungen ergaben selbst bei makroskopisch trockenen, unversehrten Lungen einen Nachweis von Ertrinkungsflüssigkeit.

Eine auch mikroskopisch trockene Lunge sei nur bei natürlichen Todesfällen oder einer postmortalen Leichenverbringung ins Wasser denkbar [9,63,81].

Der kalorischen Reizung des Labyrinths kommt bezüglich der Erzeugung einer Orientierungslosigkeit wahrscheinlich nur eine geringe Bedeutung zu. Im Tierversuch konnte diese Annahme bisher nicht bestätigt werden [91].

Wichtiger scheint jedoch der Einfluss des kalten Wassers auf den Körper zu sein. Beim raschen Eintauchen in das kalte Wasser reagiert der Kreislauf mit reflexartiger Tachykardie und Vasokonstriktion. Dies führt zu einer Anhäufung azidotischer Stoffwechselprodukte, die wiederum die maximale Atemanhaltezeit begrenzen [9]. Die Abfolge sympathischer und parasympathischer Einflüsse wirkt proarrhythmogen. Eine solche Abfolge kann beispielweise durch die vagale Stimulation bei Abbrechen des Atemanhaltens erzeugt werden. Dies wird noch einmal durch die gleichzeitige Immersion des Kopfes unterstützt [9,113]. Auch eine Hypothermie durch das kalte Wasser birgt große Gefahren. Sie kann im schlimmsten Fall zum Bewusstseinsverlust führen, sodass der Betroffene nicht mehr in der Lage ist, die Atemwege über Wasser zu halten [9].

Nicht zu unterschätzen sind zusätzliche toxikologische Beeinflussungen. Sie schränken die Kompensationsmöglichkeiten ein. Gekennzeichnet sind sie durch schnelles Untergehen mit protrahiertem Kreislaufversagen [125]. Gut 20% der akzidentellen Todesfälle im Wasser sollen unter alkoholischer Beeinflussung stehen. Neben gestörter Koordination kann hier insbesondere die Anfälligkeit für vagale Reaktionen begünstigend wirken. Ein Beispiel dafür wäre das plötzliche Abkühlen der warmen Gesichtshaut bei Eintritt in das kalte Wasser [32,81].

Allgemein gilt, dass kardiovaskuläre Erkrankungen für den Ertrinkungsvorgang förderlich sein können [81]. Darüber hinaus werden aber auch psychische Faktoren als mitursächlich diskutiert. So beschreiben beispielsweise selbst erfahrene Triathleten eine diffuse Angst vor dem Ertrinken nach dem schnellen Sprung ins Wasser. Diese könne zu einer Reduktion der maximalen Muskelkraft und einem Unvermögen, sich selbst zu retten, führen [9].

Auch nicht-natürliche Todesursachen im Wasser können dem atypischen Ertrinken zugeordnet werden. Dies sind Schädel-Hirn-Traumata oder Verletzungen der Halswirbelsäule, sowie die verschiedensten Gewalteinwirkungen beim Suizid. Abhängig vom primären Trauma kann der Ertrinkungsvorgang verkürzt und die typischen Obduktionsbefunde wie feinblasiger Schaum und überblähte Lungen nur geringgradig ausgebildet sein [50].

Alles in Allem handelt es sich um ein komplexes Ursachengefüge, das sich auch gegenseitig bedingen kann und somit den Ertrinkungsvorgang verkürzt.

1.2.3. Badetod

Der Badetod ist nach Püschel gekennzeichnet durch ein plötzliches Untersinken des Körpers ohne Ertrinkungsagonie [95]. Entscheidende Ursache ist eine Vasolabilität, die mutmaßlich, aber nicht zwingend, durch Reflexmechanismen bedingt wird [91]. Zu diesen vagalen Reflexen zählt der *Ebbecke-Reflex*, der *Aschner-Bulbusdruck-Reflex* und der *Hering-Nasenschleimhaut-Reflex* [29,125].

Beim sogenannten Ebbecke-Reflex kommt es nach Reizung von Fasern des Nervus trigeminus zu einem unwillkürlichen Schluckreflex und weiterer Aktivierung parasymphatischer Fasern [91]. Dies wird beim Aschner-Bulbusdruck-Reflex durch

Druckeinwirkungen auf das Auge verursacht. Chemische oder thermische Reizung der Nasenschleimhaut führt beim Hering-Nasenschleimhaut-Reflex ebenfalls zur Bradykardie. Dies wurde beispielsweise schon bei Tötungsdelikten in der Badewanne beschrieben: Durch schnellen Zug an den Beinen des Opfers kam es möglicherweise zur Schleimhautreizung durch eingeatmetes Wasser, die in einer Handlungsunfähigkeit der betroffenen Person mündete. [125].

Auch durch die Reizung peripherer Nerven durch das kalte Wasser können vasovagale Reaktionen ausgelöst werden. Prokop führte hierzu sogar den Begriff *Kälteanaphylaxie* ein und hält somit auch eine Histaminausschüttung nicht für ausgeschlossen [51,91].

Allgemein lässt sich festhalten, dass sich Blutumverteilungen zum Beispiel nach Nahrungsaufnahme, Überhitzung und Alkoholisierung, begünstigend auf diese Mechanismen auswirken [29,51].

Daneben werden noch weitere prädisponierende, innere Faktoren beschrieben, die noch nicht genau bekannt sind. Zu diesen können auch kardiale Vorbelastung und hohes Alter gezählt werden. Insbesondere diese Gruppe ist für die Kombination aus Dehydratation und Tachykardie sehr kollapsanfällig. Besonders in warmen Gewässern ist nur mit dem Kopf ein Temperatúrausgleich über Schwitzen möglich. So reagiert der Körper mit Vasodilatation und Tachykardie [9]. Ebenso gefährlich wirkt sich die Steigerung des Thoraxinnendrucks bei Aufenthalt im Wasser auf diese Personengruppe aus. Der gesteigerte Druck bedingt einen verminderten venösen Rückfluss und dadurch eine erniedrigte Auswurfleistung des Herzens [91].

Der Badetod wird aber auch bei Kindern und jungen Erwachsenen beobachtet. Da diese in der Regel nicht erheblich vorerkrankt sind, könnten hier auch genetische Abweichungen (zum Beispiel Long-QT Syndrom) eine Rolle spielen [125].

Durch den entstehenden Bewusstseinsverlust beim Badetod ist die untergehende Person einer unkontrollierten Wasseraspilation ausgesetzt [91]. Trotzdem ist die Diagnose mit Hilfe von Befunden bei der Sektion nicht möglich. Der Badetod gilt als Ausschlussdiagnose, wenn keine ertrinkungstypischen Zeichen gefunden werden können.

1.3. Befunderhebung am Leichnam aus dem Wasser

Die Sektionsdiagnose *Ertrinken* zu stellen, gilt als schwierig. Sie ist häufig eine Ausschlussdiagnose, wenn keine anderen Befunde ersichtlich sind, die die Todesursache konkurrierend beschreiben könnten. Dass eine Vielzahl an Ertrinkungsvorgängen unbeobachtet bleiben, stellt dabei eine weitere Schwierigkeit dar, sodass der genaue Ablauf vielleicht nie nachvollzogen werden kann [18].

Eine Vielzahl der Obduktionsbefunde beim Ertrinken ist sehr unspezifisch. Zusätzlich kann beim Fehlen hinweisgebender Befunde ein Ertrinken noch lange nicht ausgeschlossen werden [81]. So können beispielweise beim atypischen Ertrinken typische Ertrinkungsbefunde wegen der stark herabgesetzten Reflexbereitschaft nur gering ausgeprägt auftreten [110]. Die einzelnen Ertrinkungsmechanismen bilden ein Kontinuum, und genauso vielfältig kann sich auch das Befundbild gestalten, sodass eine strenge Abgrenzung manchmal nur schwer möglich ist [13].

Bei der Sektion muss man sich bewusst sein, dass sie nur ein verzögertes und verändertes Abbild von dem widerspiegelt, was wirklich zum Todeseintritt geführt hat. Die Befunde stehen immer unter Beeinflussung von dem Ertrinkungsvorgang, Reanimationsversuchen, Fäulnis und weiteren postmortalen Faktoren [28]. Allein ein verlängertes Intervall zwischen Bergung und Obduktionszeitpunkt kann die Ertrinkungszeichen schon verändern [51].

Neben den typischen Ertrinkungsbefunden lassen sich bei der Befunderhebung aber auch Zeichen aufführen, die von der Einwirkung des Wassers auf den Körper herrühren. Auch die Erscheinungen durch den Aufenthalt im Wasser sollen hier noch abgehandelt werden.

1.3.1. Bedeutung der Ertrinkungszeichen für die Diagnostik des Ertrinkungstodes

Gerät ein Leichnam ins Wasser, so kommt es nicht zu einem passiven Wassereinstrom in die Lungen. Stattdessen bedarf es aktiver Ventilationsbemühungen für eine Aspiration. Hier setzten die ersten diagnostischen Methoden an. Der anschließende Flüssigkeitsübertritt über die alveolo-kapilläre Barriere sollte nachgewiesen werden. Da die Befunderhebung durch lange Zeiten bis zur

Obduktion, Fäulnis und Reanimationsmaßnahmen stark eingeschränkt wurde, gilt dieser Ansatz heute als obsolet [56,89].

Einige Obduktionsbefunde, deren Entstehung sich womöglich direkt aus dem in Stadien ablaufenden Ertrinkungsvorgang ergibt, wurden bereits genannt. Auf ihre Relevanz für die forensisch-pathologische Diagnostik soll im Folgenden noch genauer eingegangen werden.

Bei der Diagnostik des Ertrinkens mittels Sektion lassen sich zwei große Befundgruppen bilden: Befunde mit einem *Beweiswert für Ertrinken* und *hinweisgebende Ertrinkungszeichen* [50]. Ob die Befunde mit Beweiswert wirklich ein Ertrinken beweisen, darf in Frage gestellt werden, da es eigentlich keinen Befund gibt, der für sich allein genommen eine sichere Diagnosestellung ermöglicht [10,27].

Einen Beweiswert soll das gemeinsame Auftreten von Emphysema aquosum und Schaumpilz haben [50]. Andere Autoren ordnen auch den Paltauf'schen Flecken, dem Wydler'schen Zeichen und dem Magenschleimhautriss eine hohe diagnostische Relevanz zu [125]. Nur hinweisgebend sollen hingegen das Svechnikov-Zeichen, blutgestaute Warzenfortsätze und Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur des Halses sein [125].

1.3.1.1 *Ertrinkungszeichen mit Beweiswert*

Dem Lungenzeichen Emphysema aquosum wird bei der Autopsiediagnostik des Ertrinkens eine sehr große Bedeutung zugesprochen [125]. Trotzdem kann die Diagnostik nicht allein auf Lungenpathologien gestützt werden. Das Emphysema aquosum muss klar von Lungenüberblähungen anderer Genese abgegrenzt werden. Obwohl es im Gegensatz zu chronischen Emphysemen feinblasiger und ohne Bullae in Erscheinung treten soll, ist die Differenzierung manchmal schwierig [46,51,89].

Auch Wassereinlagerungen in der Lunge müssen nicht zwingend mit einer Aspiration in Verbindung gebracht werden. Sie können auch bei Linksherzversagen, Intoxikation und nach prolongierter Reanimation beobachtet werden [18]. Gleichzeitig werden die Lungenbefunde immer auch durch individuelle Faktoren des Opfers und des Ertrinkungsvorgangs beeinflusst [28].

Als wichtigstes Ertrinkungszeichen bei der äußeren Leichenschau gilt der feinblasige Schaum vor Mund und Nase, in voller Ausprägung auch als *äußerer Schaumpilz* bezeichnet [89]. Ihm wird eine hohe Bedeutung zugesprochen, da grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass es bei jedem klassischen Ertrinken zur Bildung von feinblasigem Schaum kommt [125].

Trotzdem ist die Stabilität des Schaums gegenüber Umwelteinflüssen nicht zwingend gewährleistet. Denkbar sind hier zum Beispiel Auswascheffekte des Wassers, Fäulnis und niedrige Umgebungstemperatur [101].

Außerdem ist anzumerken, dass die alleinige äußere Begutachtung nach Schaum nicht ausreicht, da sich durch die retrograde Ausbreitung oftmals nur ein innerer Schaumpilz finden lässt [101]. Generell müssen bei Auftreten von Schaum in den Atemwegen immer auch andere Ursachen wie ein kardiales Lungenödem in Betracht gezogen werden [114].

Ein weiterer morphologischer Befund an den Lungen sind die bereits beschriebenen *Paltauf'schen Flecke*. Ihr hoher Beweiswert für das Ertrinken setzt jedoch voraus, dass sie als solche richtig erkannt werden [125]. Dies wird unter anderem dadurch erschwert, dass sie selten zu beobachten sind und häufig beispielsweise von Rußablagerungen überdeckt werden. Der mikroskopische Nachweis soll jedoch häufiger gelingen [13].

Von hoher Relevanz sind auch die Befunde Wydler'sches Zeichen und Magenschleimhautriss. Das Wydler'sche Zeichen ist aber nur von Bedeutung, wenn eine klare Dreischichtung zu erkennen ist. Zweischichtungen des Mageninhalts konnten auch bei Nicht-Ertrunkenen ausgemacht werden [38]. Welche Rolle Verfälschungen durch Resuspension des Mageninhalts bei starker Bewegung des Leichnams spielen könnten, ist nicht bekannt [38].

Längsgestellte Schleimhautrisse treten nicht regulär bei Ertrinkungsfällen auf. Trotzdem können sie dazu dienen, die Diagnose zu verifizieren, da sie dem Pathomechanismus direkt zugeordnet werden können [10]. Dennoch muss hinterfragt werden, inwieweit eine verlässliche Befunderhebung an der Magenschleimhaut durch verschiedene Umwelteinflüsse überhaupt möglich ist [10].

1.3.1.2 *Hinweisgebende Ertrinkungszeichen*

Die hier abgehandelten Befunde lassen sich immer wieder bei Ertrinkungsfällen beobachten. Sie geben einen Hinweis, dass es sich mechanistisch um einen Ertrinkungsvorgang gehandelt haben könnte. Trotzdem sind diese Zeichen sehr unspezifisch, da sie entweder immer wieder auch bei anderen Todesfällen beobachtet werden oder unter dem Einfluss zahlreicher Störfaktoren stehen.

Auf den Flüssigkeitsnachweis in der Keilbeinhöhle wurde bereits hingewiesen. Von Vorteil ist hierbei die gute anatomische Erreichbarkeit der Keilbeinhöhle während der Obduktion. Das Dach der Keilbeinhöhle wird dabei mit einer Nadel punktiert und der Inhalt schließlich mit einer Spritze aspiriert [11]. Wie genau die Ertrinkungsflüssigkeit in die Keilbeinhöhle gelangt, ist bisher nicht sicher geklärt. Eine aktive Aspiration nach Ventilationsbemühungen und somit vitale Reaktion gilt als wahrscheinlich, aber auch ein passiver Flüssigkeitseintritt in Folge hydrostatischer Druckunterschiede ist möglich. Gegen einen passiven Flüssigkeitseintritt spricht jedoch, dass diese sich dann gleichmäßig auf alle Nebenhöhlen verteilen würde. Dies ist aber nur selten der Fall [47].

Darüber hinaus ist hier eine Beeinflussung durch Fäulnisprozesse denkbar [134]. Das Svechnikov-Zeichen ist daher nur hinweisgebend. Gleiches gilt auch für die blutgestauten Warzenfortsätze [125].

Einen wichtigen Fokus stellt bei der Diagnostik des Ertrinkungstodes der Gastrointestinaltrakt dar. Unabhängig vom Wydler'schen Zeichen oder Schleimhautrissen kann der Fund von Wasser im Magen auf eine Submersion zu Lebzeiten hinweisen, was aber nicht beweisend für ein Ertrinken ist. In turbulenten Gewässern ist der Befund unspezifisch, in Badewannen oder Pools kann ihm jedoch eine größere Bedeutung zugesprochen werden. Beim klassischen Ertrinken kommt es zum Verschlucken einer nicht unbeträchtlichen Menge Wassers. Die Abstinenz von Wasser ist hier hinweisgebend für einen schnellen Todeseintritt durch Ertrinken oder für eine primär andere Todesursache, die eine Submersion bedingte [81,114]. Stellt sich auch Ertrinkungsflüssigkeit im Duodenum dar, so ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass dieses nicht passiv dorthin gelangt ist [65].

Bei der Beurteilung von Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur des Halses müssen Traumata, äußere Gewalteinwirkungen oder Hypostase als Ursache sicher ausgeschlossen werden können [21]. Blutungen durch Überextensionen müssen nicht zwingend für ein Ertrinken sprechen, sondern können beispielsweise auch aus Rettungsversuchen resultieren [21,89,94].

Als sehr unspezifisches Zeichen gilt das Auftreten von flüssigem Leichenblut und Plasmaverdünnung zum Obduktionszeitpunkt. Die Befunderhebung erfolgt sehr subjektiv und ist somit nicht reliabel [51,91].

Um die Reliabilität bei der Autopsiediagnostik zu erhöhen, werden immer wieder neue Ansatzmöglichkeiten beschrieben. Eine Möglichkeit ist beispielsweise die Erfassung der Organgewichte. Beim Lungengewicht wird erwartet, dass es sich aufgrund der Faktoren Wasserresorption, Alveolarwandschaden und kardialen Pumpversagen erhöhen müsse. Mutmaßlich ist hier die Stauung beim terminalen Pumpversagen ausschlaggebend [41,121,133]. Unterschiede im Hinblick auf die Osmolarität des Wassers konnten nicht ausgemacht werden [27,121,131]. Erhebliche Unterschiede im Lungengewicht sind aber durch alters- und geschlechtsspezifische Differenzen zu erwarten [133].

Ähnliche Erhöhungen konnten auch für das Nieren- und Lebergewicht beobachtet werden, wobei sich ein erhöhtes Lebergewicht auch bei anderen Todesfällen durch Asphyxie fand. Das häufig beschriebene reduzierte Milzgewicht kann wahrscheinlich als postmortales Phänomen gedeutet werden [41,42].

Eine aktuellere makromorphologische Methode fokussiert sich auf den Ausflusstrakt des linken Herzens. Bedingt durch die Hämolyse nach hypoosmolarer Plasmaverdünnung beim Ertrinken soll sich eine Rotfärbung der Gefäßwand der aufsteigenden Aorta einstellen [16]. Man spricht hier vom *aortic haemolytic staining*. Die Rotfärbung wird durch das bei der Hämolyse freigesetzte Hämoglobin verursacht und ist somit nicht spezifisch für das Ertrinken. Auch bei Fäulnis, Sepsis oder Verbrennungen können ähnliche Beobachtungen gemacht werden [17].

Auch ergänzende mikroskopische Untersuchungen können bei der Diagnostik des Ertrinkungstodes hinzugezogen werden. Exemplarisch ist hier der Nachweis von Kieselalgen (Diatomeen) zu nennen. Nach Schädigung der alveolo-kapillären

Barriere durch massive Wasserresorption können sie diese passieren und über den Körperkreislauf in die Organe verschleppt werden. [29,33]. Dies geschieht schon in der Phase der Dyspnoe [33]. Bei positivem Nachweis in ausreichender Konzentration werden die Stämme mit Proben aus dem Ertrinkungsmedium verglichen [33]. Der Diatomeennachweis gilt als ergänzende Untersuchung und ist insbesondere bei stark fäulnisveränderten Leichen indiziert [33].

Nachteilig ist aber anzumerken, dass er nicht bei Todesfällen in Badewannen oder Pools angewendet werden kann, da die Diatomeen dort nicht in ausreichender Konzentration vorliegen. Ebenso sind Verfälschungen durch Reanimation, vorherige Aufnahme über die Luft und postmortalen Übertritt denkbar [33]. Der Diatomeennachweis wird aktuell sehr kritisch gesehen, da Kieselalgen ubiquitär vorkommen und ein Nachweis bei Leichen unterschiedlicher Todesursachen gelingt [50].

Versucht wurde auch die Anzahl der Alveolarmakrophagen im Lungengewebe als Ertrinkungsnachweis zu etablieren. Durch Auswascheffekte ist eine Reduktion denkbar. Dies konnte im Versuch, gemessen an der Dichte von Lungengewebe, bestätigt werden. Für eine Nutzung sind aber noch weitere Untersuchungen nötig [8].

Kontrovers wird ebenfalls die Suche nach einem Blutmarker für das Ertrinken gesehen [5,4]. Durch die Absorption der Ertrinkungsflüssigkeit in den Kreislauf mit resultierender Hämolyse könnte man Veränderungen in Hb, Harnstoff-Stickstoff- und Elektrolytkonzentrationen erwarten [4,132]. Als vielversprechend stellte sich bisher die Differenz der Strontiumkonzentration im Herzblut zwischen rechter und linker Kammer dar. Sie konnte aber nur einen Hinweis auf Ertrinken geben, wenn die Strontiumkonzentration im Ertrinkungsmedium entsprechend hoch war [5,4,86]. Zu bedenken ist auch, dass Elektrolytkonzentrationen unter starker Beeinflussung durch postmortale Umverteilungsmechanismen und weiteren physikalischen Faktoren stehen [4,86].

Als Ergänzung zur Sektion werden bildgebende Verfahren wie ein postmortales CT immer weiter etabliert [124]. Eine hohe Spezifität für das Ertrinken und die korrekte Wertung der beschriebenen Befunde als Ertrinkungszeichen ist jedoch auch hier nicht zweifelsfrei gegeben [123].

1.3.2. Zeichen für den Aufenthalt im Wasser

Nach der Bergung einer Wasserleiche ist, je nach Dauer der Wasserexposition, mit auffälligen Befunden am Leichnam zu rechnen. Durch das feuchte Milieu sind Auswirkungen auf die Haut zu beobachten, deren Ausprägung wiederum von der Wassertemperatur beeinflusst wird. Ebenfalls ergeben sich lage- und strömungsbedingte Erscheinungen und Defekte, die genauer nachvollzogen werden müssen.

Beim Versinken eines Leichnams im Wasser stellt sich in der Regel durch den Schwerpunkt des Körpers eine Bauchlage ein. Diese Lage beim Treiben ermöglicht die Ausbildung eines Totenflecksystems an der Körpervorderseite, insbesondere an Kopf, Hals und Schultergürtel. Die Ausbildung der Totenstarre wird meist verzögert, sie dauert dafür aber auch länger an [50,55]. Andere Autoren gehen wiederum auch von einem sehr schnellen Einsetzen der Starre aus, da durch den Überlebenskampf beim Ertrinken die relevanten ATP-Vorräte sehr schnell verbraucht werden würden [30].

Durch mechanische Widerstände beim Treiben in Bauchlage sind die resultierenden Oberhautdefekte als sogenannte Treibverletzungen auch an besonderer Lokalisation zu finden. Oberflächliche bis tiefe Läsionen finden sich bevorzugt an Stirn, Handrücken, Knien und Zehen [29].

Beim Fortschritt der Fäulnis wird durch die Gasbildung ein Wiederauftauchen des Leichnams vom Grund des Gewässers möglich. Es ist aber festzuhalten, dass der Fäulnisfortschritt von Wasser und dessen Temperatur stark beeinflusst wird [45]. Durch niedrige Umgebungstemperatur und Luftabschluss wird die Geschwindigkeit von Vergängnisprozessen herabgesetzt. Gleichzeitig bildet das Wasser eine natürliche Barriere gegenüber nekrophagen Insekten [105]. Nach der Casper-Regel gilt, dass die Veränderungen im Wasser etwa die doppelte Zeit wie bei Luftexposition in Anspruch nehmen [22]. Dies kann zusätzlich auch auf den Salzgehalt des Wassers, der das Bakterienwachstum einschränkt, zurückgeführt werden [20,29,114].

Bei entsprechend langer Liegezeit im tiefen, kalten Wasser kann der Fäulnisprozess auch komplett ausgesetzt bleiben. Stattdessen kommt es zu einer Umwandlung des Leichnams in Fettwachs, was mit einer Konservierung des Leichnams über längere

Zeit gleichzusetzen ist [95,114]. Auch Teilmumifizierungen wurden schon beschrieben [114]. Nach der Bergung des Leichnams aus dem Wasser muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Fäulnisveränderungen nun fast exponentiell aufholen können [114].

Ein wichtiger, typischer Befund an Wasserleichen ist die *Waschhautbildung*. Hierbei kommt es zu einer Faltenbildung und Quellung der Oberhaut, beginnend an Fingerspitzen, -kuppen und -beeren. Sie schreitet mit längerer Liegezeit kontinuierlich über die Beugeseite bis zur Hohlhand fort. Darauf folgt eine Aufrauung und Runzelung. Lateral- und Dorsalflächen, sowie später die ganze Hand und der Fuß sind erst darauffolgend betroffen. In fortgeschrittener Ausprägung kommt es zunächst zu einer Weißfärbung, später dann zu einer handschuhartigen Ablösung der Waschhaut [50,93,100]. Die Weißfärbung soll im Süßwasser stärker ausgeprägt sein, im Salzwasser zeigt die Waschhaut dagegen eher ein trockenes Erscheinungsbild (Auslaugung) [93].

Es gilt zu beachten, dass die Waschhaut nicht den Tod im Wasser beweist, sondern lediglich als Zeichen anzusehen ist, dass der Leichnam im nassen Milieu lag [46,91]. Eine erste Manifestation findet schon nach 30-60 Minuten Wasserkontakt statt. Abweichungen ergeben sich dabei durch die Wassertemperatur und die Hautbeschaffenheit (zum Beispiel Fettfilm oder stark verhornte Epidermis, hoher Hautturgor) [93,100]. Prädisponiert für diese Erscheinung sind die Hände. Dies wird noch einmal dadurch gestützt, dass sich an mit Kleidung bedeckten Körperstellen die Waschhautbildung verzögert [51].

Nach Püschel können erste Faltenbildungen und Quellungen an den Fingern schon innerhalb der ersten zwölf Stunden sicher beobachtet werden. Eine Ausbreitung auf die gesamte Hand ist innerhalb von 18 Stunden möglich, die Weißfärbung der gesamten Hand kann nach gut 24 Stunden beobachtet werden [93]. Das Zeitintervall der Immersion, bis die Waschhaut irreversibel ist, scheint etwa fünf Stunden zu betragen [100].

Fäulnisfortschritt und Waschhautbildung werden zur Liegezeitbestimmung von Wasserleichen genutzt. Dabei ist die Wassertemperatur der wesentliche Einflussfaktor. Je höher Wasserliegezeit und Temperatur, desto stärker ist der

Fortschritt der postmortalen Leichenerscheinungen. Dies machte sich Reh zu Nutze und entwarf nach retrospektiver Analyse eine Tabelle, in der er jedem Monat mit definierter Wassertemperatur eine Mindestliegezeit zuordnet, bis bestimmte Hauterscheinungen auftreten [67]. Die Validität der Angaben der etwa 40 Jahre alten Tabelle darf heute in Frage gestellt werden. Bei Nutzung der Tabelle für die aktuell ermittelte Wassertemperatur sollen die Parameter aber noch gut übereinstimmen [67].

Nach Reh finden die Leichenerscheinungen im Wasser nacheinander in Komplexen statt, an deren Beginn Oberhautverfärbungen, Fäulnisgasdunstung, sowie die Lockerung der Körperbehaarung stehen. Nach Ablösung der Körperhaare soll es zur Lösung der Waschhaut kommen. Erst auf die sehr späten Fäulnisveränderungen wie Fäulnisflüssigkeit, blutleere Herzhöhlen und Erweichung des Hirns soll schließlich die Ablösung der Nägel erfolgen [99].

Anzumerken ist, dass eine wirkliche Abfolge der Erscheinungen nur bei niedrigen Wassertemperaturen auszumachen ist. Bei hohen Temperaturen in den Sommermonaten ist der Ablauf der Leichenerscheinungen so rasch, dass sie mehr oder weniger parallel ablaufen [99].

Andere Autoren bewerten die Leichenerscheinungen mit Mindestliegezeiten: Liege lediglich an den prädisponierten Stellen Waschhaut vor, ist beispielweise von wenigen Tagen Liegezeit auszugehen. Fäulnis markiere eine Mindestliegedauer von wenigen Tagen bis zu einer Woche, bei weiterem Fortschritt, beispielsweise mit einem Durchschlagen der Venennetze, ist auch von über zwei Wochen Liegezeit auszugehen [50,51].

An dieser Stelle muss noch einmal betont werden, dass Rückschlüsse auf die Mindestliegezeit im Wasser auf Grundlage von Leichenerscheinungen immer sehr vage sind. Die rechtsmedizinische Praxis lehrt, dass bei ausreichend hoher Wassertemperatur auch schon weit fortgeschrittene äußere Erweichungserscheinungen, trotz kurzer Liegezeit, gesehen werden können. Dabei muss der Fäulnisfortschritt auch nicht zwingend mit der Waschhautentwicklung korrelieren [51].

Darüber hinaus finden sich nach dem Aufenthalt im Wasser Anhaftungen wie Schlamm, Sand und Algen am Leichnam. Dessen Zusammensetzung kann auf mögliche Aufenthaltsorte des Toten im Gewässer schließen lassen [29,51]. Ein Algenrasen auf der Haut der Wasserleiche kann frühestens nach vier bis 10 Tagen ausgebildet sein, in der Regel dauert es länger. Zur Liegezeitbestimmung können die Algen aber nur orientierend genutzt werden, da keine konkreten Referenzdaten vorliegen und die Validität somit eingeschränkt ist [105].

Verursacht durch die starke Strömung, kann der Körper teilweise große Strecken im Gewässer zurücklegen. Eine anfangs bekleidete Leiche kann nun teilweise unbekleidet geborgen werden. Eine entkleidete Wasserleiche muss also nicht auf ein Sexualdelikt hindeuten [13].

Wassertiere verursachen oberflächliche bis tief reichende Defekte an der Haut, die von vitalen Verletzungen zu unterscheiden sind. Weitere avitale Verletzungen sind im Wasser durch vorbeifahrenden Schiffs- und Bootsverkehr (zum Beispiel Schiffs-schraubenverletzungen) und durch die Bergungsmaßnahmen denkbar [50].

Auch bei der inneren Leichenschau lassen sich Kennzeichen für einen Aufenthalt im Wasser festmachen. Bei Ertrinkungsfällen wurde häufig eine Erhöhung des Lungengewichts festgestellt. Hierbei spielt aber nicht nur das isolierte Organgewicht eine Rolle, sondern die Summe aus Organgewicht und Transsudat in der Pleurahöhle, das sogenannte kombinierte Lungengewicht. In Studien konnte bestätigt werden, dass mit zunehmender Wasserliegezeit vermehrt Flüssigkeit in den Pleurahöhlen festzustellen war [73]. Auch Vermutungen, dass die Menge des Pleuraergusses mit der aspirierten Wassermenge korreliert, wurden aufgestellt [129]. Der Versuch, dies als vitales Ertrinkungszeichen zu deuten, konnte bisher nicht bestätigt werden.

Vielmehr geht man heute davon aus, dass es postmortal zu einem Wasserinflux in die Lungen kommt, der sich dann als Erguss auf die Pleurahöhle umverteilt. Dabei muss aber bedacht werden, dass es sich bei diesen Pleuraergüssen mit fortschreitender Fäulnis auch um Fäulnisflüssigkeit handeln kann [51,73,129].

1.3.3. Weitere Befunde am Leichnam

Die Deutung von Verletzungserscheinungen stellt bei Wasserleichen noch einmal eine besondere Herausforderung dar. Hier muss differenziert werden, ob sie vital oder avital sind und ob sie potenziell hätten im Wasser entstehen können. Vitale Verletzungen können zum Beispiel akzidentell, suizidal oder im Sinne eines Tötungsdelikts entstanden sein. Gleichzeitig können Verletzungen, die im Wasser hervorgerufen wurden (zum Beispiel Verletzungen durch Wasserfahrzeuge), erst postmortal aufgetreten sein, jedoch auch als Todesursache in Betracht kommen [13,51].

Primäre Traumata können im Rahmen eines atypischen Ertrinkens den Ertrinkungsvorgang verkürzen. Die typischen Ertrinkungszeichen wären in diesem Fall nur geringgradig ausgeprägt. Daher sollte das Augenmerk ebenfalls auf das Verletzungsmuster gelegt werden. Das akzidentelle Ertrinken nach einem Sturz ins flache Gewässer ist häufig mit Traumata von Halswirbelsäule und Schädel-Hirn assoziiert. Beispiele für charakteristische Befunde sind hier Einblutungen in die tiefe Nackenmuskulatur im Bereich C1/C2, gegebenenfalls begleitet von Wirbelkörperfrakturen als Zeichen der Hyperextension [50,114].

Vitale Verletzungen können sinnvoll interpretiert werden, um den genauen Ablauf, wie es zum Tod im Wasser kam, nachzuvollziehen. Obwohl Tötungsdelikte hier eine Rarität sind, können Abwehrverletzungen an typischer Lokalisation einen Hinweis geben. Gleichzeitig könnte bei Nicht-Vorliegen von Verletzungen die These *Suizid* gestützt werden [29]. Erschwerend muss hier erwähnt werden, dass Tötungsdelikte nicht zwingend mit erheblichen Verletzungserscheinungen einhergehen müssen. Bedingt durch lange Wasserliegezeiten können sich diskrete Befunde, wie Strangulationsmarken, auch wieder zurückgebildet haben [64].

Reanimationsmaßnahmen sollten bei der Obduktion ebenfalls berücksichtigt werden. Diese können zu Verschiebungen in den Obduktionsbefunden führen oder sie sogar vollständig beseitigen. Sollten also ausgesprochen wenig Ertrinkungszeichen gefunden werden, so muss immer überprüft werden, ob es einen Anhalt auf durchgeführte Reanimationsmaßnahmen gibt [66].

1.4. Fragestellung und Zielsetzung

Wie bereits beschrieben, ist der Todesfall im Wasser sehr vielfältig. Bedingt durch individuelle Faktoren des Opfers und die Umwelteinflüsse am Ort des Geschehens wird jeder Sachverhalt einzigartig.

Bei der Diagnosestellung *Tod durch Ertrinken* kann der Rechtsmediziner lediglich beurteilen, ob die erhobenen Befunde mit einem Ertrinkungstod in Einklang gebracht werden können. Die abschließende Diagnose ist meist aber eine Ausschlussdiagnose [10]. Obwohl manchmal viele Umstände augenscheinlich für ein Ertrinken sprechen, legt die Obduktion beim Todesfall im Wasser häufig weitere pathologische Befunde dar. Für den Forensiker ist es nun elementar zu entscheiden, was zuerst passierte und wie dann der weitere zeitliche Ablauf war. Die Obduktionsbefunde müssen hierzu in Bezug zu Umständen in der Umgebung und den individuellen Faktoren des Verstorbenen gesetzt werden. Ergänzt werden können sie durch rechtsmedizinische Zusatzuntersuchungen.

Praktisch sind alle Todesumstände, von natürlichem Tod bis zum Tötungsdelikt möglich. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass diesen nur mit einer umfassenden Analyse auf den Grund gegangen werden kann [26,59,60,95]. Eine solche umfassende Analyse soll auch diese Arbeit bieten.

Bei einer retrospektiven Betrachtung von gut 1.600 Todesfällen im Wasser in Dänemark, konnte bei über 40% der Fälle keine eindeutige Todesursache bestimmt werden. Nur durch beweisende morphologische Befunde und sichere äußere Umstände war in den restlichen Fällen die Diagnosestellung möglich [60]. Die Übergänge zwischen klassischem und atypischem Ertrinken, inklusive Badetod, sind teilweise fließend. Eine Abgrenzung, die sich rein auf die Befunde der Obduktion stützt, gestaltet sich dabei als schwierig. Gleichzeitig muss bei Festlegung auf die Sektionsdiagnose *Ertrinken* immer hinterfragt werden, warum es zu diesem Umstand gekommen ist, warum sich der Geschädigte nicht selbst aus dem Wasser befreien konnte, ob Erkrankungen, Verletzungen oder toxikologische Beeinflussungen eine Rolle spielten [13,26]. Dies betont noch einmal mehr, wie wichtig eine ganzheitliche Erfassung der Umstände für die Aufklärung des Todesfalls ist.

Immer wieder werden gewisse *innere Faktoren* diskutiert, die das Auftreten eines Badetodes begünstigen könnten. Neben Überhitzung, vollem Magen oder Alkoholisierung sind viele Faktoren bis heute noch unbekannt. Auch wird immer wieder versucht, bestimmte Risikogruppen für den Badetod auszumachen. Ihnen soll ein schnelles Untergehen mit geringgradiger Ausbildung von Ertrinkungszeichen gemein sein [13,29]. Hier wäre es wichtig, aus dem Obduktionsgut Risikofaktoren ausmachen zu können oder Erkenntnisse aus der Zusammenschau aller Sektionsbefunde zu gewinnen.

Inwieweit einzelne Ertrinkungszeichen überhaupt einen Beweiswert [50] haben, dürfte in Frage gestellt werden. Typische Befunde, wie Emphysema aquosum oder feinblasiger Schaum in den Atemwegen, konnten in Fall-Kontroll-Studien nicht als spezifisch für das Ertrinken herausgestellt werden. Unabhängig von der genauen Todesursache einer Wasserleiche, lassen sich viele Obduktionsbefunde lediglich mit einem Aufenthalt im Wasser verbinden. Rückschlüsse auf den genauen Todesmechanismus sind meist nicht möglich.

Das gleichzeitige Auftreten mehrerer Ertrinkungszeichen erhöht zwar die Wahrscheinlichkeit für ein Ertrinken, ist dafür aber viel seltener. Letztlich zeigen einige Wasserleichen sogar gar keine morphologischen Befunde, die eine Diagnosestellung ermöglichen [12,60,81]. Viele Sektionsbefunde sind nützlich, aber bisher gibt es keinen spezifischen, diagnostischen Test, der ein Ertrinken beweisen kann [27,121]. Welche der bisher bekannten Befunde sind aber besonders spezifisch für das Ertrinken?

Ein Nicht-Vorliegen der hinweisgebenden Obduktionsbefunde schließt ein Ertrinken noch nicht aus [81]. Sie stehen unter der mutmaßlichen Beeinflussung von vielen Faktoren: Wasserliegezeit, Reanimationsmaßnahmen, Zeitintervalle bis zur Obduktion und Weitere. Das Vorliegen dieser Einflussfaktoren könnte die Evidenz der einzelnen Befunde herabsetzen [51]. Hier gilt es zu untersuchen, welche Ertrinkungszeichen besonders beständig gegen die einzelnen Störfaktoren sind und eine konstante Validität aufweisen.

Die Effekte des Wassers auf den Leichnam müssen noch genauer verstanden werden. Immer wieder wird diskutiert, inwieweit die Osmolarität des Wassers

einzelne Ertrinkungszeichen verändert. Die Studienlage spricht der Osmolarität heute eine viel geringere Bedeutung zu als noch vor einigen Jahren.

Viele äußere Erscheinungen am Leichnam werden aber durch das Wasser bedingt und können hilfreich sein, die genaue Liegezeit zu bestimmen [50,59]. Schemata zur Liegezeitbestimmung sind heute teilweise veraltet oder ihre Validität wurde unzureichend überprüft. Es fehlt an neueren Alternativen zur Bestimmung der Wasserliegezeit anhand der äußeren Leichenerscheinungen [67].

Ziel dieser Arbeit ist es, den Todesfall im Wasser ganzheitlich zu beschreiben. Neben den Befunden bei der Sektion sollen Charakteristika des Untersuchungsgutes, Sachverhalte und alle weiteren Umstände quantitativ erfasst und analysiert werden. Unter welchen Umständen gelangten welche Personen ins Wasser, wie häufig war Ertrinken und welche Risikogruppen können festgestellt werden? Welche Beeinflussungen der Betroffenen lagen vor und inwieweit stimmen die Obduktionsfrequenzen mit den Häufigkeitsangaben über Badetote und Ertrinkungsfälle aus der Todesursachenstatistik der Region überein?

Darüber hinaus sollen auch die Sektionsbefunde analysiert werden: Wie häufig treten die in der Literatur beschriebenen Obduktionsbefunde auf, wie zuverlässig sind sie und durch welche Störfaktoren wird die Befunderhebung beeinflusst. Wie beeinflusst der Aufenthalt im Wasser und die Umweltbedingungen die äußeren Erscheinungen am Leichnam? Mit diesen Fragen soll sich die folgende retrospektive Untersuchung systematisch befassen.

Dabei soll das Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald dazu dienen, den Todesfall im Wasser näher zu charakterisieren. Das Greifswalder Institut bedient den Zuständigkeitsbereich der Staatsanwaltschaften Stralsund und Neubrandenburg. Der Einzugsbereich umfasst das Gebiet der gegenwärtigen Landkreise Vorpommern-Greifswald, Vorpommern-Rügen und Mecklenburgische Seenplatte mit einer Einwohnerzahl von etwa 724.000 (Stand: 06/2017) [116]. Neben den größeren Städten Neubrandenburg, Stralsund und Greifswald gehören auch die Inseln Rügen und Usedom zum Einzugsbereich. Das genannte Gebiet hat aufgrund von Ostseeküste und Mecklenburgischer Seenplatte eine nationale touristische Bedeutung.

2. Material und Methoden

2.1. Material

Die retrospektive Analyse erfolgte anhand des Obduktionsgutes des Instituts für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald. In die Untersuchung wurden alle Sektionen im Zeitraum von 1997 bis 2017 eingeschlossen ($n=4.305$).

Um relevante Fälle für die vorgelegte Analyse zu identifizieren, wurden die Obduktionsbücher der angegebenen Jahre systematisch nach Todesfällen im Zusammenhang mit Wasser untersucht. In den Obduktionsbüchern sind alle Sektionsfälle eines Jahres chronologisch aufgeführt. Neben persönlichen Daten des Verstorbenen und Informationen zu angeordneten Untersuchungen im Rahmen des Todesermittlungsverfahrens, findet sich hier auch eine Kurzbeschreibung des Sachverhalts und die abschließende Sektionsdiagnose.

Die Kurzbeschreibung des Sachverhalts wurde dabei unter anderem auf Stichworte begutachtet, die auf eine Leichenauffindung im Wasser schließen lassen (Beispiel: „im Zustand fortgeschrittener Fäulnis im Schilfgürtel aufgefunden“). Neben dem Sachverhalt wurden auch die abschließenden Sektionsdiagnosen gesichtet, um weitere Ertrinkungsfälle auszumachen. So ergab sich zunächst eine grobe Vorauswahl an Protokollen.

Nach der Vorauswahl wurde jedes Protokoll einzeln begutachtet, um die Auswahlkriterien zu bestätigen. In die Untersuchung wurden schließlich sämtliche Todesfälle einbezogen, bei denen der Leichnam entweder im Wasser aufgefunden wurde oder die Auffindesituation auf einen Tod im Zusammenhang mit Wasser schließen ließ. Dies erfolgte unabhängig von der abschließenden Sektionsdiagnose und dem Fortschritt postmortalen Leichenveränderungen. Insgesamt waren dies $N=331$ Fälle, was einem Anteil von 7,7% am Greifswalder Obduktionsgut des angegebenen Zeitraums entspricht.

Neben den Obduktionsprotokollen wurden dann alle weiteren Dokumente, die dem Protokoll angefügt waren, in die Untersuchung mit einbezogen. Hierzu gehörten beispielsweise Leichenschauberichte der Polizei oder die einer rechtsmedizinischen

Leichenschau vor Ort, Polizeiprotokolle, Vermisstenanzeigen, Notarztprotokolle und Patientenakten des Verstorbenen. Außerdem wurden die Ergebnisse sämtlicher rechtsmedizinischer Zusatzuntersuchungen berücksichtigt.

2.2. Methoden

2.2.1. Datenerfassung

Bezugnehmend auf den aktuellen Stand der Wissenschaft zum Thema *Tod im Wasser* wurde eine Datentabelle für die retrospektive Analyse der Todesfälle selbst erstellt. Dies erfolgte mit dem Programm *SPSS Statistics Version 23, IBM*. In der Tabelle wurden neben allgemeinen Angaben zur Charakterisierung des Untersuchungsgutes, auch Sektionsbefunde, Verletzungen und andere äußere Erscheinungen am Leichnam, Ergebnisse rechtsmedizinischer Zusatzuntersuchungen und das Ergebnis der Sektion erfasst (vgl. Tab. 1).

Die meisten Variablen ließen sich direkt aus den Angaben im Sektionsprotokoll übertragen. Zur Ermittlung der *Beziehung zwischen Fundort und Meldeadresse* wurden die Daten aus den Protokollen verwendet und damit der Abstand in Kilometer Luftlinie bestimmt. Entsprechend ergaben sich die Kategorien *Häuslichkeit, Wohnort* (≤ 10 km), *nähere Umgebung* (> 10 km – 50 km) und *Angereist* (> 50 km).

Die Wasserliegezeit wurde nur angegeben, sofern verlässliche Angaben in den Polizeiprotokollen vorlagen oder der Ablauf rekonstruiert werden konnte. In der Regel wurde für die Wasserliegezeit die angegebene Vermisstenzeit der Person verwendet. Für die Variable *Todesumstand* wurden zuerst viele, sehr genaue Unterpunkte erstellt und diese nach einer ersten Sichtung weiter zusammengefasst. Der Sachverhalt *Vermisstenfall* wurde dabei als eigener Punkt beibehalten, da hier nur Fälle erfasst sind, bei denen eine Vermisstenmeldung vorlag und der Leichnam später im Wasser aufgefunden wurde. Die genauen Todesumstände sind hier unbekannt.

Ebenso wurden Fälle nur als *Suizid* deklariert, wenn aus den Ermittlungsakten eindeutige Hinweise hervor gingen (zum Beispiel Abschiedsbrief oder psychiatrische Vorerkrankung mit Suizidalität).

Tabelle 1

Übersicht der erfassten Variablen im Untersuchungsgut

Überbegriff	Erfasste Variablen
Charakterisierung des Untersuchungsgutes	Alter, Geschlecht, Todesumstände, Fund-Gewässer, Verhältnis zwischen Wohnort und Fundort, Jahreszeit, Zeugen, Fundposition, Bekleidung, Osmolarität des Gewässers, Reanimationsmaßnahmen, Wasserliegezeit, Zeit bis zur Obduktion
Innere und äußere Ertrinkungszeichen	Schaumpilz zum Fund- und Obduktionszeitpunkt, Emphysema aquosum, Svechnikov-Zeichen, Verwässerter Darminhalt, Wydler'sches Zeichen, Magenschleimhautriss, Paltauf'sche Flecke, Muskelblutung Hals, Blutgestaute Warzenfortsätze, Aortic haemolytic staining
Äußere Befunde am Leichnam	Treibverletzungen, Waschhaut, Oberhautablösung, Haarverlust, Fettwachs, Algenbewuchs, Tierfraß, Fäulnis
Verletzungen am Leichnam	Vital / Avital, Region, Qualität, Mechanismus, Bewertung
Zusatzuntersuchungen	Venöser Blutalkoholgehalt und Grad der Beeinflussung, Toxikologische Analytik
Diagnosen	Sektionsdiagnose (Todesursache), Sekundäre Sektionsdiagnose, Todesursache laut Todesbescheinigung, Grunderkrankung, Atypisches Ertrinken, Ort des Todeseintritts

Ein *Emphysema aquosum* wurde nur als vorhanden dokumentiert, sofern im Protokoll keine andere Genese (zum Beispiel chronisches Emphysem) genannt wurde. War dies doch der Fall, wurde in der Tabelle keine Angabe gemacht.

Äußere Befunde am Leichnam wie beispielsweise Fäulnis oder Waschhautbildung wurden in drei Stadien ihres Fortschritts beschrieben. Nach welchen Kriterien die einzelnen Stadien bestimmt wurden, ist im Ergebnisteil genauer ausgeführt.

Auch weitere Sektionsdiagnosen, die Hinweise auf länger vorbestehende, krankhaft bedingte Organveränderungen gaben (zum Beispiel nebenbefundliche Herzkranzschlagadersklerose), wurden unter der Variable *Sekundäre Sektionsdiagnose* dokumentiert. Analog dem Vorgehen bei den Todesumständen ergaben sich auch hier aus vielen, zunächst sehr genauen Punkten im Verlauf übergeordnete Kategorien.

Beispiel: Bei der Sektion ergab sich neben den Ertrinkungszeichen und der *Sektionsdiagnose* „Tod durch Ertrinken“ eine ausgeprägte Linksherzhypertrophie als länger vorbestehende Organveränderung. Diese wurde durch den Obduzenten im Sektionsprotokoll als morphologisches Korrelat einer arteriellen Hypertonie aufgefasst. Die *Linksherzhypertrophie* wurde somit bei der Datenerfassung unter der Variable *Sekundäre Sektionsdiagnose* entsprechend notiert. Später ergab sich hieraus die übergeordnete Kategorie *Kardialer Befund*. Analog wurde für alle Fälle vorgegangen, sofern weitere Daten vorlagen.

Unter der Variable *Atypisches Ertrinken* wurden die Angaben erfasst, die im Sektionsprotokoll als mögliche Ursache für einen verkürzten Ertrinkungsvorgang diskutiert wurden.

Sollte sich in den Grafiken und Tabellen bei der Gesamtzahl eine Abweichung vom Obduktionsgut von $N=331$ Fällen oder der vorhandenen Fallzahl mit erfüllten Einschlusskriterien ergeben, so konnte für die fehlenden Fälle keine Angabe in der entsprechenden Kategorie gemacht werden.

2.2.2. Kategorisierung

Das Untersuchungsgut beschränkte sich auf alle Todesfälle mit einer Leichenauffindung im Wasser ($N=331$). Innerhalb dieser Kohorte wurden weitere Untergruppen gebildet, die einer vergleichenden Analyse dienen sollten.

Die wichtigste Kategorisierung ergab sich anhand der abschließenden Sektionsdiagnose in die drei Gruppen: *Klassisches Ertrinken*, *Atypisches Ertrinken* und *Kein Ertrinken*. Anhand der Fälle in den drei Gruppen wurden die Häufigkeit und Ausprägung von Sektionsbefunden vergleichend analysiert.

Gleichermaßen wurde für die Kategorien *Reanimation* (ja/nein), *Wasserliegezeit* und *Fäulnisfortschritt* vorgegangen. Für die Untersuchung der Ertrinkungszeichen wurden lediglich Fälle mit der Sektionsdiagnose *Ertrinken* (klassisch oder atypisch) ohne Fäulnisveränderungen berücksichtigt ($n=199$).

Für alle weiteren Untersuchungsgegenstände, insbesondere bei der Charakterisierung des Untersuchungsgutes, erfolgte die Einteilung in Vergleichsgruppen angepasst an die zu untersuchende Variable. So wurden

beispielsweise die Häufigkeiten der einzelnen *Todesumstände* unter anderem im Geschlechtervergleich, im Vergleich der Altersgruppen und der Beziehung zur Örtlichkeit analysiert. Andere Variablen, wie zum Beispiel das *Fund-Gewässer*, wurden wiederum anhand der Todesumstände vergleichend analysiert.

2.2.3. Auswertung

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte ebenfalls mit dem Statistikprogramm *SPSS Statistics Version 23, IBM*. Hauptsächlich wurden deskriptive Statistiken zu Häufigkeitsverteilungen angefertigt.

Für die vergleichende Analyse von kategoriellen Variablen wurden Kreuztabellen über die relativen Häufigkeiten erstellt. Eine Signifikanzprüfung erfolgte mit dem Pearson- X^2 -Test für ein festgelegtes Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$. Sind Ergebnisse in den folgenden Abbildungen als signifikant dargestellt, beruht dies immer auf einer Kontingenzanalyse mittels Kreuztabellen.

Für normalverteilte, metrische Variablen, zum Beispiel den Flüssigkeitsgehalt in der Keilbeinhöhle, wurden die Mittelwerte der Gruppen mit einer einfaktoriellen ANOVA und Bonferroni Post-hoc-Test miteinander verglichen. Eine Betrachtung der Gruppen mit und ohne Reanimationsmaßnahmen erfolgte mit einem Zwei-Stichproben-t-Test. Auch hier lag in beiden Fällen das festgelegte Signifikanzniveau bei $\alpha=0,05$.

3. Ergebnisse

3.1. Charakterisierung des Untersuchungsgutes

Im Untersuchungszeitraum von 1997 bis 2017 wurden am Greifswalder Institut 4.305 Sektionen durchgeführt. Unter diesen 4.305 Sektionen fanden sich 331 Leichenauffindungen im Wasser, was einer relativen Häufigkeit von 7,7% entspricht. Die jährliche Anzahl variierte zwischen sieben (2009) und 31 Fällen (1999). Im Jahr 2009 ergab sich auch die niedrigste relative Häufigkeit mit einem Anteil von 4,1% am jährlichen Obduktionsgut, das Maximum lag mit 13,1% im Jahr 2004 (vgl. Abb. 1).

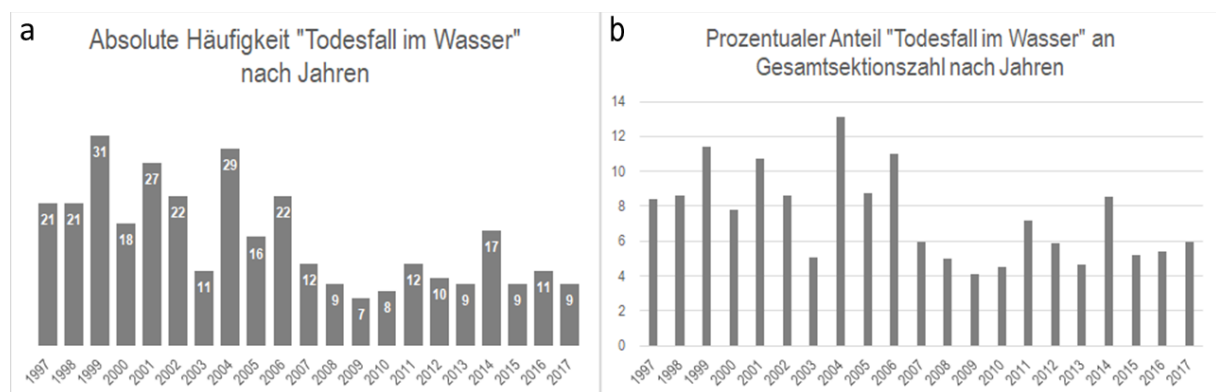


Abbildung 1. Häufigkeit Todesfall im Wasser im Untersuchungszeitraum

- Absolute Häufigkeit *Todesfall im Wasser* nach Jahren: Im Untersuchungszeitraum von 1997 bis 2017 fanden sich 331 Leichenauffindungen im Wasser. Die jährliche Anzahl variierte zwischen sieben (2009) und 31 Fällen (1999).
- Relative Häufigkeit *Todesfall im Wasser* an Gesamtobduktionszahl nach Jahren: Der *Todesfall im Wasser* nahm eine relative Häufigkeit von 7,7% an der gesamten Sektionszahl im Untersuchungszeitraum an. Die niedrigste relative Häufigkeit ergab sich mit 4,1% im Jahr 2009, der höchste Anteil lag mit 13,1% im Jahr 2004.

3.1.1. Alter und Geschlecht

Es stellte sich annähernd ein Geschlechterverhältnis von 3:1 zu Gunsten der Männer (75,2% männlich; 24,8% weiblich) dar. Das Sterbealter differierte zwischen einem Jahr und 90 Jahren, mit einem Mittelwert von 48,9 Jahren und Median von 50 Jahren. Hier gilt es zu beachten, dass das Alter in ganzen Jahren erfasst wurde.

Das Sterbealter der Männer kann als annähernd normalverteilt beschrieben werden.

Die untersuchten Frauen hatten hingegen ein durchschnittlich höheres Lebensalter zum Todeszeitpunkt erreicht. Konkret waren 23,5% der Frauen in der Altersgruppe

50-59 Jahre. Auch sehr hohe Altersgruppen waren bei den Frauen häufiger vertreten (14,8% gegenüber 4,9% bei Männern in der Gruppe der 80-89-jährigen). Insgesamt waren in der Altersgruppe der über 60-jährigen mit 45,7% bei den Frauen deutlich mehr Personen vertreten als bei den Männern (27,5%; $p=0,013$) (vgl. Abb. 2b). Das Durchschnittsalter der Frauen war mit 56,2 Jahren signifikant höher als bei den Männern mit 46,5 Jahren ($p<0,001$) (vgl. Abb. 2a).

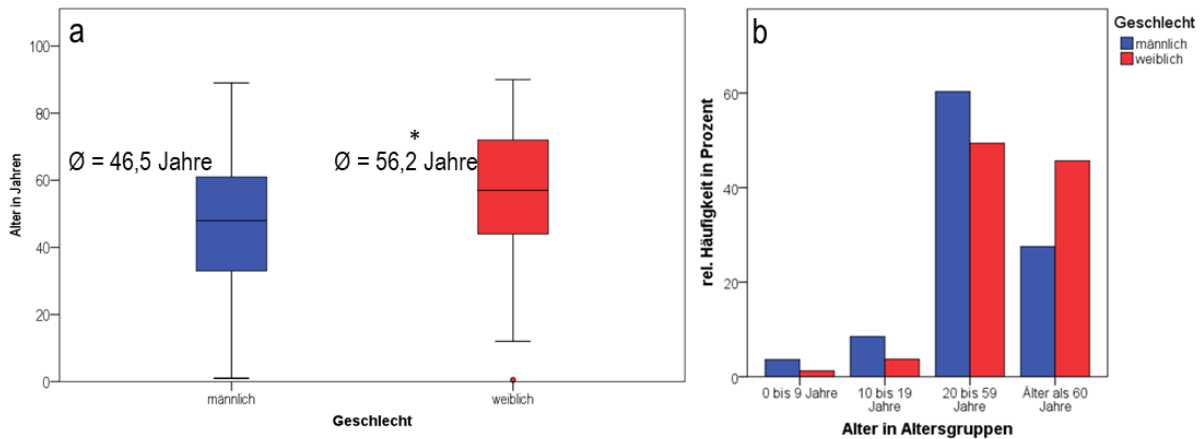


Abbildung 2. Altersverteilung im Geschlechtervergleich

- Altersvariation im Geschlechtervergleich: Das Sterbealter der Männer kann als normalverteilt beschrieben werden. Bei den Frauen waren ältere Altersgruppen hingegen häufiger vertreten. Mit 56,2 Jahren war das durchschnittliche Alter der Frauen zum Todeszeitpunkt signifikant höher als bei den Männern im Untersuchungsgut ($p<0,001$).
- Verteilung auf Altersgruppen im Geschlechtervergleich: Bei den Frauen waren in der Altersgruppe der über 60-jährigen mit 45,7% signifikant mehr vertreten als in der Vergleichsgruppe Männer (27,5%; $p=0,013$).

3.1.2. Todesumstände

Die Todesfälle im Wasser ließen sich in neun wesentliche Sachverhalte einteilen. Die größte Gruppe bildeten akzidentelle Stürze ins Wasser (21,9%), gefolgt von Wassersport- und Bootsunfällen (19,8%), Suiziden (18,2%) und Badeunfällen (13,7%). Auch sogenannte Vermisstenfälle waren häufig (10,3%). Todesfälle in der Häuslichkeit (7,3%), Arbeitsunfälle (3,7%), Fahrzeugunfälle (2,7%) und Tötungsdelikte (2,4%) spielten eine kleinere Rolle (vgl. Abb. 3a).

Insofern waren die Umstände, die für ein Unfallgeschehen sprechen, am häufigsten feststellbar: Zu diesen akzidentellen Ursachen zählen Stürze, Wassersport- und Bootsunfälle, sowie Arbeits- und Fahrzeugunfälle. Ergänzt durch die Badeunfälle und Vermisstenfälle, bei denen von einem akzidentellen Tod im Wasser auszugehen ist,

3. Ergebnisse

ergibt sich, abzüglich zweier Fälle, die als natürlicher Tod klassifiziert wurden, ein Anteil von 71,5% für den akzidentellen Tod im Wasser.

In acht Fällen (2,4%) handelte es sich um Tötungsdelikte. Hierbei wurde in vier Fällen der Leichnam nach dem Tod durch äußere Gewalteinwirkung im Wasser abgelegt (sogenanntes Dumping). In den vier anderen Fällen ist von einem Todeseintritt im Wasser auszugehen, wobei der Ertrinkungsvorgang in drei Fällen durch eine andere Gewalteinwirkung (zum Beispiel stumpfe Gewalt gegen den Kopf, Strangulation) begleitet wurde. Ein isoliertes Ertränken wurde bei einer Tötung eines Säuglings in der Badewanne beschrieben.

Wassersport-/Bootsunfälle, Arbeitsunfälle und Fahrzeugunfälle waren fast ausschließlich bei den Männern vertreten. Frauen wurden hingegen häufiger nach einem Suizid im Wasser aufgefunden (39,5% der Frauen) oder starben im Rahmen eines Todesfalls in der Häuslichkeit (13,6%). Darüber hinaus waren Frauen häufiger Opfer von Tötungsdelikten (6,2%) (vgl. Abb. 3b).

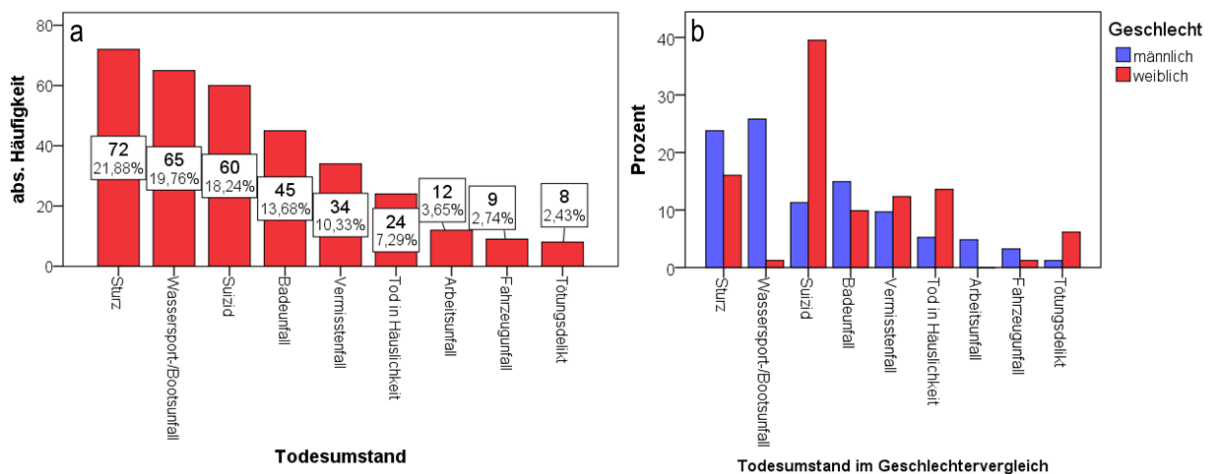


Abbildung 3. Häufigkeitsverteilung der wesentlichen Todesumstände

- Häufigkeitsverteilung der Todesumstände: Die Todesfälle im Wasser ließen sich in neun wesentliche Sachverhalte einteilen. Am häufigsten waren Stürze, Wassersport- und Bootsunfälle, Suizide und Badeunfälle, gefolgt vom Vermisstenfall. Seltener waren hingegen Todesfälle in der Häuslichkeit, Arbeits- und Fahrzeugunfälle, sowie Tötungsdelikte.
- Häufigkeitsverteilung Todesumstände nach Geschlecht: Wassersport- und Bootsunfälle (25,8%), Arbeits- (4,8%) und Fahrzeugunfälle (3,2%) waren nahezu ausschließlich bei den Männern vertreten. Der Tod im Wasser durch Suizid war hingegen bei den Frauen (39,5%) deutlich häufiger vertreten.

Bei der Untersuchung der Todesumstände bezogen auf die Altersgruppen (vgl. Abb. 4), dominierte in der Gruppe der 0-9-jährigen der Badeunfall mit 50%, gefolgt vom Tod in der Häuslichkeit (30%, zwei Todesfälle in der Badewanne und ein Ertrinken im Pool). Jeweils 10% nahmen ein Sturz und ein Tötungsdelikt ein.

In der Gruppe der 10-19-jährigen war der Badeunfall am häufigsten (41,7%), gefolgt von Wassersport-/Bootsunfällen (20,8%), Stürzen (16,7%), Tod in Häuslichkeit (12,5%) und Vermisstenfall (8,3%).

In der Gruppe der 20-59-jährigen gewannen Wassersport-/Bootsunfälle (25,5%) und Stürze (21,8%) an Bedeutung. Weiterhin traten in dieser Altersgruppe Suizide (18,1%), Vermisstenfälle (9,0%), Badeunfälle (8,0%), Arbeitsunfälle, Todesfälle in Häuslichkeit und Fahrzeugunfälle (alle jeweils 4,8%) sowie Tötungsdelikte (3,2%) auf.

In der Gruppe der über 60-jährigen waren Suizide (24,8%) und Stürze (23,8%) sehr häufig, gefolgt vom Vermisstenfall (13,3%). Für die weitere Verteilung ergab sich: Badeunfall (14,3%), Wassersport-/Bootsunfälle (11,4%), Tod in Häuslichkeit (8,6%), Arbeitsunfall (2,9%) und ein Tötungsdelikt (1,0%) (vgl. Abb. 4).

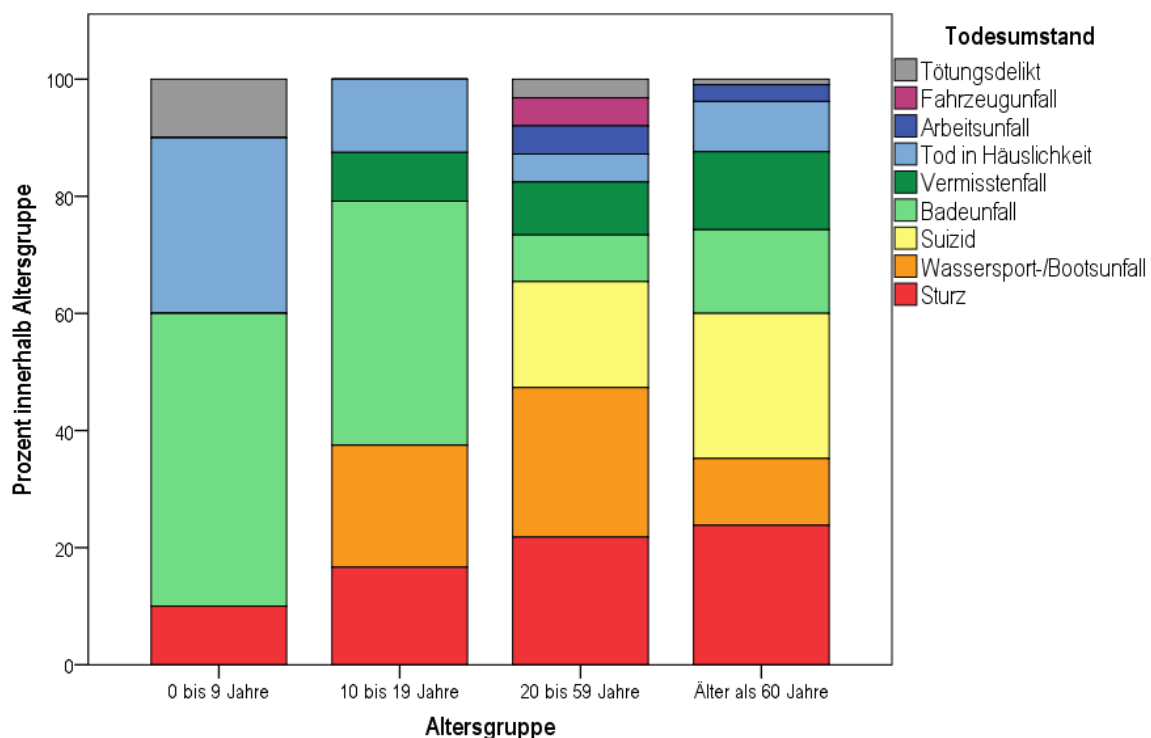


Abbildung 4. Todesumstände im Vergleich der Altersgruppen

Während in den Altersgruppen von 0 bis 19 Jahren noch Badeunfälle dominierten, gewannen die Stürze ins Wasser in den gehobenen Altersgruppen mehr an Bedeutung. Wassersport-/Bootsunfälle fanden sich gehäuft bei den 20-59-jährigen. Suizide wurden in hohem Alter häufiger beobachtet.

3.1.3. Fundorte

Bei den Todesfällen im Wasser konnten die Fundorte in sieben Kategorien erfasst werden (vgl. Abb. 5). Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Ostsee für den Todesfall im Wasser mit einem Anteil von 43,5% eine bedeutende Stellung im Greifswalder Obduktionsgut einnahm. Todesfälle in Seen (21,9%) wurden ebenfalls häufig beobachtet. Zu den *Kleingewässern* zählen mit Wasser gefüllte Gräben oder Teiche. Gartenteiche werden hingegen ebenso wie Pools zu den *künstlich angelegten Becken* gezählt. Unter *Sonstiges* fallen zum Beispiel industrielle Anlagen, wie Wassertanks oder Klärbecken.

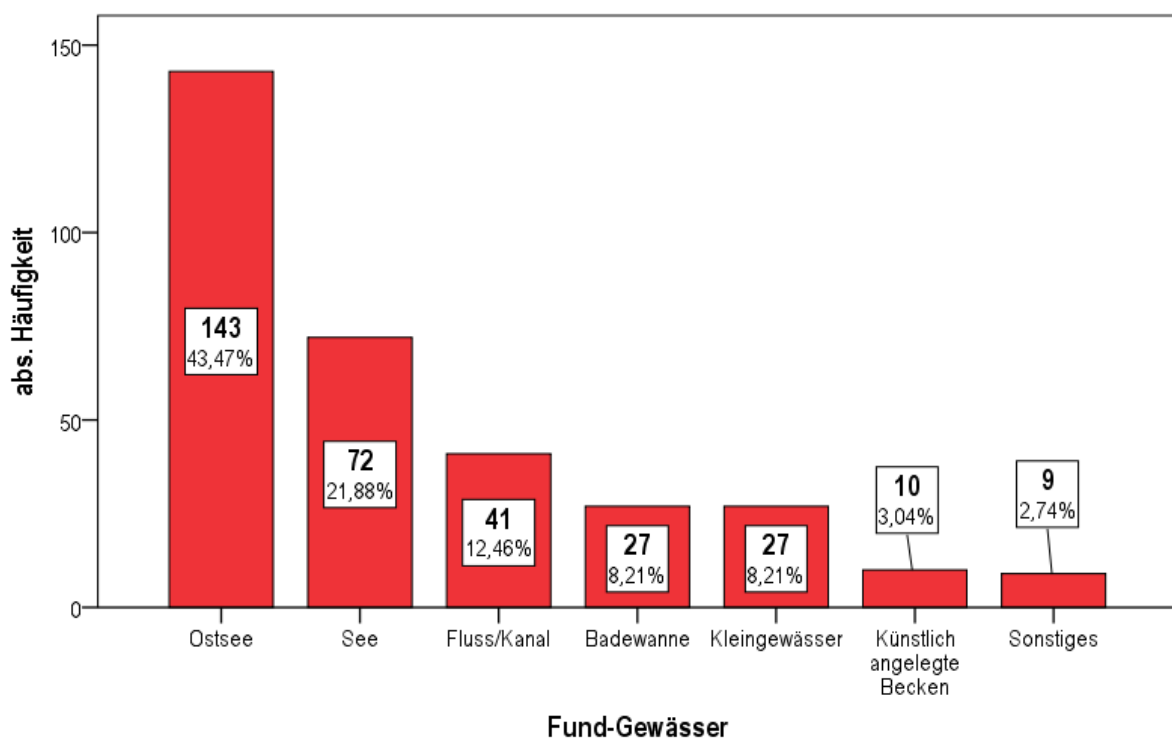


Abbildung 5. Häufigkeit der verschiedenen *Fund-Gewässer*

Die Fundorte der Wasserleichen im Greifswalder Obduktionsgut können in sieben Kategorien eingeteilt werden. Die meisten Leichen wurden beim Todesfall im Wasser aus der Ostsee geborgen. Wasserleichen in Seen, Flüssen und Kanälen waren häufig.

Abhängig von der Altersgruppe der geborgenen Leichen konnten für die einzelnen Fund-Gewässer unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen beobachtet werden (vgl. Abb. 6).

Im frühen Kindesalter (0 bis 9 Jahre) kam es häufiger zu Todesfällen in künstlich angelegten Becken (30%) und Badewannen (30%). Heranwachsende (10 bis 19 Jahre) kamen im Vergleich zu den anderen Altersgruppen häufiger durch Unfälle in

Seen zu Tode (37,5%). Im Erwachsenenalter (20 bis 59 Jahre) nahm die Ostsee (49,2%) als Fundort eine bedeutendere Stellung ein. Besonders ältere Menschen (über 60 Jahre) fanden häufiger als die Vergleichsgruppen in Kleingewässern den Tod.

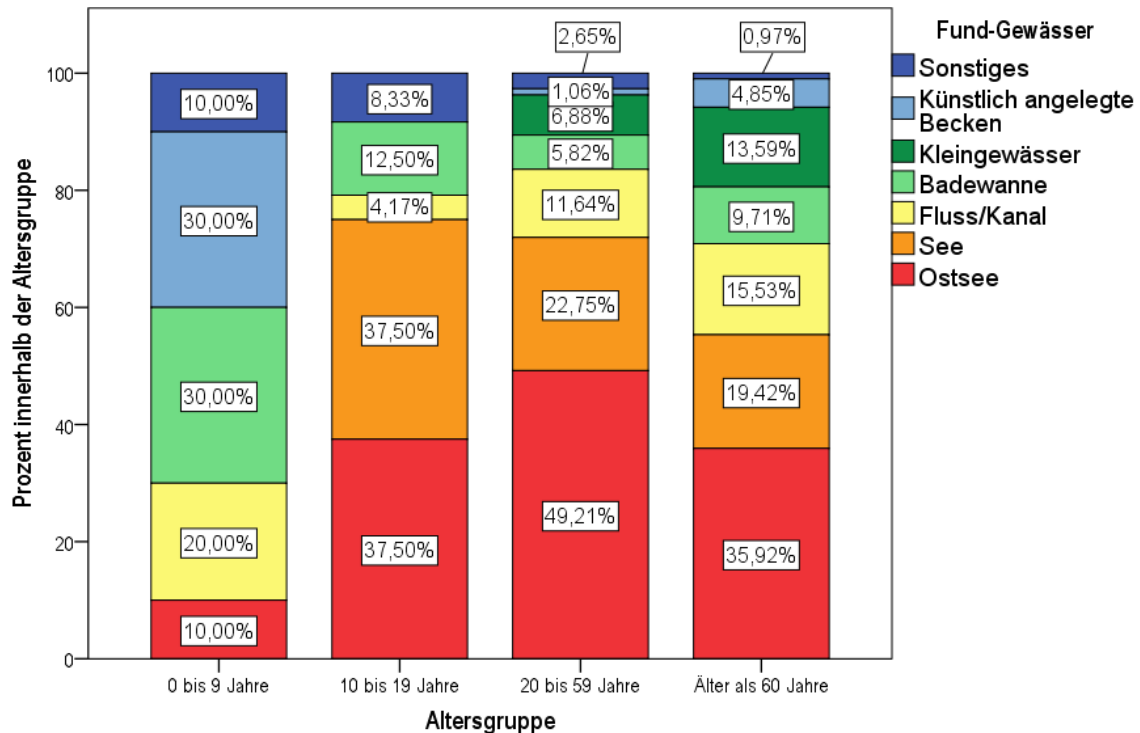


Abbildung 6. Fund-Gewässer im Vergleich der Altersgruppen

In der Altersgruppe von 0-9 Jahren kam es gehäuft zu Todesfällen in Badewannen und künstlich angelegten Becken (jeweils 30,0%). Heranwachsende kamen neben der Ostsee auch sehr häufig in Seen zu Tode. Bei Wasserleichen von Erwachsenenalter nahm die Ostsee eine bedeutendere Stellung ein (49,2%). Besonders ältere Menschen fanden in Relation zu den Vergleichsgruppen in Kleingewässern häufiger den Tod (13,6%).

Stellt man die Häufigkeit der einzelnen Todesumstände für die verschiedenen Gewässer dar, so lässt sich festhalten, dass die Ursache für einen Tod in Kleingewässern meist bei einem unvermittelten Sturz (37,0%) oder Suizid lag (33,3%). Auch die Leichenauffindung nach Vermisstenfall (18,5%) war hier häufig. In Seen spielten Badeunfälle (23,6%) und Wassersportunfälle (26,4%) eine große Rolle. Die Umstände, die hinter einer Leichenauffindung in der Ostsee standen, sind sehr vielfältig: 31,2% Wassersport-/Bootsunfälle, 22,0% Stürze, 17,7% Suizide, 12,1% Badeunfälle.

Bei rund 11,1% der Leichenauffindungen in der Badewanne konnte ein Suizid als Todesumstand festgemacht werden. Umgekehrt wurden Suizide in nahezu allen Gewässern (ausgenommen künstlich angelegte Becken) verübt.

3.1.4. Verhältnis zwischen Wohnort und Fundort des Verstorbenen

In insgesamt 327 Fällen ließ sich ein Verhältnis zwischen Meldeadresse und Fundort des Leichnams bilden. Demnach sind 8,0% in der Häuslichkeit aufgefunden worden, die Mehrheit von 49,2% innerhalb ihres Wohnorts, 17,1% in näherer Umgebung zum Wohnort und 25,7% waren *angereist*.

Vergleicht man die wesentlichen Hintergründe einer Leichenauffindung im Wasser zwischen Einheimischen (= *Häuslichkeit* und *innerhalb Wohnort*) und Urlaubern (= *Angereist*), so ergibt sich eine unterschiedliche Häufigkeitsverteilung der Todesumstände zwischen diesen beiden Gruppen (vgl. Abb. 7). Der akzidentelle Sturz war bei Einheimischen viel häufiger Ursache für den Tod im Wasser als bei Urlaubern. Im Gegensatz dazu waren Urlauber viel häufiger Opfer von Bade-, Wassersport- und Bootsunfällen. Weiterhin ist auffällig, dass der Suizid im Wasser in beiden Gruppen nahezu gleich häufig vertreten war.

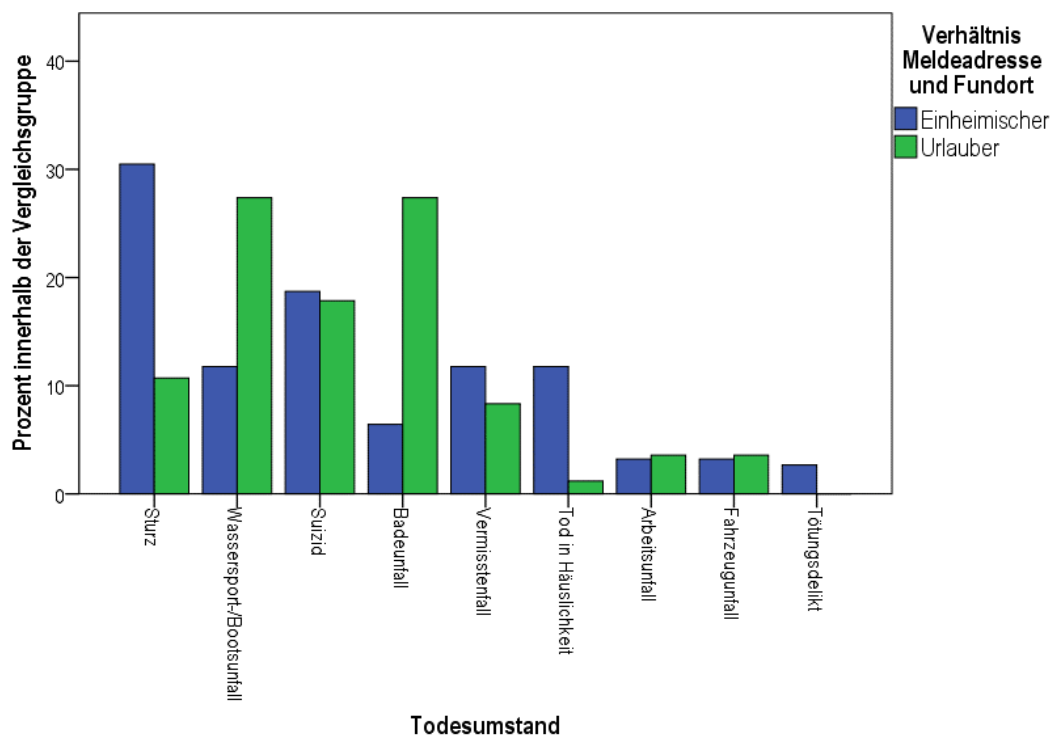


Abbildung 7. Todesumstände in Abhängigkeit vom Verhältnis zum Fundort

Die Häufigkeiten der einzelnen Todesumstände werden zwischen Einheimischen (Häuslichkeit und Fundort <10 km von Meldeadresse entfernt) und Urlaubern (Fundort >50 km von Meldeadresse entfernt) verglichen. Der Tod im Wasser nach Sturz war bei Einheimischen häufiger (30,5%) als bei Urlaubern. Diese starben hingegen im Wasser gehäuft nach Wassersport-, Boots- und Badeunfällen (jeweils 27,4%). Suizide kamen in beiden Gruppen häufig vor.

In Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen Meldeadresse und Fundort des Verstorbenen, wurden die Fund-Gewässer unterschiedlich häufig innerhalb der vier Kategorien beobachtet (vgl. Tab. 2). Es ist zu erkennen, dass Personen, die in der Häuslichkeit verstarben, meistens in der Badewanne aufgefunden wurden. Die innerhalb ihres Wohnorts Verstorbenen sind vermehrt in Kleingewässern, Flüssen und Kanälen verunfallt. Der Personenkreis, der nicht unmittelbar ortsansässig war, ist bei Todesfällen im Wasser gehäuft in der Ostsee aufgefunden wurde.

Tabelle 2

Gewässer in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen Fundort und Meldeadresse

	Verhältnis zum Fundort									
	Häuslichkeit		Wohnort		Nähere Umgebung		Angereist		Gesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Kleingewässer	0	0,0%	22	13,8%	4	7,1%	1	1,2%	27	8,3%
Fluss/Kanal	0	0,0%	29	18,1%	6	10,7%	6	7,1%	41	12,6%
See	0	0,0%	43	26,9%	15	26,8%	14	16,7%	72	22,1%
Ostsee	0	0,0%	56	35,0%	29	51,8%	55	65,5%	140	42,9%
Künstlich angelegte Becken	2	7,7%	1	0,6%	2	3,6%	5	6,0%	10	3,1%
Badewanne	22	84,6%	3	1,9%	0	0,0%	2	2,4%	27	8,3%
Sonstiges	2	7,7%	6	3,8%	0	0,0%	1	1,2%	9	2,8%
Gesamt	26	100,0%	160	100,0%	56	100,0%	84	100,0%	326	100,0%

Anmerkung. Für die verschiedenen Beziehungen zur Örtlichkeit, in der der Verstorbene aufgefunden wurde und die sich aus dem Verhältnis zur Meldeadresse ergaben, kamen die einzelnen Gewässer unterschiedlich häufig vor. Gewässer, die in der entsprechenden Vergleichsgruppe besonders häufig vertreten waren, sind rot markiert.

3.1.5. Sonstiges

Der Fundort *Badewanne* war mit einem Anteil von 18,8% deutlich häufiger bei den Frauen als bei Männern (4,8%) vertreten. Gleichmaßen wurden Frauen auch öfter (20,0%) in der Häuslichkeit im Wasser aufgefunden als Männer (4,1%).

Ein von einer Frau verübter Suizid im Wasser spielte sich in unserem Untersuchungsgut in drei Fällen in der Badewanne ab. Suizidentinnen wurden am häufigsten (14 Fälle) in der Ostsee aufgefunden.

In der jahreszeitlichen Betrachtung konnte eine Häufung der Leichenauffindungen im Frühling (März, April, Mai; 31,7%) und im Sommer (Juni, Juli, August; 34,4%) ausgemacht werden. Weniger häufig waren Todesfälle im Herbst (September, Oktober, November; 19,3%) und Winter (Dezember, Januar, Februar; 14,5%).

Der Badeunfall trat gehäuft in den Monaten von Frühling (11,1%) und Sommer (82,2%) auf. Eine ähnliche Häufung der Fälle konnte auch bei den Wassersport- und Bootsunfällen für Frühling (43,1%) und Sommer (32,3%) verzeichnet werden. Bei allen anderen Todesumständen konnte keine eindeutige, jahreszeitliche Häufung festgestellt werden. Der akzidentelle Sturz ins Wasser konnte relativ ausgeglichen über das Jahr beobachtet werden (Frühling: 29,2%; Sommer: 26,4%; Herbst: 23,6%; Winter: 20,8%).

16,9% der Todesfälle im Wasser wurden durch Zeugen beobachtet. 53,4% der Wasserleichen wurden in treibender Position im Wasser aufgefunden, 21,4% befanden sich noch unter der Wasseroberfläche, 10,5% wurden angespült und für 14,7% ergab sich eine andere Position bei Auffinden.

In 8,3% der Fälle war die Wasserleiche zum Zeitpunkt des Auffindens unbekleidet im Wasser. Von diesen unbekleideten Leichen waren 70,4% in der Häuslichkeit verstorben und 7,4% waren Opfer eines Tötungsdelikts.

3.2. Sektionsdiagnosen

In 311 Fällen konnte im Sektionsprotokoll eine abschließende, todesursächliche Sektionsdiagnose angegeben werden. In den 20 verbliebenen Fällen war, meist durch fortgeschrittene Fäulniserscheinungen am Leichnam (95%), keine eindeutige Feststellung der Todesursache möglich.

Bei den 311 Fällen mit entsprechenden Angaben wurde in 73,3% ein klassisches Ertrinken als Todesursache festgestellt. 19,6% der Fälle lieferten Hinweise für einen atypischen Ertrinkungsvorgang und bei weiteren 7,1% (22 Fälle) lautete die Todesursache anders (*Kein Ertrinken*).

3.2.1. Häufigkeitsverteilung der Todesursache *Ertrinken* und anderer Todesursachen

In Abhängigkeit der wesentlichen Todesumstände ergaben sich unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen für die abschließenden Sektionsdiagnosen *Klassisches Ertrinken*, *Atypisches Ertrinken* und *Kein Ertrinken* (vgl. Abb. 8). Es ist zu erkennen, dass das *Klassische Ertrinken* als Todesursache bei fast allen Sachverhalten dominierte.

Zum atypischen Ertrinken kam es gehäuft bei Badeunfällen (33,3%), Tötungsdelikten (33,3%), Stürzen (21,1%) und Wassersport-/Bootsunfällen (19,7%). Einige Todesumstände waren auch dadurch gekennzeichnet, dass die Betroffenen häufig *nicht* ertrunken sind. Zu diesen Sachverhalten zählten der Tod in der Häuslichkeit (39,1%) und Tötungsdelikte (33,3%).

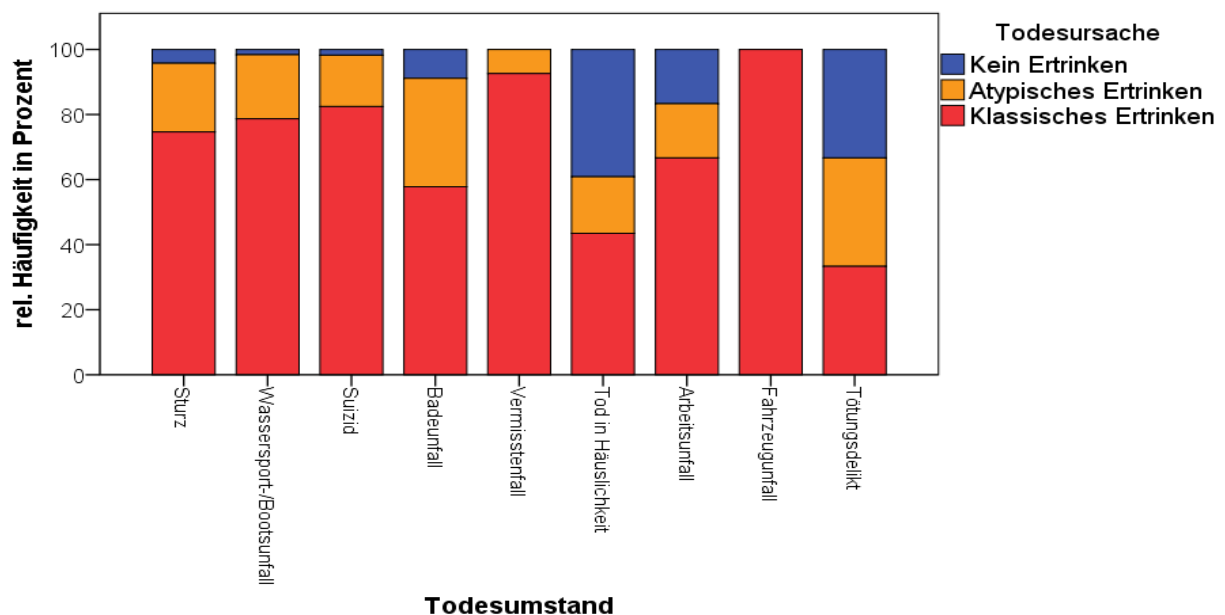


Abbildung 8. Verteilung der Todesursachen nach Todesumständen

Das *Klassische Ertrinken* (rot) dominierte bei fast allen Umständen. Bei den Todesumständen *Sturz* (21,1%), *Wassersport-/Bootsunfall* (19,7%), *Badeunfall* (33,3%) und bei den *Tötungsdelikten* (33,3%) kam es hingegen gehäuft zum Tod durch ein *Atypisches Ertrinken* (orange). *Kein Ertrinken* (blau), und damit eine andere Todesursache, konnte bei Todesfällen in der Häuslichkeit (39,1%) und bei *Tötungsdelikten* (33,3%) in einem höheren Anteil der Fälle beobachtet werden.

3.2.2. Atypisches Ertrinken

Ergaben sich bei der Obduktion Hinweise auf einen *atypischen Ertrinkungsvorgang*, so wurde dies im Protokoll meist als „verkürzter Ertrinkungsvorgang“ bezeichnet und mögliche Ursachen diskutiert.

Eine Zusammenfassung der genannten Ursachen ergibt die folgende Verteilung: 23,0% Natürlicher Tod im Wasser (wenn sich bei der Sektion ein morphologischer Hinweis für einen natürlichen Tod fand); 19,7% alkoholische Beeinflussung; 18,0% Gewalteinwirkung; 11,5% Kälteschock; 9,8% Badetod (wenn Anzeichen für beschleunigten Ertrinkungsvorgang vorhanden waren, aber kein morphologischer Hinweis für eine natürliche Todesursache vorlag); 8,2% toxikologische Beeinflussung und 9,8% sonstige Ursachen. Beispiele für sonstige Ursachen waren unter anderem eine geistige Behinderung oder vermutliche epileptische Anfälle, die die Handlungsfähigkeit eingeschränkt haben könnten.

Die Häufung der Ursache *alkoholische Beeinflussung* legte den Verdacht nahe, dass bei atypischem Ertrinken im Vergleich zum klassischen Ertrinken mit höheren Blutalkoholkonzentrationen gerechnet werden müsse. Diese Annahme konnte bei einem Vergleich der Mittelwerte der Blutalkoholkonzentration von atypischem (0,88‰ BAK) und klassischem Ertrinken (1,03‰ BAK) mittels t-Test für unabhängige Stichproben für unsere Stichprobe nicht bestätigt werden ($p=0,372$). Entgegen der Vermutung waren beim klassischen Ertrinken durchschnittlich höhere Blutalkoholkonzentrationen vertreten.

Auch eine Häufung der Fälle in den kalten Jahreszeiten (Ursachenkomplex *Kälteschock*) konnte für das atypische Ertrinken in unserer Stichprobe nicht ausgemacht werden. Ebenfalls konnten keine signifikanten Häufungen im Geschlechtervergleich festgestellt werden: 24,6% bei Frauen, 20,1% bei Männern ($p=0,266$).

Beim Vergleich des durchschnittlichen Körpergewichts konnte zwar beim atypischen Ertrinken mit 83,3 kg gegenüber 78,8 kg beim klassischen Ertrinken ein höheres Gewicht festgestellt werden, jedoch war die Differenz ebenfalls nicht signifikant ($p=0,200$).

3.2.3. Sekundäre Sektionsdiagnosen

Neben den Befunden der Sektion, die für die Bestimmung der Todesursache essenziell waren, wurden in einer Vielzahl der Fälle, Hinweise auf länger vorbestehende, krankhaft bedingte Organveränderung gefunden. Da diese nicht unmittelbar todesursächlich waren, werden sie nachfolgend als *Sekundäre Sektionsdiagnose* bezeichnet.

Bei der Gegenüberstellung der relativen Häufigkeiten der einzelnen Befunde innerhalb der Gruppen *Klassisches Ertrinken* und *Atypisches Ertrinken*, fanden sich für einige sekundäre Sektionsdiagnosen relevante Unterschiede. Demnach waren bei Personen, die einen verkürzten Ertrinkungsvorgang durchgemacht hatten, prozentual häufiger sekundäre Obduktionsbefunde mit pathologischer Wertigkeit vorhanden. Auffällig war insbesondere die Häufung von Befunden am Herz-Kreislauf-System wie *Koronararteriosklerose* (19,7% vs. 14,5%), *Bluthochdruckherz* (18,0% vs. 11,0%) und *Infarktnarbe* (4,9% vs. 1,8%).

Insgesamt betrachtet, fanden sich beim klassischen Ertrinken im Vergleich zum atypischen Ertrinken mit 61,0% vs. 31,1% nahezu doppelt so häufig keine weiteren pathologischen Befunde.

Die Häufigkeiten ausgewählter Befunde am Herz-Kreislauf-System sind entsprechend in Tab. 3 aufgeführt.

Tabelle 3

Häufigkeit ausgewählter sekundärer Sektionsdiagnosen im Vergleich zwischen klassischem und atypischem Ertrinken

		Todesursache				Gesamt	
		Klassisches Ertrinken		Atypisches Ertrinken			
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Sekundäre Sektionsdiagnose	Koronararteriosklerose	33	14,5%	12	19,7%	45	15,6%
	Bluthochdruckherz	25	11,0%	11	18,0%	36	12,5%
	Infarktnarbe	4	1,8%	3	4,9%	7	2,4%
	Gefäßfehlbildung	4	1,8%	2	3,3%	6	2,1%
Gesamt		66	29,1%	28	45,9%	94	32,6%

Anmerkung. Einige sekundäre Sektionsdiagnosen zeigten in der Gruppe der Fälle mit atypischem Ertrinken eine höhere relative Häufigkeit, als in der Vergleichsgruppe der klassisch Ertrunkenen. Die Prozentangaben beziehen sich hier jeweils auf die Gesamtzahl der Fälle innerhalb der Vergleichsgruppe (modifiziert nach Schneppe et al. 2021 [109]).

3. Ergebnisse

Für alle anderen sekundären Sektionsdiagnosen wurde eine ähnliche Gegenüberstellung der relativen Häufigkeiten zwischen klassischem und atypischem Ertrinken durchgeführt. Hier konnten keine relevanten Unterschiede festgestellt werden. Daher wird an dieser Stelle auf eine weitere Darstellung verzichtet.

Fasst man alle sekundären Sektionsdiagnosen, die sich am Herz-Kreislauf-System manifestierten als *Kardiale Befunde* zusammen und vergleicht die relativen Häufigkeiten dieser Befunde zwischen den Gruppen *Klassisches* und *Atypisches Ertrinken*, so ergab sich das folgende Bild (vgl. Abb. 9): Kardiale Befunde kamen mit einem relativen Anteil von 47,5% signifikant häufiger bei Fällen von atypischem Ertrinken vor als bei Fällen von klassischem Ertrinken (30,7%) ($p=0,011$).

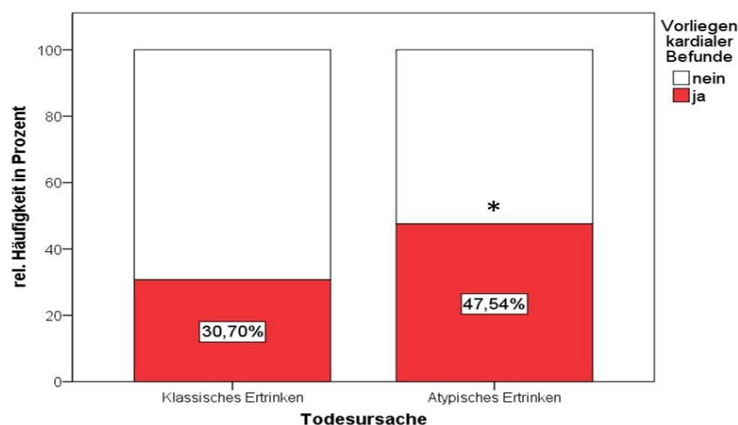


Abbildung 9. Relative Häufigkeit vorbestehender Organveränderungen am Herzen im Vergleich der Todesursachen

Die ausgewählten Befunde aus Tab. 3, sowie Herzklappenpathologien wurden als *Kardiale Befunde* zusammengefasst. Die relative Häufigkeit dieser Befunde wurde zwischen den beiden Ertrinkungstypen verglichen. Hierbei wurde deutlich, dass bei den atypischen Ertrinkungsvorgängen signifikant mehr vorbestehende Organveränderungen am Herz-Kreislauf-System gefunden wurden als bei den klassischen Ertrinkungsfällen ($p=0,011$).

3.2.4. Überprüfung der Qualität der Todesbescheinigungen

Ebenfalls Bestandteil der Untersuchung waren die vom Leichenschauarzt erstellten Todesbescheinigungen. Auf diesen wurde in 69,9% ein Tod durch Ertrinken bescheinigt, in 22,5% der Fälle eine unklare Todesursache, in 6,6% ein anderer nicht-natürlicher Tod und in 0,9% (3 Fälle) ein natürlicher Tod.

Zur Qualität der Todesbescheinigungen lässt sich sagen, dass bei Bescheinigung der Todesursache *Ertrinken* diese in 98,1% der Fälle mit dem Ergebnis der Sektion

übereinstimmte und diese somit richtig bestimmt wurde. Bei Bescheinigung einer *unklaren Todesursache* lag in 10,9% der geprüften Fälle kein Ertrinken vor. Bei Bescheinigung eines anderen nicht-natürlichen Todes konnte in 52,4% der Fälle ein Ertrinken diagnostiziert werden. Bei zwei von drei Fällen, in denen ein natürlicher Tod bescheinigt wurde, wurde ein todesursächliches Ertrinken übersehen.

3.2.5. Todesfälle im Wasser ohne die Todesursache Ertrinken

Wie bereits beschrieben, wurde bei 22 Todesfällen im Wasser eine andere Todesursache als Ertrinken festgestellt. Für diese Personen wurde nochmal eine differenzierte Betrachtung der Todesursachen angefertigt. Hierbei erfolgte eine Einteilung in Personen, die trotzdem im Wasser zu Tode kamen (13 Betroffene, Tab. 4a) und diejenigen, die erst postmortal ins Wasser gelangten (sieben Betroffene, Tab. 4b). In den zwei fehlenden Fällen (eine Unterkühlung, eine Intoxikation) ließ sich nicht herausfinden, ob der Tod im Wasser oder schon vorher eintrat.

Tabelle 4

Todesursachen der Todesfälle im Wasser, die nicht Ertrinken waren

a			b		
Todesursache	Anzahl	rel. Häufigkeit (%)	Todesursache	Anzahl	rel. Häufigkeit (%)
Ersticken	1	7,7	Hirntod	1	14,3
Hirntod	2	15,4	Herzinfarkt	1	14,3
Schlaganfall	1	7,7	Pneumonie	1	14,3
Subarachnoidalblutung	1	7,7	Lungenthrombembolie	1	14,3
Herzinfarkt	1	7,7	Polytrauma	1	14,3
Rupturiertes Aortenaneurysma	1	7,7	Strangulation	1	14,3
Pneumonie	1	7,7	Würgen	1	14,3
Intoxikation	1	7,7			
Stromtod	3	23,1			
Verbrühung	1	7,7			
Gesamt	13	100	Gesamt	7	100

Anmerkung.

- a) Tod im Wasser, aber nicht Ertrinken: In 13 Fällen konnte ein Tod im Wasser nachgewiesen werden, wobei aber nicht Ertrinken todesursächlich war. Ersticken war in einem Fall Folge eines Tauchunfalls bei defektem Tauchergerät. Der Hirntod war in den beiden Fällen Folge eines Beinahe-Ertrinkens und trat in der Klinik ein. In drei Fällen kam es durch Stromeinwirkung in der Badewanne zum Todeseintritt ins Wasser.
- b) Todesursachen bei postmortalem Eintritt ins Wasser: In sieben Fällen wurde nachgewiesen, dass der Tod schon vor dem Eintritt ins Wasser eingetreten war. Die Todesursachen differierten sehr. In einem Fall trat der Hirntod nach hypoxischem Hirnschaden und primärer Reanimation ein, dem ein Ereignis vor dem Eintritt ins Wasser voran ging. Strangulation und Würgen wurden im Rahmen von Tötungsdelikten beschrieben. Das Polytrauma war Folge eines Arbeitsunfalls mit Sturz vom Schiff.

Bei Todesfällen in der Häuslichkeit lag mit einem Anteil von 39,1% am häufigsten kein Ertrinken vor. Dies waren entsprechend 38,5% der Todesfälle in der Badewanne. Bei diesen zehn Todesfällen in der Häuslichkeit lag in vier Fällen eine natürliche Todesart vor (zwei Herzinfarkte, eine Lungenthrombembolie, eine Pneumonie als Todesursache) und in den sechs verbliebenen Fällen eine nicht-natürliche Todesart. Hier kam es in drei Fällen zum Stromtod, zu zwei tödlichen Intoxikationen und zu einer tödlichen Verbrühung in der Badewanne.

3.3. Allgemeine Befunde am Leichnam

3.3.1. Treibverletzungen

Treibverletzungen konnten an 11,2% der geborgenen Wasserleichen festgestellt werden. Von diesen 37 Fällen wiesen 24 (64,9%) leichte, elf (29,7%) moderate und zwei Fälle (5,4%) hochgradige Verletzungen auf.

Die Abstufung in drei Kategorien erfolgte wie folgt: bei oberflächlichen Hautdefekten erfolgte die Zuordnung in die Kategorie *leicht*, bei Ausdehnung mit Bindegewebsdefekt in *moderat* und bei Freilegung von Skelettelementen oder Frakturen in die Kategorie *hochgradig*.

Treibverletzungen konnten nur bei Bergung aus Flüssen/Kanälen (bei 4,9% aller Wasserleichen aus Flüssen/Kanälen leichte, bei 2,4% moderate Treibverletzungen), Seen (5,6% leicht, 1,4% moderat) und der Ostsee (12,7% leicht, 6,3% moderat und 1,4% hochgradig) beobachtet werden. In den anderen Gewässern wiesen alle geborgenen Leichen keine Treibverletzungen auf.

3.3.2. Waschhaut

Die Waschhautbildung wurde an den Händen der Wasserleichen in den Kategorien *beginnend* (Quellung an den Fingerkuppen und Dorsalseiten), *ausgeprägt*, *feststehend* (Fortschritt auf ganze Hohlhand) und *hochgradig, ablösbar* (handschuhartige Ablösung der Waschhaut) eingestuft.

Für die liegezeitabhängige Entwicklung der Waschhaut ergab sich im Vergleich der Erhebungszeiträume in den vier Jahreszeiten ein unterschiedliches Bild (vgl. Abb. 10): Bei kurzer Liegezeit war der Fortschritt der Stadien noch sehr ähnlich. Während sich im Frühling eine hochgradige Waschhautbildung nach Liegezeit von über drei Tagen bis eine Woche (25,0% mit hochgradiger Waschhaut) und im Sommer schon teilweise nach über einem bis drei Tagen Liegezeit (Anteil 30,0%) manifestierte, trat dieses Stadium im Herbst erst nach über einer Woche Liegezeit (Anteil 66,7%) und im Winter erst nach über einem Monat Liegezeit (Anteil 60,0%) auf.

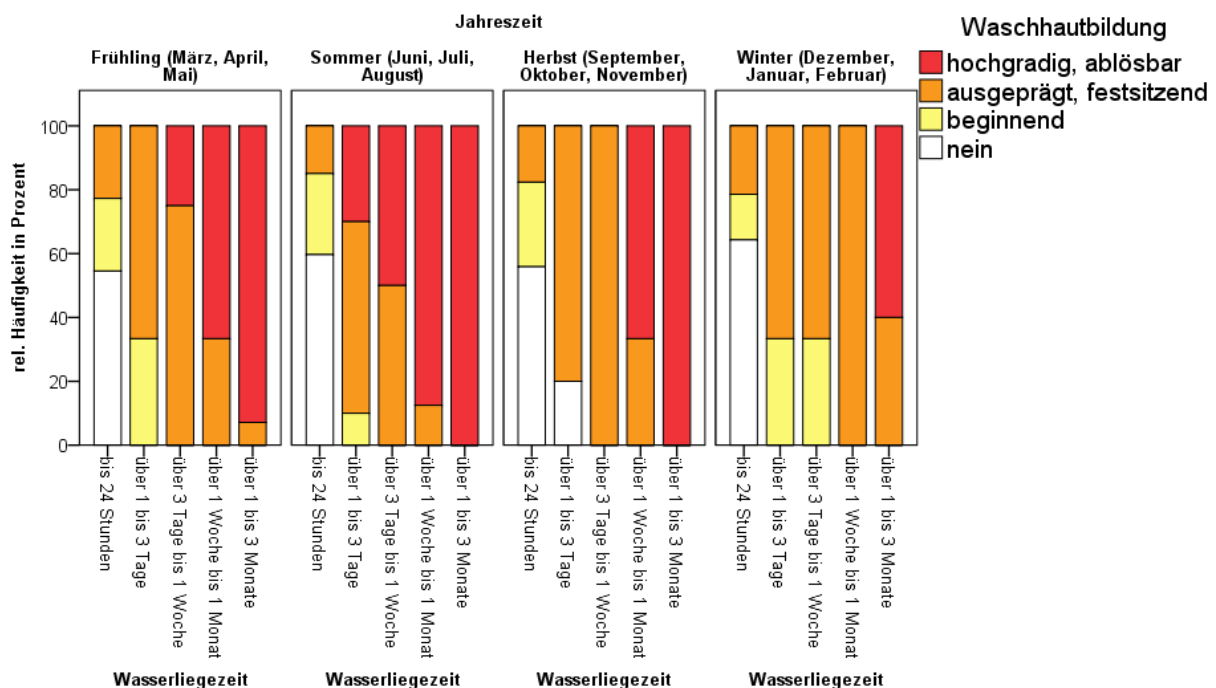


Abbildung 10. Liegezeitabhängige Waschhautbildung im jahreszeitlichen Vergleich

Der liegezeitabhängige Fortschritt der Waschhautbildung wies im Vergleich der Jahreszeiten einige Unterschiede auf. Für sehr kurze Liegezeiten (bis 24 h) sahen die Stadien der Waschhaut an den Händen noch sehr ähnlich aus. Hochgradige Stadien der Waschhautbildung (rot) fanden sich im Frühling schon nach über drei Tagen Liegezeit (Anteil 25%) und im Sommer teilweise schon nach über einem Tag Liegezeit (Anteil 30%). Im Herbst konnte dieses Stadium hingegen erst nach über einer Woche Liegezeit (Anteil 66,7%) und im Winter erst bei Fällen mit Liegezeit von über einem Monat beobachtet werden (Anteil 60,0%).

3.3.3. Weitere Hauterscheinungen

26,2% der geborgenen Leichen aus dem Wasser wiesen eine Oberhautablösung auf, ein Haarverlust konnte bei 18,7% der Leichen festgestellt werden. Eine liegezeitabhängige Darstellung erwies sich hier als wenig vielversprechend, da von einer erheblichen Beeinflussung durch Fäulnis auszugehen ist.

Eine Fettwachsbildung zeigten 6,6% der untersuchten Leichen. In einem Fall war schon bei einer Liegezeit von unter einem Monat eine Fettwachsbildung zu erkennen (Auffindung im Sommer). Bei einer Liegezeit von über einem bis drei Monaten zeigten 50,0% Fettwachs, bei Liegezeit zwischen drei Monaten und einem Jahr 87,5% und ein Fall mit mutmaßlicher Liegezeit von über einem Jahr zeigte ebenfalls Fettwachsbildung.

Ein Algenbesatz am Leichnam wurde in 10,6% der Fälle gesehen. Dieser konnte bei Auffindungen in den natürlichen Gewässern Kleingewässer (relative Häufigkeit innerhalb Fund-Gewässer 18,5%), Ostsee (12,6%), Seen (9,8%), Flüssen/Kanälen (9,7%) und in einem Fall in einem sonstigen Gewässer (11,1%) erhoben werden.

Mit zunehmender Liegezeit nahm der Anteil der Fälle mit einem Algenbesatz auf dem Leichnam kontinuierlich zu: Waren es nach einem bis drei Tagen noch 12,5% (4,2% leicht, 8,3% ausgeprägt), wiesen nach über drei Tagen 26,9% (15,4% leicht, 11,5% ausgeprägt) einen Algenbesatz auf. Nach über einer Woche hatten 30,6% (5,6% leicht, 22,2% ausgeprägt, 2,8% großflächig), sowie nach über einem Monat Liegezeit 31,8% (9,1% leicht, 22,7% ausgeprägt) einen Algenbesatz. Nach über drei Monaten betrug der Anteil 50,0% (12,5% leicht, 25,0% ausgeprägt, 12,5% großflächig).

Bei 11,2% der Wasserleichen wurden Tierfraßdefekte dokumentiert. Die Einteilung dieser 37 Fälle erfolgte in die Kategorien *gering*, *oberflächlich* (40,5%), *ausgeprägt*, *oberflächlich* (40,5%) und *hochgradiger Weichteildefekt* (19,0%). Sie fanden sich in den Gewässern *Kleingewässer* (11,1% *ausgeprägt*, *oberflächlich* aller Fälle aus Kleingewässern), *Seen* (4,2% *gering*, *oberflächlich*, 4,2% *ausgeprägt*, *oberflächlich*, 1,4% *hochgradiger Weichteildefekt*) und *Ostsee* (8,5% *gering*, *oberflächlich*, 6,3% *ausgeprägt*, *oberflächlich*, 4,2% *hochgradiger Weichteildefekt*).

3.3.4. Fäulnis

Der Fäulniszustand der Leichen wurde in den Kategorien *nein* (65,9%), *beginnende Grünverfärbung* (5,7%), *großflächig missfarben*, *Venennetz durchgeschlagen* (4,8%) und *hochgradig, Fäulnisgasdunstung* (23,6%) erfasst.

Auch hier ließ sich im jahreszeitlichen Vergleich eine liegezeitabhängige Darstellung des Fäulnisfortschritts umsetzen (vgl. Abb. 11): Es ist zu erkennen, dass im Sommer bei einer Liegezeit von einem bis drei Tagen schon 20,0% beginnende Fäulnis, 10,0% fortgeschrittene und 60,0% hochgradige Fäulnis zeigten. Dem stehen für die gleiche Liegezeit im Frühling 16,7% mit beginnender, im Herbst 40,0% mit beginnender und im Winter kein Fall mit Fäulnis gegenüber. Während im Winter im Intervall für Liegezeiten bis eine Woche kein Fall Fäulnis zeigt und im Frühling 50,0%, zeigten zur gleichen Zeit im Sommer und Herbst nahezu alle Fälle Fäulniserscheinungen.

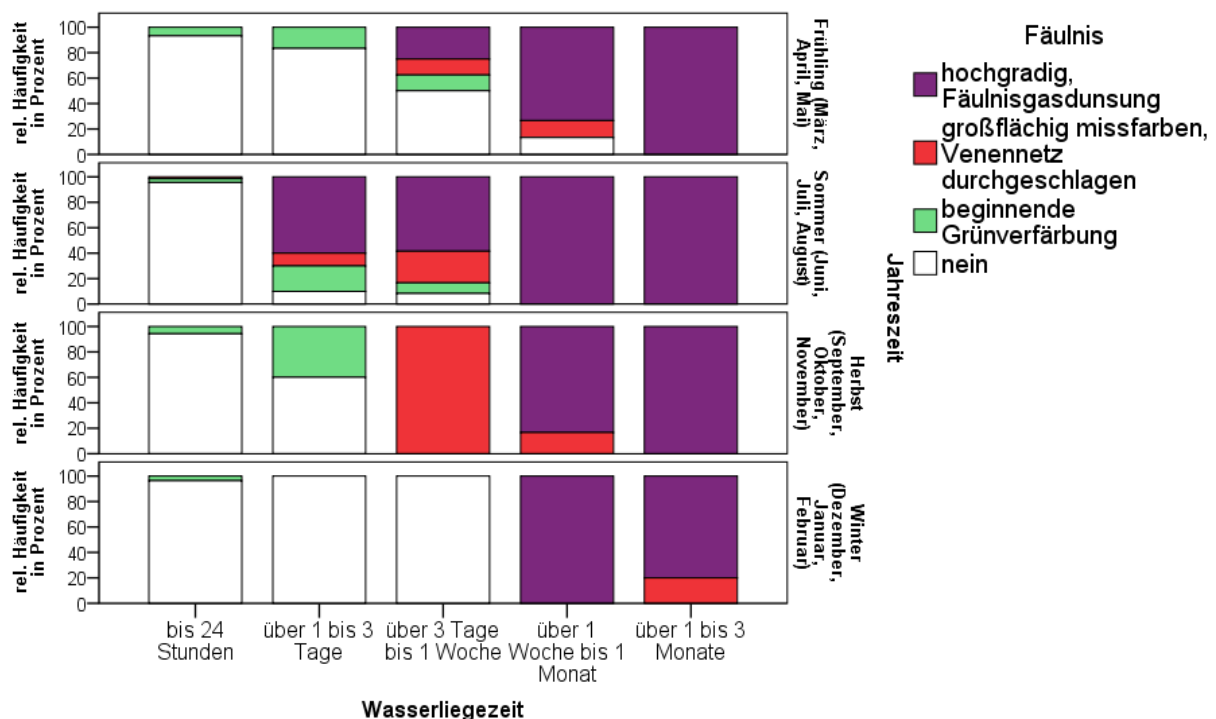


Abbildung 11. Fäulnisfortschritt nach Wasserliegezeit im jahreszeitlichen Vergleich

Der Fortschritt der Fäulnis in Abhängigkeit der Liegezeit im Wasser variierte zwischen den einzelnen Erhebungszeiträumen. Nach Liegezeit von einem bis drei Tagen zeigten im Sommer 20,0% beginnende, 10,0% fortgeschrittene und 60,0% hochgradige Fäulnis. Dem gleichen Zeitraum standen im Frühling und Herbst nur Fälle mit beginnender Fäulnis (16,7% beziehungsweise 40,0%) und im Winter kein Fall mit Fäulniserscheinungen gegenüber. Erste Fälle mit höhergradigen Fäulniserscheinungen konnten im Winter erst nach Liegezeiten von mehr als einer Woche beobachtet werden, während im Intervall zwischen drei Tagen und einer Woche im Frühling 50,0% der Fälle Fäulniserscheinungen zeigten und im Sommer und Herbst nahezu alle Fälle von Fäulnis betroffen waren.

Auch eine Abhängigkeit der Fäulniserscheinungen von der Fundposition des Leichnams wurde untersucht. Hier war zu erkennen, dass nach einem bis drei Tagen Liegezeit der Leichen, die unter Wasser geborgen wurden, 25,0% eine leichte Grünverfärbung zeigten und nach über drei Tagen bis einer Woche 33,3% leichte und 16,7% fortgeschrittene Fäulniserscheinungen aufwiesen.

Für den gleichen Zeitraum konnten bei den treibend aufgefundenen Leichen in 10,0% leichte, in 10,0% fortgeschrittene und in 20,0% der Fälle hochgradige Fäulnis nach über einem Tag, beziehungsweise 37,5% fortgeschrittene und 25,0% hochgradige Fäulnis nach über drei Tagen Liegezeit festgestellt werden. Bei den angespülten Wasserleichen zeigten die nach über einem Tag Geborgenen schon zu 66,7% leichte Fäulnis und von den nach über drei Tagen geborgenen Leichen alle fortgeschrittene Fäulniserscheinungen.

3.3.5. Äußere Verletzungen am Leichnam

An 25,7% der obduzierten Leichen wurden vitale Verletzungen festgestellt. Die Genese konnte bei 76 Fällen beurteilt werden. Sie war in 63,2% akzidentiell, in 21,1% durch Selbstbeibringung, in 5,3% durch fremde äußere Gewalt, in 9,2% agonal und in einem Fall handelte es sich um eine frische OP-Wunde (1,3%).

Die 48 akzidentell verursachten Verletzungen wurden am häufigsten durch einen Sturz (68,8%) und durch stumpfe Gewalteinwirkung von außen (8,33%) erzeugt. Manifestiert haben sich die Verletzungen besonders häufig an Kopf (33,3%) und Extremitäten (33,3%). Meistens wurden sie in Form von Unterblutungen bei der Obduktion beschrieben (56,3% der akzidentellen Kopf- und 68,8% der akzidentellen Extremitätenverletzungen).

Die 16 selbstbeigebrachten Verletzungen ließen sich in sieben Fällen (43,8%) auf scharfe, äußere Gewalteinwirkungen und in drei Fällen (18,8%) auf Strangulation zurückführen. Manifestationsorte waren am häufigsten die Extremitäten in 50,0% der Fälle (hier 75,0% Schnittverletzungen) und der Hals in 25,0% der Fälle (hier immer in Form von Strangulationsmarken).

Die vier Fälle von fremder äußerer Gewalt waren in zwei Fällen ebenfalls durch Strangulation und in zwei weiteren Fällen durch stumpfe Gewalt verursacht. Entsprechend richteten sie sich in drei Fällen gegen den Hals (zwei Fälle Drosselmarke, ein Fall Würgen) und in einem Fall gegen den Kopf.

Für die sieben Fälle mit agonaler Genese lässt sich herausstellen, dass sie hauptsächlich (fünf Fälle) durch einen Sturz bedingt waren. Sie zeigten sich immer in Form von Unterblutungen, meistens (vier Fälle) am Kopf.

Avitale Verletzungen konnten bei 12,4% der Todesfälle aus dem Wasser diagnostiziert werden. Bei diesen 41 Fällen waren sie in 36,6% durch den Aufenthalt im Wasser bedingt: Hierbei handelte es sich in der Mehrzahl der Fälle (nur in einem Fall nicht zu bestimmen) um Bergungsverletzungen (11 Fälle), in jeweils einem Fall war es eine Verletzung durch die Lage des Leichnams nach Anspülen, eine besonders schwere Treibverletzungen und eine Schiffsschraubenverletzung. Sie zeigten sich meist als oberflächliche Hautdefekte an Kopf und Extremitäten.

Weitere 61% der avitalen Verletzungen waren als Reanimationsverletzungen einzustufen und äußerten sich ausschließlich am Thorax. In einem Fall kam es postmortal zu einer Zerstückelung des Leichnams, dessen Leichenteile dann im Wasser abgelegt wurden (Dumping).

3.4. Äußere Ertrinkungszeichen

3.4.1. Schaumpilz

Für die Erfassung der Ertrinkungszeichen wurden nur Fälle mit der Todesursache *Ertrinken* ohne Fäulnisveränderungen berücksichtigt. Ein häufiges, auch äußerlich erkennbares Ertrinkungszeichen, war der feinblasige Schaum in den Atemwegen. Dieser trat zum Obduktionszeitpunkt bei 73,3% aller untersuchten Ertrinkungsfälle auf.

Von den hier 198 erfassten Fällen war bei 4,0% ein kompletter, äußerer Schaumpilz zum Obduktionszeitpunkt festzustellen. Unter der Annahme, dass sich der feinblasige Schaum in den Bronchien zuerst bildet und sich von hier aus retrograd entlang der Atemwege weiter ausbreitet, konnte der Fortschritt der Schaum-

ausbreitung folgendermaßen beschrieben werden: in 3,0% der Fälle fanden sich nur noch Rückstände in den Bronchien, bei 24,4% reichte der Schaum bis in die Trachea, bei 19,2% bis zum Larynx und bei 22,7% waren Rückstände bis vor Mund und Nase zu beobachten.

Weniger häufig bei allen Ertrinkungsfällen ohne Fäulnis war hingegen der Fund eines vollständigen äußeren Schaumpilzes unmittelbar zum Zeitpunkt des Auffindens. Dieser wurde in 35,6% der Fälle beschrieben, bei denen Angaben zur Auffindesituation vorlagen.

3.4.2. Schaumpilz nach Reanimationsmaßnahmen

Inwieweit die Auftretenshäufigkeit des Schaumpilzes durch Reanimationsmaßnahmen beeinflusst wurde, wird im Folgenden untersucht (vgl. Abb. 12). Grundlage bildeten wieder alle Ertrinkungsfälle ohne Fäulnisveränderungen. Hier war festzustellen, dass nach Reanimation (mR) viel häufiger (41,2 %) kein Schaumpilz mehr zu finden war als ohne Reanimation (oR, 19,3%). Gleichzeitig reduzierte sich auch das Auftreten eines vollständigen, äußeren Schaumpilzes zum Obduktionszeitpunkt von 4,8% auf 1,9%. In allen anderen Abschnitten, bis auf den Bronchien, reduzierte sich ebenfalls die Häufigkeit des Schaums, der Schaum war also weniger weit fortgeschritten. Der Unterschied ist signifikant ($p=0,006$).

3.4.3. Schaumpilz nach Wasserliegezeit und Zeit bis zur Obduktion

In die Analyse der Auswirkungen von Wasserliegezeit auf die Auftretenshäufigkeit von feinblasigem Schaum wurden nun auch Ertrinkungsfälle mit Fäulniserscheinungen einbezogen.

Ein äußerer Schaumpilz beim Auffinden konnte bei Wasserliegezeit von unter 24 Stunden in 33,9% der Fälle festgestellt werden, bei Liegezeiten von über einem Tag bis drei Tagen in 25,0%. Weiterhin konnte dann noch bei einem einzigen Ertrinkungsfall mit einer Liegezeit von über einer Woche bis einen Monat, ein äußerer Schaumpilz in der Auffindesituation beobachtet werden.

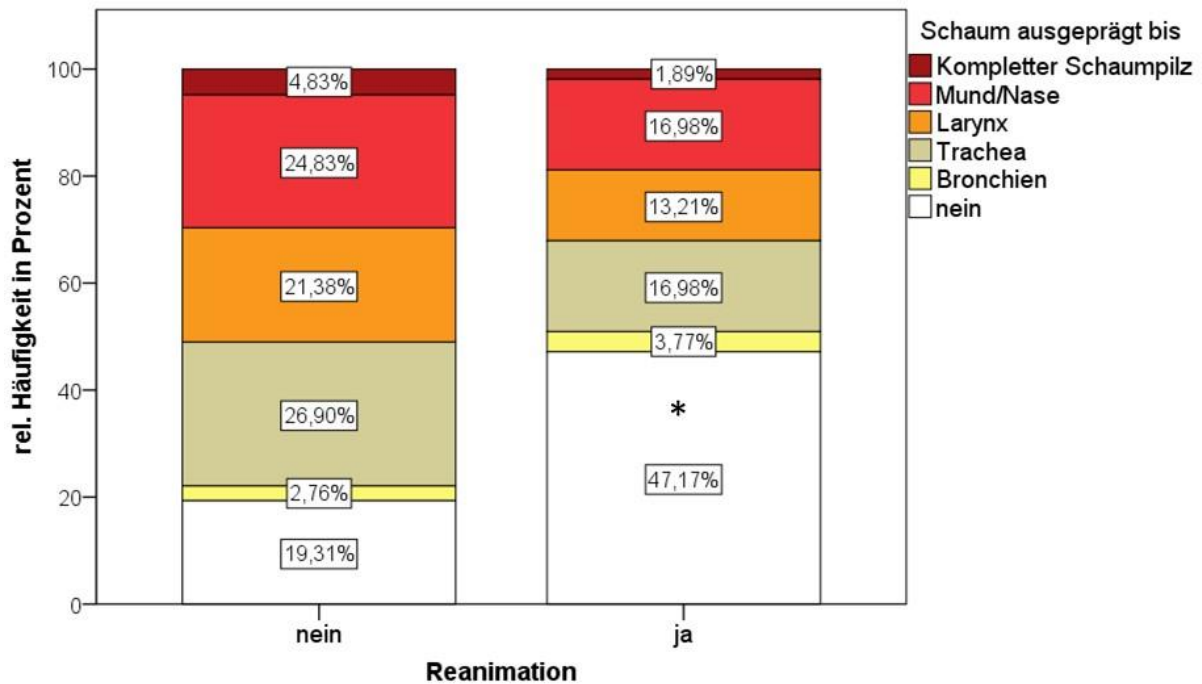


Abbildung 12. Ausprägung Schaupilz in Abhängigkeit von Reanimationsmaßnahmen

Bei Vorliegen von Reanimationsmaßnahmen wurde mit signifikant geringerer Häufigkeit feinblasiger Schaum in den Atemwegen gefunden ($p=0,006$). Konnte ohne Reanimationsmaßnahmen noch bei 4,8% ein vollständiger äußerer Schaupilz beobachtet werden, war dies mit Reanimationsmaßnahmen nur noch bei 1,9% der Fall. In allen Abschnitten der Atemwege, bis auf den Bronchien, reduzierte sich allgemein die Auftretenshäufigkeit von Schaum, wenn Reanimationsmaßnahmen durchgeführt wurden (modifiziert nach Schneppe et al 2021 [109]).

Eine ähnliche Abnahme im Ausprägungsgrad des Schaupilzes zum Obduktionszeitpunkt konnte auch für längere Zeitintervalle, die zwischen Leichenbergung und Obduktion verstrichen, dokumentiert werden (vgl. Tab. 5). Hier wurden nur Ertrinkungsfälle ohne Fäulnis und ohne Reanimation berücksichtigt ($n=145$). Der Tabelle ist unter anderem zu entnehmen, dass mit zunehmender Zeit, die bis zur Obduktion verstrich, die Häufigkeit eines vollständigen äußeren Schaupilzes von 12,5% auf 3,8% abnahm. Gleichzeitig wurde immer häufiger auch kein Schaum mehr gesehen. Schaumreste verlagerten sich zunehmend von Mund/Nase in Richtung Larynx und Trachea.

Betrachtet man den Ausprägungsgrad des Schaupilzes zum Zeitpunkt der Obduktion in Abhängigkeit der Liegezeit im Wasser, so konnte auch hier eine Abnahme erhoben werden (vgl. Abb. 13). Ein noch zum Obduktionszeitpunkt vollständiger äußerer Schaupilz wurde nur bei Wasserliegezeiten von unter 24 Stunden beobachtet (6,5%). Mit zunehmender Liegezeit sank die Häufigkeit, dass überhaupt Schaum zu finden war. Die liegezeitabhängige Verteilung ist hochsignifikant ($p<0,001$).

3. Ergebnisse

Tabelle 5

Ausprägungsgrad Schaumpilz nach Zeit bis zur Obduktion

			Schaum ausgeprägt bis					Gesamt	
			kein	Bronchien	Trachea	Larynx	Mund/ Nase		Kompletter Schaumpilz
Zeit bis zur Obduktion	Gleicher Tag	Anzahl	1	0	1	0	5	1	8
		%	12,5%	0,0%	12,5%	0,0%	62,5%	12,5%	100,0%
	1 Tag	Anzahl	7	2	14	6	10	2	41
		%	17,1%	4,9%	34,1%	14,6%	24,4%	4,9%	100,0%
	2 Tage	Anzahl	9	2	8	10	12	2	43
		%	20,9%	4,7%	18,6%	23,3%	27,9%	4,7%	100,0%
	3 oder mehr Tage	Anzahl	11	0	16	15	9	2	53
		%	20,8%	0,0%	30,2%	28,3%	17,0%	3,8%	100,0%
	Gesamt	Anzahl	28	4	39	31	36	7	145
		%	19,3%	2,8%	26,9%	21,4%	24,8%	4,8%	100,0%

Anmerkung. Der Ausprägungsgrad des Schaumpilzes ist in Abhängigkeit der Zeit zwischen Bergung und Obduktion des Leichnams aufgetragen. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, war bei den Wasserleichen, die noch am selben Tag obduziert wurden, in 12,5% der Fälle ein vollständiger äußerer Schaumpilz zu beobachten. Dies reduzierte sich auf 3,8%, wenn drei oder mehr Tage bis zur Sektion vergingen. Gleichzeitig war nach dieser Zeitspanne immer häufiger auch kein Schaum mehr zu finden. Statt an Mund und Nase wurden Rückstände von Schaum nach entsprechend langer Zeit häufiger in der Trachea beobachtet (modifiziert nach Schneppe et al. 2021 [109]).

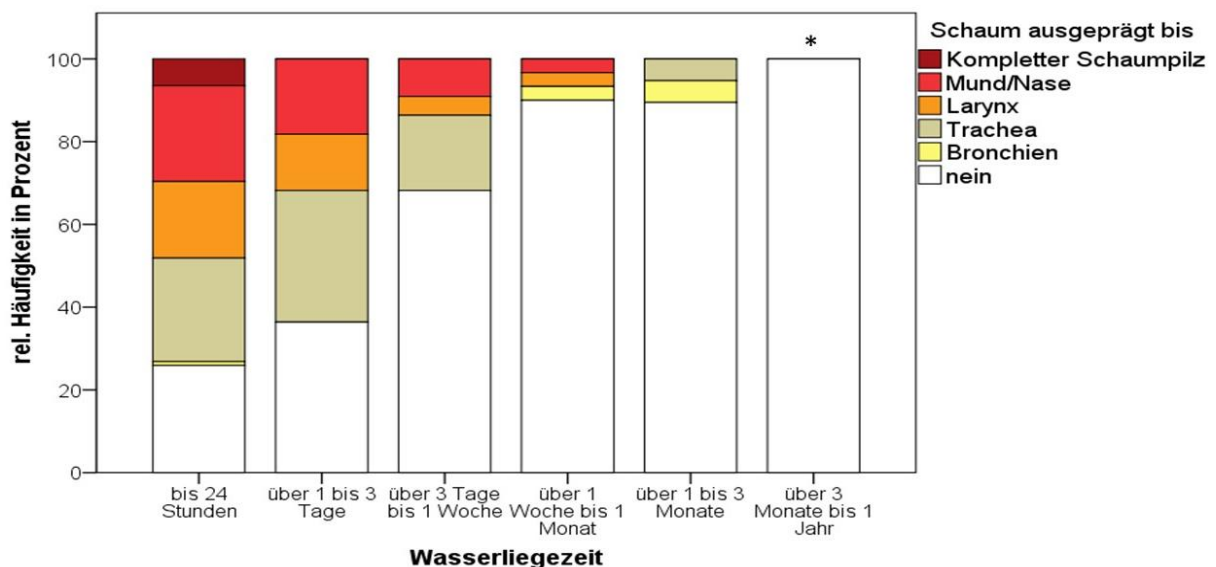


Abbildung 13. Ausprägungsgrad Schaumpilz in Abhängigkeit von Wasserliegezeit

Der Ausprägungsgrad des Schaumpilzes ist in Abhängigkeit der Wasserliegezeit dargestellt. Ein zum Obduktionszeitpunkt vollständiger äußerer Schaumpilz konnte nur bei Wasserliegezeiten von weniger als 24 Stunden beobachtet werden und dies dann bei 6,5% der Fälle. Mit zunehmender Wasserliegezeit sank die Häufigkeit, bei der Sektion überhaupt Schaum zu finden. Diese liegezeitabhängige Abnahme ist signifikant ($p < 0,001$; modifiziert nach Schneppe et al. 2021 [109]).

3.4.4. Schaumpilz und Fäulnis

Welche Auswirkungen die Fäulnis auf die Ausprägung des Schaumpilzes als äußeren Ertrinkungsbefund zeigte, wurde ebenfalls für alle Ertrinkungsfälle ohne Reanimationsmaßnahmen aus unserem Untersuchungsgut ($n=233$) geprüft (vgl. Tab. 6). Schon im frühen Stadium mit beginnender Grünverfärbung des Leichnams konnte nur noch bei 46,7% der Untersuchten Schaum nachgewiesen werden. Mit Fortschritt der Fäulnis sank die Prävalenz von Schaum in den Atemwegen von 13,3% auf 5,2% weiter rapide ab ($p<0,001$).

Tabelle 6

Ausprägung Schaumpilz in Abhängigkeit vom Fortschritt der Fäulnis

		Schaum ausgeprägt bis						Gesamt	
		kein	Bron- chien	Trachea	Larynx	Mund/ Nase	Kompletter Schaumpilz		
nein	Anzahl	28	4	39	31	36	7	145	
	%	19,3%	2,8%	26,9%	21,4%	24,8%	4,8%	100,0%	
beginnende Grünverfärbung	Anzahl	8	0	4	2	1	0	15	
	%	53,3%	0,0%	26,7%	13,3%	6,7%	0,0%	100,0%	
Fäulnis	großflächig missfarben, Venennetz durchg.	Anzahl	13	1	0	1	0	0	15
		%	86,7%	6,7%	0,0%	6,7%	0,0%	0,0%	100,0%
	hochgradig, Fäulnisgasdunstung	Anzahl	55	1	1	0	1	0	58
		%	94,8%	1,7%	1,7%	0,0%	1,7%	0,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	104	6	44	34	38	7	233	
	%	44,6%	2,6%	18,9%	14,6%	16,3%	3,0%	100,0%	

Anmerkung. Die Ausprägung des Schaumpilzes ist in Abhängigkeit verschiedener Fäulnisstadien dargestellt. Ohne Fäulnis konnte noch bei 80,7% ein Schaumpilz festgestellt werden, bei insgesamt 4,8% war dieser vollständig ausgebildet. Mit Fortschritt der Fäulnis reduzierte sich die Auftretenshäufigkeit von 46,7%, über 13,3% bis zu 5,2% bei hochgradiger Fäulnis. Ein vollständiger Schaumpilz wurde gar nicht mehr beobachtet ($p<0,001$).

3.4.5. Spezifität des Schaumpilzes für das Ertrinken

Einen äußeren Schaumpilz zum Fundzeitpunkt zeigten in unserem Untersuchungsgut aller Fälle ohne Fäulnisveränderungen ($n=218$) nur die Fälle, deren abschließende Sektionsdiagnose auch *Ertrinken* lautete. Ein äußerer Schaumpilz bei Auffinden wurde in 44,7% der Fälle von klassischem Ertrinken und in 19,2% bei atypischem Ertrinken beobachtet ($p=0,017$). In allen anderen Fällen wurde kein Schaumpilz zum Fundzeitpunkt dokumentiert.

Der feinblasige Schaum in den Atemwegen zum Zeitpunkt der Obduktion blieb hingegen nicht auf Ertrinkungsfälle beschränkt. Zwar war er bei 83,6% der klassisch Ertrunkenen und in 71,4% der Fälle von atypischem Ertrinken zu finden, jedoch auch bei 14,3% der Personen, die nicht ertrunken waren.

3.5. Innere Ertrinkungszeichen

3.5.1. Häufigkeit der inneren Ertrinkungszeichen

Zu den häufigen Befunden bei den Ertrinkungsfällen in unserem Obduktionsgut gehörten das Emphysema aquosum (94,9%), das positive Svechnikov-Zeichen (86,3%) und eine Verwässerung des Darminhalts (49,7%).

Für das Svechnikov-Zeichen, dessen Häufigkeitsverteilung für alle Ertrinkungsfälle mit Wasserliegezeiten von unter fünf Tagen, ohne Fäulnis und ohne Schädelverletzungen ($n=117$) bestimmt wurde, gelang bei 13,7% kein positiver Nachweis. Bei 12,0% fand sich ein feuchter Glanz der Schleimhaut, bis 1 ml Inhalt konnten bei 21,4%, bis 2 ml bei 31,6%, bis 3 ml bei 12,0%, bis 5 ml bei 5,1% und über 5 ml Inhalt bei 4,3% der Ertrinkungsfälle festgestellt werden.

Weniger häufig bei allen Ertrinkungsfällen ohne Fäulnis ($n=199$) waren hingegen die Befunde Wydler'sches Zeichen (15,6%), Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur des Halses (14,6%), Paltauf'sche Flecke (10,6%), blutgestaute Warzenfortsätze (5,4%), der längsgestellte Magenschleimhautriss (5,4%) und das Aortic intimal staining (11,5%), wobei Verfärbungen am Ausflusstrakt des Herzens allgemein nicht so häufig beschrieben wurden ($n=122$).

3.5.2. Innere Ertrinkungszeichen nach Reanimation

In ähnlicher Weise wie für den Schaumpilz wurde auch die Abhängigkeit der inneren Ertrinkungszeichen von Reanimationsmaßnahmen geprüft.

Eine signifikante Beeinflussung zeigte der Befund Emphysema aquosum (98,6% ohne Reanimation (oR) vs. 84,6% mit Reanimation (mR, $p<0,001$).

Keine signifikanten Unterschiede und damit keine relevante Beeinflussung durch die Reanimation, zeigten die Befunde Wydler'sches Zeichen (17,9% oR vs. 9,4% mR, $p=0,105$), verwässerter Darminhalt (53,4% oR vs. 39,6% mR, $p=0,059$), Svechnikov-Zeichen (Mittelwert 1,59 ml oR vs. 1,48 ml mR, $p=0,650$), Einblutung Atemhilfsmuskulatur (16,0% oR vs. 11,5% mR, $p=0,300$), blutgestaute Warzenfortsätze (4,4% oR vs. 8,3% mR, $p=0,242$) und der Magenschleimhautriss nach Fritz (4,2% oR vs. 5,8% mR, $p=0,447$).

3.5.3. Innere Ertrinkungszeichen und Wasserliegezeit

Inwiefern einzelne innere Ertrinkungszeichen durch längere Wasserliegezeiten beeinflusst wurden, wurde anhand aller Ertrinkungsfälle in unserem Obduktionsgut untersucht. Fälle mit Fäulnis waren eingeschlossen ($n=289$).

Ein geringeres Auftreten zeigte sich beim Emphysema aquosum. Betrug die Häufigkeit für alle Ertrinkungsfälle ohne Reanimationsmaßnahmen ($n=235$) bei Liegezeiten von unter 24 Stunden noch 99,1%, lag sie bei über drei Tagen bis einer Woche bei 81,8% und reduzierte sich weiter von 70,0% bei über einem Monat bis drei Monaten Liegezeit, auf 40,0% bei Liegezeiten von mehr als drei Monaten.

Unabhängig von der Wasserliegezeit konnten die Befunde Wydler'sches Zeichen, verwässerter Darminhalt, Svechnikov-Zeichen, Paltauf'sche Flecke, Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur, blutgestaute Warzenfortsätze und Magenschleimhautriss beobachtet werden. Ihnen allen war gemeinsam, dass sie über die verschiedensten Liegezeiten hinweg zwar ein inkonstantes, aber regelmäßiges Auftreten zeigten und keine Zu- oder Abnahme ausgemacht werden konnte.

3.5.4. Innere Ertrinkungszeichen und Fäulnis

Die Häufigkeit aller inneren Ertrinkungszeichen wurde in Abhängigkeit vom Fortschritt der Fäulnis dargestellt und auf relevante Beeinflussungen untersucht.

Für das Emphysema aquosum konnte eine dezente Abnahme der Häufigkeit dokumentiert werden. Während ohne Fäulnis bei 98,6% der Ertrinkungsfälle ohne Reanimation ($n=235$), sowie bei 100% der Fälle mit beginnender Grünverfärbung ein

Emphysema aquosum nachgewiesen wurde, reduzierte sich der Anteil hier mit Fortschritt der Fäulnis. So lag bei fortgeschrittenen Fäulniserscheinungen noch bei 80,0% und mit hochgradiger Fäulnis nur noch bei 69,5% der Ertrinkungsfälle ein Emphysema aquosum vor ($p < 0,001$).

Für das Svechnikov-Zeichen ließ sich feststellen, dass bei hochgradiger Fäulnis mit durchschnittlich 2,58 ml ein signifikant höherer Flüssigkeitsgehalt in der Keilbeinhöhle vorlag als ohne Fäulnis (Mittelwert 1,52 ml; $p < 0,01$).

Ebenfalls negativ beeinflusst wurden die Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur, die bei Ertrinkungsfällen mit fortgeschrittener und hochgradiger Fäulnis nicht nachgewiesen werden konnten. Ohne Fäulnis und bei beginnender Fäulnis lag ihre Prävalenz noch bei 14,8% beziehungsweise 13,3% ($p = 0,02$).

Ein trotz Fäulnis stetiges Auftreten zeigten hingegen die Befunde Wydler'sches Zeichen, verwässerter Darminhalt, Paltauf'sche Flecke, blutgestaute Warzenfortsätze und Magenschleimhautriss.

3.5.5. Spezifität der inneren Ertrinkungszeichen für das Ertrinken

Im Rahmen der Untersuchung aller Todesfälle ohne Fäulnisveränderungen ($n = 218$), zeigte sich kein inneres Ertrinkungszeichen, dass mit hinreichender Signifikanz ausschließlich bei Ertrinkungsfällen beobachtet wurde.

Eine signifikante Häufung bei Ertrinkungsfällen zeigte sich zum einen für den verwässerten Darminhalt. Dieses Zeichen wurde bei 54,8% der Fälle von klassischem Ertrinken, bei 35,9% der Fälle von atypischem Ertrinken und bei 5,9% der Nicht-Ertrinkungsfälle gefunden ($p < 0,001$).

Ebenso war der Flüssigkeitsgehalt in der Keilbeinhöhle (Svechnikov-Zeichen) bei klassischem Ertrinken mit einem Mittelwert von 1,64 ml gegenüber 0,46 ml bei anderen Todesursachen signifikant höher ($p = 0,046$). Der Mittelwert für das atypische Ertrinken betrug 1,3 ml.

Weitere Befunde, die ausschließlich bei den Ertrinkungsfällen zu beobachten waren, aber deren Verteilung keine statistische Signifikanz zeigte, waren das Wydler'sche Zeichen (17,9% bei klassischem, 9,4% bei atypischem Ertrinken), die Paltauf'schen Flecke (12,3% bei klassischem, 5,7% bei atypischem Ertrinken), blutgestaute Warzenfortsätze (5,2% bei klassischem, 6,0% bei atypischem Ertrinken) und Magenschleimhautriss (5,6% bei klassischem, 1,9 % bei atypischem Ertrinken).

Andere Befunde waren hingegen auch sehr häufig bei den anderen Todesfällen im Wasser, die nicht Ertrinkungsfälle waren, zu beobachten. Teilweise waren sie sogar signifikant höher bei den anderen Todesursachen vertreten. Einen Überblick über diese unspezifischen Befunde soll Tabelle 7 geben.

Tabelle 7

Unspezifische Befunde für die Diagnostik des Ertrinkens

Befund	rel. Häufigkeit (%) Klassisches Ertrinken	rel. Häufigkeit (%) Atypisches Ertrinken	rel. Häufigkeit (%) Kein Ertrinken	Signifikanz
Einblutung Atemhilfsmuskulatur	11,0	25,5	50,0	p<0,001
Überblähte Lungen	99,1	97,1	28,6	p<0,001
Aortic haemolytic staining	13,0	6,7	10,0	nicht signifikant

Anmerkung. Aufstellung der inneren Ertrinkungszeichen, die nicht exklusiv bei Ertrinkungsfälle beschrieben werden konnten. Ihnen ist gemein, dass sie auch bei anderen Todesursachen im Wasser beobachtet wurden. Einblutungen in der Atemhilfsmuskulatur traten hier signifikant häufiger bei Personen auf, die nicht ertrunken waren.

3.6. Rechtsmedizinische Zusatzuntersuchungen

3.6.1. Alkoholanalytik

Bei allen obduzierten Leichen wurde eine routinemäßige Bestimmung der Blutalkoholkonzentration im Venenblut durchgeführt. Insgesamt konnte bei 52,1% aller Todesfälle eine relevante alkoholische Beeinflussung zum Todeszeitpunkt festgestellt werden.

Die alkoholische Beeinflussung wurde nach Standard des Instituts in die Stufen *keine relevante* (BAK 0,0-0,2‰), *minimal* (BAK >0,2 bis 0,5‰), *leicht* (BAK >0,5 bis 0,9‰), *mittel* (BAK >0,9 bis 1,4‰), *stark* (BAK >1,4 bis 1,9‰), *sehr stark* (BAK >1,9 bis 2,9‰) und *hochgradig* (BAK >2,9‰) kategorisiert.

Vergleicht man die Häufigkeitsverteilung im Grad der alkoholischen Beeinflussung zwischen den Geschlechtern, so ist zu erkennen, dass Frauen in 33,8% der Fälle eine alkoholische Beeinflussung zeigten, gegenüber 58,3% bei den Männern. Bei Alkoholisierung zeigten Frauen eher Blutalkoholkonzentrationen im unteren Wertebereich. Demgegenüber stehen die Männer, die vor allem starke (9,6% vs. 1,4%), sehr starke (22,0% vs. 4,1%) und hochgradige (8,7% vs. 5,4%) Alkoholisierungen zeigten (vgl. Abb. 14a).

Den größten Anteil von Todesfällen mit alkoholischer Beeinflussung wies die Altersgruppe der 20-59-jährigen (61,2%) auf, vor der Gruppe der über 60-jährigen mit 39,6%. In der Gruppe der Heranwachsenden (10 bis 19 Jahre) hatten 28,6% eine relevante alkoholische Beeinflussung (für differenzierte Betrachtung nach Geschlecht siehe Abb. 14b).

Eine Alkoholisierung spielte prinzipiell bei allen Todesumständen eine Rolle (vgl. Tab. 8). Der höchste Anteil (66,7%) ließ sich bei *Fahrzeugunfällen* feststellen. Ebenso hohe Werte fanden sich bei den Umständen *Sturz* (64,7%) und *Wassersport-/Bootsunfälle* (63,3%). Unterdurchschnittlich gering war der Anteil an Personen mit alkoholischer Beeinflussung bei *Arbeitsunfällen* (20,0%) und *Todesfällen in der Häuslichkeit* (27,3%).

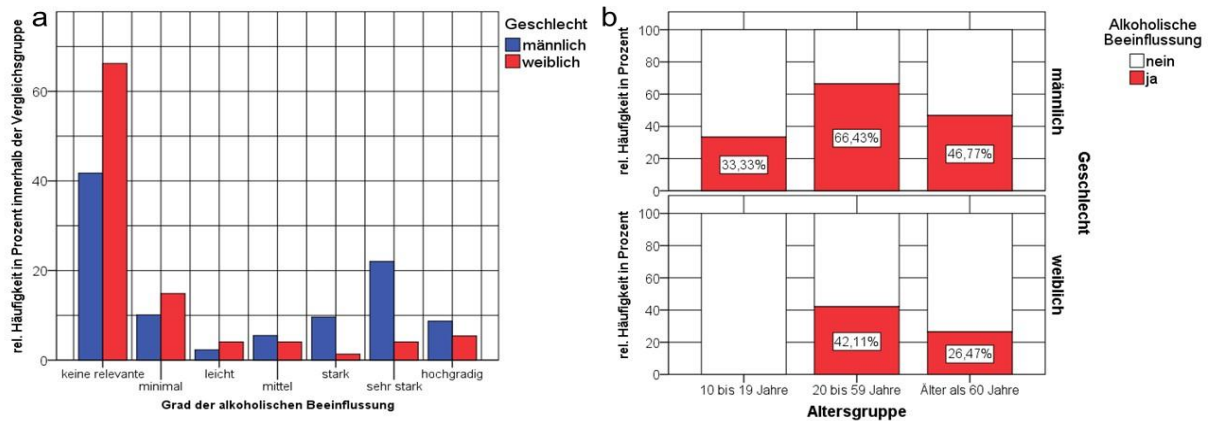


Abbildung 14. Alkoholisierung nach Altersgruppe und Geschlecht

- a) Grad der alkoholischen Beeinflussung im Geschlechtervergleich: Mit 58,3% der Fälle waren alkoholische Beeinflussungen bei den Männern deutlich häufiger vertreten als bei den Frauen (33,8%). Während Frauen bei Alkoholisierung eher BAKs im unteren Wertebereich zeigten, waren bei den Männern insbesondere starke (9,6% vs. 1,4%), sehr starke (22,0% vs. 4,1%) und hochgradige Alkoholisierungen (8,7% vs. 5,4%) vertreten.
- b) Alkoholisierung nach Altersgruppe und Geschlecht: Bei den Männern waren in allen Altersgruppen (ausgenommen Kleinkinder) Fälle mit alkoholischer Beeinflussung vertreten. Der höchste Anteil fand sich in der Gruppe der 20-59-jährigen (66,4%). Auch bei den Frauen wurde der höchste Anteil in der Altersgruppe der 20-59-jährigen beobachtet. Keine Beeinflussung zeigten weibliche Todesfälle aus der Altersgruppe der 10-19-jährigen. In der Altersgruppe der über 60-jährigen war bei den Männern ein deutlich größerer Anteil unter alkoholischer Beeinflussung als bei den Frauen.

Tabelle 8

Anteil Fälle mit alkoholischer Beeinflussung nach Todesumstand

Todesumstand	rel. Häufigkeit (%) mit alkoholischer Beeinflussung
Fahrzeugunfall	66,7
Sturz	64,7
Wassersport-/Bootsunfall	63,3
Tötungsdelikt	60,0
Vermisstenfall	48,4
Suizid	48,3
Badeunfall	34,5
Tod in Häuslichkeit	27,3
Arbeitsunfall	20,0

Anmerkung. Für jeden Todesumstand wurde der Anteil der Fälle bestimmt, in denen der Betroffene zum Todeszeitpunkt unter relevanter alkoholischer Beeinflussung stand. Besonders häufig war dies bei den Sachverhalten *Fahrzeugunfall*, *Sturz*, *Wassersport-/Bootsunfall* und bei *Tötungsdelikten* der Fall.

In einem Fall war eine Alkoholintoxikation Todesursache im Rahmen eines Todesfalls in der Häuslichkeit. Das 59-jährige, weibliche Opfer wurde in der Badewanne aufgefunden und wies keine Ertrinkungszeichen auf. Die Bestimmung der BAK ergab einen Wert von 4,12‰.

3. Ergebnisse

Bei der Betrachtung des Blutalkoholgehalts aller Fälle mit relevanter alkoholischer Beeinflussung konnten Konzentrationen im Wertebereich zwischen 0,21‰ und 5,00‰ ermittelt werden. Die durchschnittliche BAK lag bei 1,78‰. 29,0% der BAKs lagen im Wertebereich unter ein Promille, 25,7% über einem Promille, aber unter zwei Promille, 32,9% analog bis drei Promille, 10,5% bis vier Promille, 1,3% unter fünf Promille BAK und ein Fall (0,7%) entsprechend beim Maximum von fünf Promille.

Der Wert von 5,00‰ BAK wurde bei einem 49-jährigen Mann festgestellt, der nach einem Bootsunfall in der Ostsee durch Ertrinken verstarb.

3.6.2. Toxikologie

Darüber hinaus wurden, zusätzlich zur Bestimmung der Blutalkoholkonzentration, bei Anhalt auf eine toxikologische Beeinflussung in 84 Fällen entsprechende Screening-Untersuchungen durchgeführt. Diese lieferten in 31 Fällen einen positiven Substanznachweis (vgl. Tab. 9). In einem Fall kam es zu einer todesursächlichen Arzneimittelintoxikation in suizidaler Absicht. Das Opfer wurde in der Badewanne aufgefunden.

Tabelle 9

Ergebnisse toxikologischer Untersuchungen

Ergebnis Toxikologie	abs. Häufigkeit	rel. Häufigkeit (%)
Keine Untersuchung	247	74,6
negativ	53	16,0
Arzneimittel positiv	25	7,6
Drogen positiv	6	1,8
Gesamt	331	100

Anmerkung. Absolute und relative Häufigkeiten der Ergebnisse toxikologischer Screenings. Diese Untersuchungen wurden bei 84 Fällen durchgeführt und wiesen in 31 Fällen eine toxikologische Beeinflussung nach. Dabei waren 25 positive Ergebnisse auf Arzneimittel und 6 Ergebnisse auf Drogen zurückzuführen.

Bei weiterer Analyse in Abhängigkeit der Todesumstände konnte für alle Suizide, bei denen ein zusätzliches toxikologisches Gutachten erstellt wurde, in 62,5% der Fälle eine Arzneimittelintoxikation festgestellt werden. Ebenso wurde bei den Badeunfällen mit toxikologischer Gutachtenerstellung für 40% eine Drogenintoxikation, in 20% eine Arzneimittelintoxikation nachgewiesen.

4. Diskussion

4.1. Bedeutung und Zielsetzung

Die vorgelegte Arbeit hat zum Ziel, alle Todesfälle aus dem Wasser, die nach staatsanwaltschaftlicher Anordnung in den Jahren 1997 bis 2017 im Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald obduziert wurden, zu analysieren. Das Institut versorgt zwei Landgerichtsbezirke. Durch die nordöstliche Lage gehören zum Versorgungsbereich rund 1.500 km Küstenabschnitte und zahlreiche Binnenseen, darunter der größte Binnensee der Bundesrepublik Deutschland [108].

Im genannten Untersuchungszeitraum fanden sich 331 Leichenauffindungen im Wasser, die nachfolgend im Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald in Greifswald obduziert wurden. Dies entsprach 7,7% aller Sektionsfälle in diesem Zeitraum. Im nationalen Vergleich machten Todesfälle im Wasser beispielsweise im Institut für Rechtsmedizin Hannover 2,7%, in München 2,6% des Obduktionsgutes aus [12,39]. Andere retrospektive Analysen aus den USA (Ohio) und Südafrika gaben Anteile von 0,6% und 2% an [37,74]. Todesfälle im Wasser sind im Greifswalder Institut daher vergleichsweise häufig zu beobachten, was die Eignung des Einzugsbereichs für diese retrospektive Analyse einmal mehr unterstreicht.

Das Versorgungsgebiet des Greifswalder Instituts umfasst die Landgerichtsbezirke Stralsund und Neubrandenburg. In diesem Gebiet sind im Zeitraum 1997 bis 2017, nach Angaben des Statistischen Landesamts, 153 Menschen an einem Tod durch Ertrinken oder Untergehen verstorben [117]. Im selben Zeitraum wurde im Sektionsgut der Greifswalder Rechtsmedizin in 289 Fällen die Todesursache Ertrinken bestimmt. Hier gilt es zu beachten, dass in der Todesursachenstatistik des Landes nur Todesfälle von Personen erfasst sind, die auch in Mecklenburg-Vorpommern gemeldet waren. Die deutlich höheren Obduktionsfrequenzen von Ertrinkungsfällen sind also am ehesten damit zu erklären, dass bei Todesfällen im Wasser eine Vielzahl von Urlaubern und anderen nicht-ortsansässigen Personen betroffen sind.

Das Untersuchungsgut bildet somit nicht nur eine regionale Bevölkerungsgruppe ab, sondern umfasst ein breiteres Spektrum der Bevölkerung.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass die Todesursachenstatistik auf Grundlage der Todesbescheinigungen erstellt wird, von denen man weiß, dass sie nicht selten unvollständige und falsche Angaben enthalten [130].

Statistiken der Wasserschutzpolizei Mecklenburg-Vorpommern geben für das Einzugsgebiet des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald in den Jahren 2014 bis 2017, 55 Todesopfer nach maritimen Unfallgeschehen an [115]. Gleichzeitig ist bekannt, dass in derartigen Statistiken nicht zweifelsfrei alle Todesfälle im Wasser auch erfasst wurden, da zum Teil erhebliche Defizite in der Erhebung maritimer Unfallgeschehen bestehen [44].

Im gleichen Zeitraum wurden jedoch nur 46 Todesfälle im Wasser obduziert. Hieran ist zu erkennen, dass nicht jeder Todesfall auch zu einer gerichtlichen Leichenöffnung führte. Insbesondere den tödlichen Badeunfällen, die von der Wasserschutzpolizei mit einer Anzahl von 35 angegeben wurden, stehen nur vier obduzierte Badeunfälle im selben Zeitraum gegenüber. Ein Teil der Differenz kann wahrscheinlich auch dadurch erklärt werden, dass einige der betroffenen Sachverhalte in dieser Arbeit mitunter anders klassifiziert wurden (zum Beispiel als Vermisstenfall). Trotzdem wird hier noch einmal deutlich, wie häufig tödliche, maritime Unfallgeschehen im Untersuchungsgebiet waren und eine genauere Analyse rechtfertigen.

Es besteht die Vermutung, dass Todesfälle im Wasser immer seltener in eine gerichtliche Obduktion münden. Dies könnte ein Grund dafür sein, warum die jährlichen Obduktionszahlen derartiger Todesfälle tendenziell abnehmen. Bei der Ableitung von Aussagen über Todesfälle im Wasser mit Hilfe unserer Untersuchung muss bedacht werden, dass sich das Untersuchungsgut auf Todesfälle beschränkt, bei denen im Rahmen eines Todesermittlungsverfahren eine gerichtliche Obduktion angeordnet wurde. Insofern handelte es sich um ein bereits vorselektiertes Untersuchungskollektiv.

Ein Ziel dieser Arbeit soll es unter anderem auch sein, Argumente zu schaffen, Todesfälle im Wasser in Zukunft auch weiterhin unbedingt zur Obduktion zu bringen.

Die Häufigkeit maritimer Unfallgeschehen ist nicht zu unterschätzen. Peden et al. stellten fest, dass auf einen tödlichen Ertrinkungsfall im Kindesalter, sieben Fälle kommen, in denen ein Kind einen maritimen Unfall überlebt hat. Dieses Verhältnis verschob sich dann auf 1:0,8 im senilen Alter. [85]. Auch eine Studie aus Amsterdam gibt insgesamt 515 maritime Unfälle an, von denen lediglich 88 tödlich verlaufen sind [102]. Derartige Zahlen liegen für Mecklenburg-Vorpommern leider nicht vor. Es ist aber davon auszugehen, dass die tatsächliche Anzahl maritimer Unfälle deutlich höher einzustufen ist, als sie durch die Sektionszahl widergespiegelt wird.

In einer kanadischen Studie kam man zu der Erkenntnis, dass in abgelegenen Gegenden eine deutlich höhere Mortalität für Ertrinken vorherrscht [34]. Gründe werden in einer guten Zugänglichkeit von Wasser bei gleichzeitig schlechten Präventionsmaßnahmen gesehen [34]. Vielleicht könnten einige dieser Faktoren auch in der Region Vorpommern ausgemacht werden. Allein aufgrund der touristischen Bedeutung der Region, ist aber schon von einer Häufung tödlicher Unfälle im Wasser auszugehen.

Insgesamt bot das Untersuchungsgut durch die Inhomogenität und durch die Vielzahl unterschiedlicher Todesumstände einige Möglichkeiten, den Todesfall im Wasser genauer zu analysieren. Im Folgenden wird sich diese Arbeit darauf konzentrieren, die Verteilung der Todesumstände besser zu verstehen und Risikogruppen zu identifizieren. Gleichzeitig soll auf die Häufigkeit der Befunde der Sektion Rücksicht genommen und mögliche Beeinflussungsfaktoren diskutiert werden.

4.2. Bewertung und Einordnung

4.2.1. Charakterisierung des Untersuchungsgutes

4.2.1.1 *Profil eines männlichen Ertrinkungsopfers*

In den Sektionsfällen konnte eine deutliche Dominanz des männlichen Geschlechts mit einem Anteil von 75,2% festgestellt werden. Dass es im Zusammenhang mit Todesfällen im Wasser zu einer Häufung von Opfern männlichen Geschlechts kommt, wurde schon in zahlreichen anderen retrospektiven Analysen beschrieben. Der Anteil der Männer reichte von 70% in München bis zu 85% in Neuseeland [26,39,53,74,88,96,97,112].

Versucht man, für die männlichen Opfer in unserem Untersuchungsgut ein Profil zu erstellen, so sind diese durchschnittlich 46,5 Jahre alt und damit 9,7 Jahre jünger als die weiblichen Opfer. Eine vergleichbare Altersdifferenz von 4,5 Jahren wurde auch von Cobbett et al. in Neuseeland beschrieben. [26]. Die häufigsten Todesumstände bei den Männern waren Wassersport- und Bootsunfälle, Stürze ins Wasser oder Badeunfälle und somit alle akzidenteller Natur.

Die Feststellung, dass insbesondere akzidentelle Todesumstände bei männlichen Ertrinkungsopfern bestimmend sind, wurde bereits von einigen Autoren getroffen. Gamero et al. beschrieben ein Verhältnis von 3,6:1 zu Gunsten der Männer bei akzidentellen Ertrinkungsfällen in Sevilla [36]. Auch Quan et al. sahen insbesondere junge Männer bei Bade- und Bootsunfällen betroffen [96].

In Kanada überwog ein großer Anteil von Ertrinkungsfällen als Folge von Bootsunfällen, deren Opfer zu 90% männlich und im Alter zwischen 20 und 34 Jahren waren [25]. Eine noch erheblichere männliche Dominanz bei Bootsunfällen konnte auch in einer türkischen Studie festgestellt werden. 96,8% der Opfer waren hier männlich und durchschnittlich 33,1 Jahre alt [54]. Das typische Opfer eines Bootsunfalls wird von Chochinov et al. für Kanada als Mann beschrieben, der in der Freizeit ein Kleinboot steuert und dabei erheblich alkoholisiert ist. Gleichzeitig trägt dieser keine Schwimmweste oder sonstige Schutzausrüstung [23]. In Finnland fanden sich die meisten Bootsunfälle in der Altersgruppe 50-54 Jahre [62]. Diese Erkenntnisse spiegeln weitestgehend das Profil eines männlichen Ertrinkungsopfers aus unserem Untersuchungsgut wider.

Howland et al. stellten Thesen heraus, warum in der Mehrzahl der Ertrinkungsfälle Männer betroffen sind. Demnach begehen Männer allgemein häufiger Aktivitäten am Wasser, die mit einer hohen Wasserexposition und einem hohen Submersionsrisiko behaftet sind. So schwimmen Männer häufiger in sogenannten Risikosituationen wie beispielsweise allein, in natürlichen Gewässern und bei Nacht. Darüber hinaus konsumieren Männer häufiger Alkohol und trinken dann auch durchschnittlich größere Mengen. Bei einer Befragung von Männern gaben diese nach Howland et al. häufiger an, schwimmen zu können, ohne jemals Schwimmunterricht genommen zu haben [49].

Diese Thesen zum Risikoverhalten von Männern stehen in Einklang mit dem Ergebnis unserer retrospektiven Analyse. Wassersport- und Bootsunfälle waren hier fast ausschließlich bei den Männern vertreten. Des Weiteren zeigten 58,3% der Männer eine alkoholische Beeinflussung mit einem großen Anteil von Blutalkoholkonzentrationen im hohen Wertebereich (siehe 4.2.5.1 *Alkoholanalytik*, Seite 91).

Eine polnische Studie kam zu dem Ergebnis, dass sich ein niedriger sozioökonomischer Status negativ auf die Schwimmkenntnisse männlicher Studenten auswirkte. Darunter fielen auch Männer, die aus ländlichen Regionen kamen [72]. Inwiefern dies auf unser Untersuchungsgut zutrifft und ggf. die Mortalität weiter steigert, bedarf jedoch weiterer Untersuchung.

4.2.1.2 *Profil eines weiblichen Ertrinkungsopfers*

Das Profil der weiblichen Opfer unterschied sich von dem der Männer. Bei den Frauen waren hohe Altersgruppen viel häufiger vertreten. 45,7% der weiblichen Opfer waren über 60 Jahre alt, bei einem Durchschnittsalter von 56,2 Jahren. Dies steht in Analogie zu Beobachtungen in Neuseeland und Indien [26,88].

Der häufigste Todesumstand bei Frauen in unserem Untersuchungsgut war das suizidale Ertrinken. Kombiniert führt dies zu der Annahme, dass der Suizid durch Ertrinken gehäuft von älteren Frauen begangen wird. Für sich allein genommen, wurde ein Suizid durch Ertrinken gleichermaßen von Männern und Frauen begangen. Da die absolute Zahl an weiblichen Ertrinkungsopfern im Untersuchungsgut aber deutlich geringer war, war der Suizid bei den Frauen in Relation jedoch sehr häufig vertreten (39,5%).

Eine Zusammenschau vieler Studienergebnisse deutet bereits darauf hin, dass der Suizid durch Ertrinken insbesondere von älteren Frauen begangen wird [82,107]. Eine deutsche Studie kam zu dem Ergebnis, dass das Ertrinken die einzige Suizidmethode sei, die häufiger von Frauen begangen wird [2].

Eine Vielzahl von Autoren publizierten in retrospektiven Analysen suizidaler Ertrinkungsfälle ähnliche Ergebnisse: Nach Wirthwein et al. waren 67% der Frauen älter als 40 Jahre und 42% älter als 60 Jahre, bei den Männern analog 54% beziehungsweise 29% [128]. Ein höheres Durchschnittsalter der Frauen zeigten ebenfalls Untersuchungen aus Griechenland, Schweden, Kroatien und Australien [2,1,15,82,118].

Auch eine Häufung der Suizide bei den Frauen im Vergleich zu den Männern mit Anteilen von beispielsweise 55% der weiblichen- zu 21% der männlichen Ertrinkungsopfer in Schweden beziehungsweise 55% der Frauen gegenüber 29% der Männer bei den über 65-jährigen Ertrunkenen in Spanien, wurde von einigen Autoren noch einmal besonders herausgestellt [2,1,97,118]. Eine italienische Studie verwies hingegen auf eine männliche Dominanz bei den Suiziden, außer in den Altersgruppen über 60 Jahren [75].

Darüber hinaus stellten Byard et al. für den Suizid von Frauen heraus, dass dieser häufiger in anderen Lokalisationen durchgeführt werde. Ein Großteil wurde dabei in der Häuslichkeit oder in Bädern verübt [2,15]. Dies lässt sich aus unserer Untersuchung nicht ableiten, da Verstorbene nach Suiziden in den verschiedensten Gewässern aufgefunden wurden (siehe 4.2.1.5 *Fundorte*, Seite 74).

4.2.1.3 *Lebensaltersaspekte des gesamten Untersuchungskollektivs*

In unserem Untersuchungsgut betrug das mittlere Sterbealter 48,9 Jahre. Ähnliche Untersuchungen aus Dänemark, Neuseeland und Nigeria lieferten die gleichen Ergebnisse: die meisten Ertrinkungsfälle wurden demnach in der Altersgruppe zwischen 40 und 49 Jahren [26,53,112] beziehungsweise 50 und 69 Jahren in Ungarn [97] beobachtet.

In Indien wurden hingegen häufiger Todesfälle im Alter unter 50 Jahren beschrieben, in Südafrika war mit 30,3% der größte Anteil der Opfer unter 10 Jahre alt [69,88]. Quan et al. weisen ergänzend in ihren Untersuchungen für Washington darauf hin, dass, bezogen auf die Gesamtbevölkerungszahl, die höchsten Ertrinkungsraten im

Kleinkindesalter festzustellen seien [96]. Erklärungen lassen sich hier im sozioökonomischen Status der verschiedenen Länder finden, der mitunter eine andere Altersstruktur der Bevölkerung, eine verschieden hohe Kindersterblichkeit und den Zugang zu Präventionsmaßnahmen bedingt.

Auffällig in unserem Untersuchungsgut war der hohe Anteil von Verstorbenen im Alter über 60 Jahren (45,7% der Frauen und 27,5% der Männer). Obwohl die höchsten Ertrinkungsraten noch immer in Staaten mit geringen sozioökonomischen Status zu verzeichnen sind, ist weltweit die Tendenz zu erkennen, dass Ertrinkungsfälle in gehobenem Alter zunehmen. Diese Entwicklung betrifft auch die weitentwickelten Industrienationen [84]. Als mögliche Ursache kann die gesteigerte Aktivität älterer Menschen angesehen werden, die gleichzeitig durch relevante Grunderkrankungen beeinflusst wird [83,84]. In einigen Studien wurde bereits festgestellt, dass der Sturz ins Wasser bei älteren Menschen oft in ein Ertrinken mündet [84]. Diese unvermittelten Stürze werden durch den Verlust von Muskelmasse, Balance und Knochendichte im Alter noch einmal begünstigt [83,84]. Peden et al. identifizierten männliches Geschlecht, ein besonders hohes Alter, Wohnen in ländlicher Gegend und Alkoholkonsum als Risikofaktoren für ein Ertrinken im Alter [84]. In unserer Analyse spiegelt sich dies insofern wider, dass 23,8% der Todesfälle im Wasser bei den über 60-jährigen gesichert durch einen Sturz ins Wasser verursacht wurden. In weiteren 13,3% lag ein Vermisstenfall vor, an dessen Ende ebenfalls ein Sturz ins Wasser gestanden haben könnte.

4.2.1.4 *Todesumstände*

In der rechtsmedizinischen Literatur werden Unfälle als die häufigste Ursache für einen Todesfall im Wasser eingestuft. Suizide kämen deutlich seltener vor, wohingegen Tötungsdelikte eine „Rarität“ seien [50].

Für die Todesfälle im Wasser im Untersuchungsgut des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald konnten die Todesumstände in neun wesentliche Gruppen klassifiziert werden. Die größte Kategorie bildeten dabei die akzidentellen Ursachen, die einen Anteil von 71,5% ausmachten, gefolgt von Suiziden (18,2%) und Tötungsdelikten (2,4%). Die verbliebenen 8,0% bildeten Todesfälle in der Häuslichkeit und zwei

natürliche Tode, die sich keiner dieser Kategorien zuordnen ließen. Unfälle als häufigste Ursache bei Todesfällen im Wasser wurden somit bestätigt.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass bei der Erfassung der Todesumstände auch Klassifizierungsfehler entstanden sein könnten: Die Eingruppierung der Todesumstände beruhte auf Angaben aus weiteren Aufzeichnungen, wie zum Beispiel Ermittlungsberichten der Polizei. Fälle wurden dabei nur als Suizid klassifiziert, sofern sich dafür eindeutige Hinweise (zum Beispiel Abschiedsbrief) ergaben. Uneindeutige Todesumstände könnten dabei unter Umständen fehlklassifiziert worden sein, weil entsprechende Informationen zum Obduktionszeitpunkt nicht vorlagen.

Eine deutsche Publikation von Breitmeier et al. aus Hannover gab eine Häufigkeit von 57,1% für die akzidentellen Ursachen an [12]. Die Ergebnisse weiterer Analysen aus Schweden, Finnland, Spanien, den USA und Nigeria lieferten Werte zwischen 13% in New York und 80% am Niger Delta [24,36,37,59,61,112]. Es ist weltweit also eine große Spannweite erkennbar. Der Anteil von 71,5% aus unserem Untersuchungsgut liegt dabei im gehobenen Wertebereich.

Eine genauere Betrachtung der akzidentellen Todesumstände in einer finnischen Studie ergab, dass es sich in 37,1% der Vorfälle um Bootsunfälle, in 5,7% um Verkehrsunfälle, bei 0,7% um sonstige äußere Gewalteinwirkungen und in 56,5% um andere Unfälle an und im Wasser handelte [62]. Die akzidentellen Todesumstände waren in unserem gesamten Untersuchungsgut wie folgt verteilt: Stürze (21,9%, korrigiert um einen natürlichen Tod: 21,6%), Wassersport- und Bootsunfälle (19,8%), Badeunfälle (13,7%, korrigiert um einen natürlichen Tod: 13,4%), Vermisstenfälle (10,3%), Arbeitsunfälle (3,7%) und Fahrzeugunfälle (2,7%).

Die Häufigkeit von Boots- und Verkehrsunfällen, die zum Tod im Wasser führten, war in Finnland also deutlich größer als in unserer Untersuchung. Gleiches gilt auch für Kanada und den USA mit einer Gesamthäufigkeit von ca. 26% an allen Todesfällen [25,96]. Ganz anders zeigten sich die Verhältnisse im Iran, wo fast 95% aller akzidentellen Tode durch Unfälle beim Schwimmen bedingt waren. Trotzdem waren auch hier insbesondere junge Männer betroffen, was den Ergebnissen unserer Analyse ähnelt [106].

Quan et al. versuchten die akzidentellen Todesumstände noch einmal für verschiedene Altersgruppen zu charakterisieren. Hierbei fanden sie heraus, dass Kleinkinder häufig (75% der Fälle) nach einem Sturz ins Wasser ertranken [96]. Größere Kinder kämen hingegen häufiger bei (sportlichen) Aktivitäten im Wasser zu Tode [25,96]. In unserer Untersuchung dominierte mit 50% der Badeunfall in der Gruppe der 0-9-jährigen, gefolgt von Todesfällen in der Häuslichkeit (30%, zwei Todesfälle in der Badewanne und ein Ertrinken im Pool).

Weltweit zeigt sich die Entwicklung, dass suizidale Ertrinkungsfälle immer weiter abnehmen sollen [112]. Gleichzeitig werden Suizide aber häufig nicht als solche erkannt und die wirklichen Todesumstände bleiben unklar [107]. Auch in unserem Untersuchungsgut könnte die Dunkelziffer höher gewesen sein, da Todesfälle eben nur als Suizid klassifiziert wurden, wenn eindeutige Hinweise, wie zum Beispiel ein Abschiedsbrief vorlagen. Trotzdem wurden in unseren Untersuchungen 18,2% der Todesfälle als Suizid eingestuft.

Byard et al. gaben an, dass sich die Suizidraten bei Ertrinkungsfällen zwischen 3% und 8% bewegen. Abweichungen könnten mit den Zugangsmöglichkeiten zu Gewässern begründet sein [15]. Breitmeier et al. fanden für Hannover einen Anteil von 17,3%, der damit vergleichbar zu unseren Zahlen ist [12]. In weiteren Publikationen aus Nigeria, den USA, Finnland und Schweden wurden wiederum Anteile zwischen 7,1% (Niger Delta) und 42% (New York) angegeben [24,37,59,61,112].

Die Tötung durch Ertrinken darf als selten angesehen werden. Leth et al. charakterisierten den Homizid durch Ertrinken genauer und stellten dabei heraus, dass dieser häufiger bei Kindern zu beobachten ist [57].

Bei den acht Tötungsdelikten in unserem Untersuchungsgut kann in vier Fällen von einem Tod durch Ertrinken ausgegangen werden. Dabei handelte es sich in einem Fall um einen Säugling. Bei dieser Kindstötung in der Badewanne konnte ein Ertrinken als alleinige Todesursache bestimmt werden. In den drei anderen Fällen kam es gleichzeitig zu erheblichen Gewalteinwirkungen, die ein Ertrinken begünstigt haben könnten (sogenanntes Atypisches Ertrinken). Hier zeigten sich beispielsweise Schädelfrakturen als Zeichen der stumpfen Gewalt gegen den Kopf und in einem

anderen Fall Strangulationsverletzungen am Hals. Daher liegen Leth et al. aus unserer Sicht mit ihrer Annahme richtig, dass das Ertränken im Erwachsenenalter zwar selten ist, dann jedoch mit Zeichen einer erheblichen äußeren Gewalteinwirkung einhergeht [57].

Bei den vier weiteren Tötungsdelikten wurde der Leichnam (in einem Fall Leichenteile) nach dem Tod durch äußere Gewalt ins Wasser abgelegt. Man spricht in diesen Fällen auch von einem sogenannten Dumping.

Andere Publikationen gaben Häufigkeiten zwischen 0,3% (Spanien) und 12,9 % (Nigeria) für Tötungsdelikte bei Ertrinkungsfällen an [24,36,37,59,61,112]. Breitmeier et al. beschrieben im nationalen Vergleich 2,6 % für Hannover [12].

4.2.1.5 Fundorte

Im Untersuchungsgut der Todesfälle im Wasser dominierte die Ostsee als Fundort klar mit einem Anteil von 43,5%. Dies kann mit den geographischen Besonderheiten des Zuständigkeitsgebiets des Greifswalder Instituts begründet werden. Die Ostsee berührt die großen Landkreise Vorpommern-Greifswald und Vorpommern-Rügen, umgibt außerdem die beiden Inseln Rügen und Usedom. Gleichzeitig ist die Landschaft der Mecklenburgischen Seenplatte durch zahlreiche Binnenseen gekennzeichnet. Diese finden sich bei den Fund-Gewässern nach Todesfällen im Wasser mit einem Anteil von 21,9% an zweiter Stelle wieder.

Die geographischen Besonderheiten werden im Vergleich zu den Ergebnissen von Breitmeier et al. aus Hannover noch einmal besonders deutlich. Dort wurden die meisten Wasserleichen in der Badewanne (23,1%), gefolgt von Seen (17,3%) aufgefunden [12]. Eine größere Dominanz des Meeres bei Todesfällen im Wasser zeigte sich in Publikationen aus Neuseeland (76,5%) und der Region Marseille, Frankreich (89%) [7,26].

Peden et al. stellen fest, dass von natürlichen Gewässern im Hinblick auf Ertrinkungsfälle die größte Gefahr ausgeht [84]. In einer kanadischen Publikation wurden außerdem 75,5% der Ertrinkungsfälle in natürlichen Gewässern beobachtet [25]. Byard wies noch einmal besonders auf die große Gefahr von Flüssen hin, in denen 25% der Ertrinkungsoffer in Australien ihren Tod fanden [19]. Das größte

Risiko gehe dabei von den unübersichtlichen Strömungsverhältnissen und der unregelmäßigen Wassertiefe in Kombination mit Verwirbelungen aus [19].

Alles in allem spielen natürliche Gewässer im Hinblick auf Todesfälle im Wasser eine bedeutende Rolle, die so auch aus unserem Untersuchungsgut interpretiert werden kann. In Südafrika zeigten sich hingegen andere Verhältnisse, wo die Mehrzahl der Wasserleichen (38%) aus Pools geborgen wurde [74].

Zusätzlich zeigten sich auch Altersunterschiede der Opfer im Vergleich der Fund-Gewässer. Kinder wurden in unserer Untersuchung besonders häufig in der Badewanne und in künstlich angelegten Becken aufgefunden. Diese Beobachtung wurde auch von Peden et al. in ihrer retrospektiven Analyse gemacht [84]. Auch Quan et al. gaben dies als Kennzeichen für das Ertrinken in dieser Altersgruppe an [96]. Es ist davon auszugehen, dass diese Gewässer für Kinder mit beschränkten Schwimmfähigkeiten und geringerer Körpergröße eine größere Gefahr darstellen als für Erwachsene.

Diese sind wiederum durch riskantes Verhalten in natürlichen Gewässern gefährdet. In Finnland gelten Seen beispielsweise als Hauptlokalisierung für akzidentelle Ertrinkungsfälle, wie zum Beispiel nach Badeunfällen [62]. Quan et al. gaben an, dass Erwachsene zu 90% in offenen Gewässern ertranken [96]. Auch in unserer Untersuchung wurde deutlich, dass sich akzidentelle Todesumstände sehr häufig in der Ostsee und in Seen abspielten.

Eine speziellere Gruppe bilden hier noch einmal die Senioren, die gehäuft in Kleingewässern zu Tode kamen. Es wurde bereits betont, dass diese Gruppe besonders durch Stürze ins Wasser gefährdet ist. Bei der genauen Betrachtung der Todesumstände in Kleingewässern wurde deutlich, dass es hier besonders häufig zu Todesfällen nach Stürzen, Vermisstenfällen und Suiziden kam. Diese Todesumstände waren ebenfalls charakteristisch für die Gruppe der über 60-jährigen in unserer Untersuchung. Es leuchtet ein, dass es älteren Menschen mit reduzierter körperlicher Leistungsfähigkeit schwerfallen wird, sich in Notsituationen auch aus Kleingewässern befreien zu können.

Die Annahme, dass es sich bei Leichenauffindungen in der Badewanne fast ausschließlich um Suizide handelt, ist falsch. In unserer Untersuchung konnte ein Suizid nur in 11,1% der Badewannentoten sicher festgestellt werden. Suizide wurden in unserem Untersuchungsgut in fast allen Gewässern realisiert.

Die Feststellung von Ahlm et al., dass sich der Großteil der (weiblichen) Suizide in der Häuslichkeit abspiele, kann nicht geteilt werden [2]. Bei Frauen aus unserem Untersuchungsgut kam es zwar viel häufiger zu Todesfällen in der Häuslichkeit als bei den Männern. Auch der Fundort Badewanne war bei den Frauen deutlich häufiger vertreten. Trotzdem spielte sich nur ein kleiner Teil der weiblichen Suizide in der Badewanne ab (3 Suizide in der Badewanne vs. 14 Suizide in der Ostsee).

Stemberga et al. formulierten die These, dass sich die Orte für ein suizidales Ertrinken nach der Verfügbarkeit von Gewässern richten [118]. Auch in einer italienischen Studie wählten 80% der Suizidenten Flüsse und Kanäle für den Tod im Wasser [75]. Dies ist mit den Ergebnissen unserer Untersuchung vereinbar. Die Verfügbarkeit der Ostsee wirkt sich hier möglicherweise verstärkend aus.

4.2.1.6 *Herkunft der Opfer*

Auf die touristische Bedeutung der Untersuchungsregion wurde bereits hingewiesen. Das Obduktionsgut bestand zu etwa einem Viertel (25,8%) aus Urlaubern und Nicht-Einheimischen. Bisher liegen nur wenige Publikationen vor, die den Ertrinkungsort der Verstorbenen mit der Meldeadresse in Beziehung setzten. Eine iranische Studie identifizierte 65,9% der Ertrinkungsopfer als Urlauber, die dann gehäuft im Meer ertranken [106]. Auch in einer Publikation von Reijnen et al. aus Amsterdam wurde erkannt, dass 67% der Opfer von Ertrinkungsunfällen keine offiziellen Einwohner der Stadt waren [102].

Der typische „Urlauber“ aus unserem Untersuchungsgut starb akzidentell bei sportlichen Aktivitäten im Wasser, meist in der Ostsee. Selbstüberschätzung und riskantes Verhalten sind Faktoren, die bei Wassersportunfällen von Urlaubern häufig beobachtet wurden [54].

Im Gegensatz dazu sind Einheimische womöglich besser mit den örtlichen Begebenheiten und den Aktivitäten im Wasser vertraut. In dieser Gruppe war überdurchschnittlich häufig der akzidentelle Sturz ins Wasser vertreten. Mögliche Ursachen könnten übermäßiger Alkoholkonsum und riskantes Verhalten in

Alltagssituationen sein. Ein Beispiel wäre der Spaziergang am Hafenbecken, bei dem es zu einem alkoholbedingten Sturz ins Wasser mit anschließendem Ertrinken kommt.

Sehr erstaunlich ist, dass es in beiden Gruppen gleichermaßen zu Suiziden im Wasser kam. Dies dürfte als Hinweis gewertet werden, dass sogar Nicht-Ortsansässige den Suizid durch Ertrinken wählen und dafür in die Region kommen. Unter welchen Umständen dies geschieht, bedarf aber weiterer Untersuchungen.

4.2.1.7 *Sonstiges*

Die Häufung von tödlichen Ertrinkungsfällen in den warmen Monaten von Frühling und Sommer ist nachvollziehbar. In diesen Monaten werden deutlich mehr Freizeitaktivitäten im Wasser unternommen. Gleichzeitig reisen die meisten Urlauber in die Region. Barnsley et al. konnten in einer retrospektiven Analyse feststellen, dass sich das relative Risiko für Ertrinkungsfälle in den Ferien teilweise verdoppelt [6]. Eine Häufung der Ertrinkungsfälle auf die warmen Monate konnte auch für München, aber auch in Studien aus Ungarn, Spanien und Südafrika bestätigt werden [36,39,74,97].

4.2.2. **Sektionsdiagnosen**

Bei 311 von 331 Todesfällen im Wasser (94,0%) wurde eine abschließende Todesursache angegeben. Sie lautete in 73,3% *Klassisches Ertrinken*, in 19,6% *Atypisches Ertrinken* und in 7,1% *anders*.

Die Todesursachen wurden durch den Rechtsmediziner in der Zusammenschau aller Befunde und der Todesumstände festgestellt. Das *Atypische Ertrinken* ist dabei ein weitgefasserter Begriff und in der Literatur uneinheitlich definiert: In unserer Untersuchung wurde es angegeben, wenn die Ertrinkungszeichen nur geringgradig ausgebildet waren und es Hinweise für eine Verkürzung des Ertrinkungsvorgangs gab. Zusammengefasst wurde, sofern eine Todesursache feststellbar, in 92,9% der Todesfälle im Wasser ein Ertrinken bescheinigt.

Das Ertrinken war bei Todesfällen im Wasser somit die häufigste Todesursache. In ähnlichen Publikationen aus den USA, Südafrika und Finnland bewegte sich die Häufigkeit der Ertrinkungstode bei Todesfällen im Wasser zwischen 88,2% und

94,3% [59,60,74]. Eine Publikation aus Nigeria differenzierte auch zwischen atypischem und klassischem Ertrinken. Demnach waren 10,6% der Verstorbenen atypisch- und 84,7% klassisch ertrunken. Dass in unserer Untersuchung etwa doppelt so viele atypische Ertrinkungsfälle beschrieben wurden, lässt sich am ehesten mit den unscharfen Kriterien für diese Diagnose begründen.

4.2.2.1 *Atypisches Ertrinken*

Die möglichen Ursachen für einen verkürzten (atypischen) Ertrinkungsvorgang waren in unserer Untersuchung vielfältig. Am häufigsten beschrieben wurden eine alkoholische oder toxikologische Beeinflussung (gesamt 29,5%), der natürliche Tod im Wasser (23,3%) und Gewalteinwirkungen auf das Opfer (18,0%). Diese Ursachen haben die Gemeinsamkeit, dass sie die Handlungsfähigkeit der betroffenen Person einschränken und somit ein Ertrinken begünstigen können. Da die einzelnen Phasen des Ertrinkungsvorgangs dann beschleunigt ablaufen, führt dies mitunter dazu, dass die typischen Ertrinkungszeichen weniger stark ausgeprägt sind.

Das atypische Ertrinken dominierte insbesondere bei den akzidentellen Todesumständen, wie Stürzen und Bootsunfällen. Eine Erklärung könnte, neben der alkoholischen Beeinflussung, die bei diesen Todesumständen eine Rolle spielt, auch die Plötzlichkeit der Submersion liefern. So weisen unter anderem Papadodima et al. auf vasodilatatorische Effekte beim Abkühlen der warmen Gesichtshaut hin (siehe 1.2.2 *Atypisches Ertrinken*, Seite 9) [81]. Auch eine Handlungsunfähigkeit durch die Kälte des Wassers ist realistisch [23]. In unserer Untersuchung wurde dies in 11,5% der atypischen Ertrinkungsfälle erwähnt.

In einer nigerianischen Publikation wurden Häufigkeiten der möglichen Ursachen eines atypischen Ertrinkens angegeben. Demnach seien 44,3% der atypischen Fälle durch eine vagale Inhibition, 22,6% durch einen Larynxspasmus und 33,0% durch Gewalteinwirkungen verursacht worden [112]. Die vagale Inhibition entspricht nach unserer Definition dem Badetod, der in unserer Untersuchung mit einer Häufigkeit von 9,8% angegeben wurde. Die Gegenwärtigkeit eines Laryngospasmus kann in unserer Untersuchung nicht nachvollzogen werden. An dieser Stelle sollte noch einmal betont werden, dass der Badetod bisher schlecht definiert ist und nur bei

Hinweis auf ein protrahiertes Ertrinken, bei gleichzeitigem Ausschluss aller anderen Ursachen dafür, festgestellt werden kann.

Da für das atypische Ertrinken keine eindeutigen Risikofaktoren wie Höhe der Blutalkoholkonzentration oder Wassertemperatur (Jahreszeit) ausgemacht werden konnten, ist davon auszugehen, dass individuelle Faktoren des Verstorbenen die größte Rolle spielen.

4.2.2.2 *Morbidität und Ertrinken*

In der Literatur finden sich Hinweise dafür, dass bestimmte Erkrankungen ein Ertrinken begünstigen können. Nach Byard haben beispielsweise Epileptiker ein um 15-20 Prozent erhöhtes Risiko, einen Ertrinkungsunfall zu erleiden, als die Vergleichsgruppe [18]. Darüber hinaus wurden organisch kranke Personen als Risikogruppe beschrieben, im Falle eines Ertrinkens einen verkürzten Ertrinkungsvorgang durchzumachen [13]. Erkenntnisse über Komorbiditäten, zum Beispiel über psychiatrische Erkrankungen, können aber auch dafür genutzt werden, um die genauen Todesumstände besser rekonstruieren zu können.

Es finden sich eine Reihe von Publikationen, die die Prävalenz chronischer Erkrankungen bei Ertrinkungsopfern untersucht haben. Eine kanadische Studie fand bei 67,3% der über 65-jährigen Ertrinkungsopfer mindestens eine chronische Erkrankung [25]. Quan et al. beschrieben in ihren Untersuchungen Anteile von 10% mit Herzerkrankungen und 22%, die unter einer psychiatrischen Erkrankung litten [96]. In New York wurde bei 92% der suizidalen Ertrinkungsfälle eine psychiatrische Erkrankung nachgewiesen [59]. Phad et al. fanden in ihrer Querschnittsstudie zu Ertrinkungsfällen heraus, dass 20,5% der Opfer depressiv waren, 18,2% zeigten einen Alkoholabusus und 17,6% andere chronische Erkrankungen [88]. Die Prävalenz chronischer Erkrankungen bei Todesfällen im Wasser ist also nicht zu unterschätzen und die Kenntnis davon kann für die Ermittlung der Todesumstände hilfreich sein. Unsere Untersuchung basiert jedoch auf morphologischen Diagnosen, die auch bei der Sektion als Befund sichtbar wurden.

In unserem Untersuchungsgut wurden besonders häufig vorbestehende, pathologische Organveränderungen am Herzen beschrieben. Dies war bei 30,7% der klassisch Ertrunkenen und bei 47,5% der atypisch Ertrunkenen Opfer der Fall. Auch in einer retrospektiven Analyse in Finnland waren kardiovaskuläre Erkrankungen der häufigste Nebenbefund bei der Sektion. In einer schwedischen Studie zeigte sich bei 14% der Opfer eines akzidentellen Ertrinkens eine Herzvorschädigung. Eine griechische Studie fand bei 49% Hinweise auf eine kardiovaskuläre Erkrankung [24,62,80].

Bei der Untersuchung unserer Todesfälle im Wasser fiel auf, dass pathologische Befunde am kardiovaskulären System bei den atypisch Ertrunkenen signifikant häufiger vorkamen als in der Vergleichsgruppe der klassisch Ertrunkenen. Die höhere Prävalenz führt zu der Annahme, dass kardiovaskuläre Vorerkrankungen möglicherweise schneller zu einer Handlungsunfähigkeit führen und den Ertrinkungsvorgang beschleunigen können. Dabei kommt es bei Immersion ohnehin schon zu physiologischen Veränderungen des Kreislaufs, wie Herzfrequenzanstieg und erhöhtem Herzschlagvolumen. Diese können bei Vorschädigung schneller zu einer Dekompensation führen [80,90].

Dass Begleiterkrankungen den Tod durch Ertrinken mit bedingen, ist wahrscheinlich ein häufiger Umstand. Cobbett et al. gaben für 38,2% ihrer obduzierten Ertrinkungsfälle Begleitdiagnosen an, die wahrscheinlich mit zum Tode der Person führten [26]. Darunter fielen auch kardiale Pathologien, die bei 53% aller Todesopfer gefunden wurden. Von diesen war etwa ein Viertel Wegbereiter für den Tod durch Ertrinken [26]. Mahony et al. beschrieben in ihrer Analyse 51,6% aller gefundenen Organpathologien als mitursächlich für das Ertrinken. Den größten Anteil (22,3%) bildeten auch dort Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems [68]. Auch Plenzig et al. stellten kardiovaskuläre Erkrankungen als wichtigsten Faktor für Todesfälle in der Badewanne bei vorerkrankten Opfern heraus [90]. In einer schwedischen Studie zeigten 21% aller Ertrinkungsopfer begünstigende Pathologien. Dabei handelte es sich in über einem Drittel der Fälle um Stenosen beziehungsweise Verschlüsse der Koronarien oder um Myokardveränderungen [24].

Es ist von einer Häufung dieser Pathologien bei älteren Opfern auszugehen [84]. Mahony et al. gehen davon aus, dass 69% der Ertrinkungsopfer im Alter über 65 Jahren, eine relevante Vorerkrankung aufweisen [68].

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass Morbidität insbesondere bei Ertrinkungsfällen im gehobenen Alter, einen nicht zu unterschätzenden Faktor darstellt. Dabei sind verschiedene Szenarien denkbar. Zum einen können Vorerkrankungen im individuellen Ertrinkungsfall „schlechte Bedingungen“ schaffen und die Zeit bis zum Todeseintritt verkürzen. Zum anderen sollten schwere Pathologien auch als konkurrierende Todesursache betrachtet werden, die zu einem agonalen Ertrinken geführt haben könnten. Die richtige Interpretation dieser sekundären Befunde stellt deshalb eine Herausforderung dar.

4.2.2.3 *Todesfälle im Wasser ohne die Todesursache Ertrinken*

Bei 22 Todesfällen im Wasser (7,1% der Fälle mit angegebener Todesursache) lag kein Tod durch Ertrinken vor. Die Todesursachen unterschieden sich dabei erheblich. Neben dem natürlichen Tod (unter anderem ein Herzinfarkt, ein Schlaganfall, eine SAB im Wasser beziehungsweise unter anderem ein Herzinfarkt, eine Lungenthrombembolie vor Eintritt ins Wasser) kam es in dieser Gruppe auch zum Tod durch äußere Gewalt (unter anderem ein Polytrauma nach Sturz vom Schiff oder Tötung durch Halskompression mit Leichendumping). Es kam dabei in 13 Fällen zum Todeseintritt im Wasser und in sieben Fällen gelang der Leichnam postmortal ins Wasser. Bei zwei Fällen war keine Zuordnung mehr möglich. Die genaue Rekonstruktion stellt in allen Fällen eine besondere Herausforderung dar.

In 39,1% der Todesfälle in der Häuslichkeit (38,5% der Badewannentoten) war die Todesursache kein Ertrinken. Madea et al. führten an, dass der reine Ertrinkungstod in der Badewanne nur selten auftritt, sondern der Tod zumindest unter Beeinflussung durch eine vorbestehende Erkrankung, eine Intoxikation oder einen Unfall steht [64]. Diese Ausführungen können in ihrer Vielfalt bestätigt werden: Bei vier der zehn Badewannentoten, die nicht ertrunken waren, kam es zum natürlichen Tod durch eine vorbestehende Erkrankung (zwei Herzinfarkte, eine Lungenthrombembolie, eine Pneumonie). Bei den sechs anderen Fällen lag in zwei Fällen eine tödliche Intoxikation vor und in vier Fällen ein Unfall (drei Stromtode, eine Verbrühung).

Auf die Besonderheiten der Tötungsdelikte im Wasser wurde bereits hingewiesen (siehe 4.2.1.4 *Todesumstände*, Seite 71). Sie sind durch äußere Gewalteinwirkungen gekennzeichnet, die todesursächlich sein können, ohne dass es zu einem Ertrinken kommt. Auch die postmortale Leichenablegung im Wasser (sogenanntes Dumping) ist, wie in unserer Untersuchung gesehen, keine Seltenheit.

4.2.3. Allgemeine Befunde am Leichnam

In dieser Untersuchung wiesen 11,2% der Wasserleichen Treibverletzungen auf. Es ist davon auszugehen, dass dafür doch erhebliche Bewegungen des Leichnams im Wasser nötig sind. Dafür spricht beispielsweise, dass Treibverletzungen ausschließlich an Wasserleichen aus größeren Gewässern beobachtet wurden. Umgekehrt sollten größere avitale Verletzungserscheinungen bei Leichen, die aus Kleingewässern geborgen wurden, nicht vorschnell als Treibverletzungen fehlgedeutet werden.

Eine Temperaturabhängigkeit bei der Ausbildung der Waschhaut spiegelte sich auch in unserer Analyse wider: In den wärmeren Jahreszeiten wurden fortgeschrittene Stadien der Waschhautbildung deutlich früher erreicht. Trotzdem konnten auch für die kalten Jahreszeiten, mit vermeintlich geringer Wassertemperatur, Fälle beschrieben werden, bei denen es trotz Liegezeit von unter 24 Stunden zur Waschhautbildung gekommen war.

Lawler et al. führen aus, dass für die Ausbildung der Waschhaut Liegezeiten von acht bis 24 Stunden von Nöten sind [55]. Auch in der übrigen Literatur wird aufgeführt, dass die Waschhautbildung auch bei kalten Wassertemperaturen ein frühes Phänomen ist [51]. Kringsholm et al. beschrieben jedoch auch Fälle, bei denen es, trotz Liegezeiten von bis zu einer Woche in sehr kaltem Wasser, zu keiner Waschhaut am Leichnam kam [53].

An dieser Stelle muss noch einmal betont werden, dass das für diese und weitere Analysen genutzte postmortale Intervall häufig aus Angaben, wann der Betroffene zuletzt gesehen wurde, abgeschätzt werden musste. Eine vollständige Sicherheit ist

demnach nicht gegeben. Dennoch wird die Temperaturabhängigkeit für diese Leichenerscheinung in unseren Untersuchungen noch einmal deutlich.

Auch für die Fettwachsbildung an Wasserleichen ergibt sich eine Temperaturabhängigkeit. Zwar konnte nur bei einem geringen Teil (6,6%) der Wasserleichen Fettwachs beobachtet werden, bei einer Liegezeit von über drei Monaten wiesen jedoch 87,5% der Wasserleichen Fettwachs auf.

Damit diese Erscheinung überhaupt auftreten kann, muss ein spezielles Milieu aus Feuchtigkeit und gleichzeitiger Luftisolation herrschen. Hohe Umgebungstemperaturen wirken sich insofern begünstigend aus, dass sie das Wachstum von *Clostridium perfringens*, eines für die Fettwachsbildung essenziellen Bakteriums, fördern [71]. Dies könnte unsere Beobachtung eines Falls erklären, der nach unter einem Monat Liegezeit bei sommerlichen Wassertemperaturen schon Fettwachs aufwies.

In Europa bewegen sich die Zeiträume für die Ausbildung von Fettwachs normalerweise zwischen drei Monaten und einem Jahr [71]. Mohan Kumar et al. berichteten in einem Case Report von einer Fettwachsausbildung nach gerade einmal drei Tagen bei hoher Umgebungstemperatur [71]. Hemmend soll sich unter anderem Salzwasser auswirken, da es die bakterielle Aktivität herabsetzt [119].

Mit zunehmender Wasserliegezeit wurde in unserem Untersuchungsgut immer häufiger ein Algenwuchs auf dem Leichnam festgestellt, der auch im Ausprägungsgrad zunahm. Für die orientierende Schätzung der Wasserliegezeit kann ein Algenrasen durchaus herangezogen werden, da bei ausgeprägtem Algenwuchs mindestens von vier bis 10 Tagen Wasserliegezeit auszugehen ist [105]. In unserem Sektionsgut wiesen einige Fälle aber auch schon nach drei Tagen Liegezeit einen leichten Algenbewuchs auf. Der Ausprägungsgrad muss bei Schätzung der Liegezeit also genauer quantifiziert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es bei Liegezeiten von über vier Wochen bereits zu Ablösungen und unvollständiger Neubildung kommen kann [105].

Den 65,9% der Leichen, die noch keine Fäulnisveränderungen zeigten, stehen 23,6% der Wasserleichen gegenüber, die sich in unserem Obduktionsgut im Zustand hochgradiger Fäulnis befanden. Bei einem nicht zu unterschätzenden Anteil der geborgenen Wasserleichen wurde die Feststellung der Todesursache also deutlich erschwert. So war für 19 von 20 Fällen (95%) bei denen die Todesursache nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnte, fortgeschrittene Fäulnis der wesentliche Faktor. In einer retrospektiven Analyse in Südafrika wiesen insgesamt 13% der Wasserleichen Fäulnisveränderungen auf, in der Gruppe derer, deren Todesursache nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnte, waren jedoch 71% der Leichen fäulnisverändert [74]. Lunetta et al. geben für 47,1% der unklaren Todesfälle im Wasser fortgeschrittene Fäulnisveränderungen an [61]. Breitmeier et al. beschreiben 15,4% mit Fäulnisveränderungen in der Gruppe der sicher Ertrunkenen, aber 96,4% bei den Todesfällen im Wasser mit unklarer Todesursache [12]. Die Bedeutung der Fäulnis als wichtigen Gegenspieler bei der Ermittlung der Todesursache bei Todesfällen im Wasser wird hiermit noch einmal unterstrichen.

Dass der Fortschritt der Fäulnis von der Wassertemperatur beeinflusst wird, wird in unserem jahreszeitlichen Vergleich deutlich, in dem sehr hochgradige Fäulnisveränderungen schon nach vergleichsweise kurzer Wasserliegezeit beobachtet wurden. Spätestens nach drei Tagen Liegezeit ist, außer im Winter, mit Fäulnis zu rechnen. Dies steht im Einklang zu den Ergebnissen von Lucas et al. in New York [59]. Auch in weiteren Veröffentlichungen wurde eine Abhängigkeit von der Wassertemperatur herausgestellt [59,122]. Reijnen et al. stellten fest, dass der Fäulnisgrad gut mit der kumulierten Wassertemperatur der Tage im Wasser korreliert [103].

Die Abschätzung der Wasserliegezeit anhand der Fäulnis ist problematisch. Die Wassertemperatur des Fund-Gewässers sollte dabei aber in jedem Fall Berücksichtigung finden. Eine alleinige Messung der Temperatur ist dabei weniger sinnvoll. Der Verlauf des Leichnams im Wasser sollte ebenfalls berücksichtigt werden, da sich abhängig von Wassertiefe und Entfernung vom Ufer eine starke Temperaturvariabilität ergibt [122].

Darüber hinaus ist auch das Treibverhalten des Leichnams entscheidend. In unserer Untersuchung zeigten treibende und angespülte Leichen einen deutlich höheren Fäulnisgrad als diejenigen, die unter der Wasseroberfläche aufgefunden wurden. Ähnliche Beobachtungen machten auch Lucas et al. in New York [59]. Natürlich ist dies auch damit zu erklären, dass die Gasbildung im Rahmen der fortgeschrittenen Fäulnis zu einem Aufstieg und Treiben des Leichnams führt [45,59]. Zum anderen ist der Leichnam an der Oberfläche aber auch gegenüber der Luft und höheren Temperaturen exponiert, was die Fäulnisprozesse noch einmal beschleunigt. Ist der Leichnam zwischenzeitlich im Uferbereich zu liegen gekommen, so kann dies zu einer erheblichen Verfälschung der Liegezeitbestimmung führen [31]. Heaton et al. fügten zudem an, dass in turbulenten Gewässern die Fäulnis schneller voran schreite [45]. Wahrscheinlich ist auch hier eine gesteigerte Luftexposition die Ursache.

Alles in allem ist die Fäulnis bei Wasserleichen hauptsächlich ein beeinträchtigender Faktor. Zur Bestimmung der Wasserliegezeit kann sie allenfalls Hinweise liefern, steht sie doch unter Beeinflussung vieler Faktoren, die nur schwer ermittelbar und zu kontrollieren sind. Gleichzeitig erschwert sie bei Fortschreiten die Bestimmung der Todesursache.

Vitale Verletzungen, wie Unterblutungen, Abschürfungen und Riss-Quetsch-Wunden an typischer Lokalisation an Kopf und Extremitäten sind meistens Zeugnis eines Sturzes. Eine Lokalisation am Hals kann, unseren Untersuchungen zufolge, Hinweis auf fremde äußere Gewalt sein. Insgesamt war dies aber sehr selten.

Größere, avitale Verletzungen können auch bei der Bergung des Leichnams entstanden sein.

4.2.4. Ertrinkungszeichen

4.2.4.1 Äußere Ertrinkungszeichen: Schaumpilz

Als einziges Ertrinkungszeichen, das schon bei der äußeren Inspektion des Leichnams erkennbar ist, gilt der äußere Schaumpilz. Feinblasiger Schaum in den Atemwegen war in unserem Untersuchungsgut der Ertrinkungsfälle sehr häufig zu beobachten (73,3%). Ein erkennbarer äußerer Schaumpilz fand sich jedoch nur in 4,0% der Fälle, einzelne Rückstände vor Mund und Nase immerhin noch bei 22,7%. In der rechtsmedizinischen Literatur wird die Häufigkeit von äußerem Schaum mit 13,5% bis 40% angegeben [125]. Breitmeier et al. für Hannover, sowie Lunetta et al. für Finnland, gaben eine Häufigkeit von 17,3% beziehungsweise 14,4% an [12,60]. Eine retrospektive Analyse aus Südafrika beobachtete in 31% der Fälle einen Schaumpilz [74]. Summiert man die Angaben aus unserer Untersuchung über einen vollständigen Schaumpilz mit den Angaben über Rückstände an Mund und Nase, so liegt auch dies ungefähr im oben genannten Wertebereich. Deutliche Abweichungen bestehen zu einer indischen Analyse, die eine Häufigkeit von 85,8% nennen [87].

Dass der Ausprägungsgrad des Schaums negativ mit stattgefundenen Reanimationsmaßnahmen korreliert, ist mit unseren Untersuchungen klar erkennbar. Nach Reanimation war deutlich häufiger (41,2%) kein Schaum mehr zu sehen als ohne Reanimation (19,3%). Die Häufigkeit eines vollständigen äußeren Schaumpilzes reduzierte sich von 4,8% ohne Reanimation auf 1,9% nach Reanimation.

In einer retrospektiven Analyse aus Dänemark konnte ein vollständiger äußerer Schaumpilz sogar nur beobachtet werden, sofern keine Reanimationsmaßnahmen durchgeführt wurden [53]. Hier sind verschiedene Mechanismen denkbar, die das Phänomen erklären könnten. Zum einen könnte der Schaum durch Absaugmaßnahmen beseitigt worden sein [66]. Darüber hinaus sind aber auch Verdrängungsmechanismen durch die Thoraxkompression oder Beatmung möglich.

Ebenfalls negativ beeinflusst wurde dieses Ertrinkungszeichen durch verlängerte Wasserliegezeiten und verlängerte Zeitintervalle bis zur Obduktion. Je länger ein Leichnam aus unserem Untersuchungsgut im Wasser lag, desto geringer war der Schaum in den Atemwegen noch ausgeprägt. Einen vollständigen äußeren

Schaumpilz konnten wir nur bei Liegezeiten von unter 24 Stunden feststellen (6,5% der Fälle).

Eine ähnliche Feststellung machten auch Reijnen et al. bei ihrer Analyse von Ertrinkungsfällen in Amsterdam. Dabei wählten sie die Zeitintervalle noch enger und konnten die höchste Prävalenz für einen äußeren Schaumpilz im Zeitintervall zwischen sechs und 24 Stunden post mortem nachweisen (33% der Fälle) [101]. Reijnen et al. sehen eine Funktionsstörung des Surfactant dafür verantwortlich, dass nach über 24 Stunden kein äußerer Schaumpilz mehr feststellbar ist. Die Funktionsstörung könnte beispielsweise durch die Elastase von Pseudomonaden, aber auch durch Auswascheffekte im Wasser bedingt sein [101]. Darüber hinaus gehen sie davon aus, dass sich auch postmortal noch Schaum bildet, wofür weiteres aspiriertes Wasser die Alveolen erreichen muss. Aus diesem Grund könnte in ihrer Untersuchung bei einem postmortalen Intervall von weniger als drei Stunden noch kein Schaum festgestellt worden sein [101].

Die Labilität des Schaums begründet auch unsere Beobachtung, dass mit verlängertem Intervall bis zur Obduktion immer seltener ein äußerer Schaumpilz gesehen wurde. Am häufigsten wurde dieser unmittelbar nach der Bergung (35,6% der Fälle mit Angaben) oder bei einer Sektion am gleichen Tag gesehen (12,5%).

Aus unseren Untersuchungen lässt sich ableiten, dass ein äußerer Schaumpilz, der unmittelbar nach dem Auffinden zu sehen war, eine hohe Spezifität für das Ertrinken aufweist. Zumindest konnte dieser nur beim Tod durch Ertrinken, aber bei keinem anderen Todesfall aus dem Wasser beobachtet werden. Dies setzt jedoch voraus, dass der Schaum auch als Ertrinkungszeichen gewertet werden kann. Ähnliche Schaumauflagerungen wurden auch schon bei anderen Todesursachen wie Lungenödem nach Drogenintoxikation oder dekompenzierter Herzinsuffizienz beschrieben und dürfen nicht verwechselt werden [3,114].

Eine solche Spezifität gilt jedoch nicht für den Nachweis von Schaum innerhalb der Atemwege während der Obduktion. In unserer Untersuchung wurde bei 14,3% der Todesfälle im Wasser, die nicht ertrunken waren, ebenfalls Schaum in den Atemwegen nachgewiesen. Reijnen et al. propagieren, dass Schaum in den Atemwegen allein durch die Submersion im Wasser entstehen könnte, ohne dass eine Aspiration von Wasser zu Lebzeiten stattgefunden haben muss [104]. In einer

Pilotstudie mit verstorbenen Ferkeln konnten sie nach Submersion in Salz- und Süßwasser in 35% beziehungsweise 40% der Fälle, endoskopisch Schaum in den Atemwegen nachweisen. Ein äußerer Schaumpilz wurde dabei nie ausgebildet [104].

4.2.4.2 Innere Ertrinkungszeichen: *Emphysema aquosum*

Neben den feinblasigen Schaumauflagerungen in den Atemwegen, wird das *Emphysema aquosum* in der deutschsprachigen rechtsmedizinischen Literatur immer wieder als bedeutendes Ertrinkungszeichen herausgestellt. Tatsächlich wurde dieses Zeichen auch in unserer retrospektiven Analyse der Ertrinkungsfälle sehr häufig (99,1% bei klassischem; 97,1% bei atypischem Ertrinken) beobachtet. Auch Breitmeier et al. gaben für Hannover eine Häufigkeit von 86,4% an [12]. Abweichungen ergeben sich zu Studien aus Südafrika und Neuseeland, in den Häufigkeiten von 33% beziehungsweise 30% genannt werden [26,74]. Dies lässt sich wahrscheinlich damit erklären, dass dort Ertrinkungsfälle im salzigen Meerwasser eine höhere Bedeutung haben, was in der Obduktion in Relation häufiger das Bild von ödematösen Lungen erzeugte.

Gleichzeitig wurde kaum ein Ertrinkungszeichen so sehr durch äußere Faktoren beeinflusst, wie das *Emphysema aquosum*. Die Häufigkeit des Auftretens reduzierte sich durch Reanimationsmaßnahmen, verlängerte Wasserliegezeiten und Fäulnis. Durch die Beatmung unter der Reanimation ist neben der Reduktion dieses Lungenzeichens, wie in unserer Analyse gezeigt, theoretisch auch die Erzeugung einer Überblähung denkbar. Ein langes postmortales Intervall bis zur Obduktion geht wahrscheinlich mit einem zunehmenden Kollaps der Lungen einher. Darüber hinaus kann durch Fäulnisflüssigkeit der trockene Aspekt der Lungenschnittfläche kaschiert werden.

Der richtigen Deutung der Lungenveränderungen als *Emphysema aquosum* kommt eine wichtige Bedeutung zu. Erfahrungen aus unserem Sektionsgut zeigen, dass sich zwar häufig überblähte Lungen zeigten, an den Schnitträndern oftmals zusätzlich ödematöse Flüssigkeit ablief und sie somit keinen vollständig trockenen Aspekt zeigten. Solche Flüssigkeitseinlagerungen können auch bei Linksherzversagen, Intoxikation oder prolongierter Reanimation beobachtet werden [18].

Des Weiteren kommen bei vielen Verstorbenen im gehobenen Alter emphysematöse Lungenveränderungen regelhaft vor, die vom Emphysema aquosum abgegrenzt werden müssen. Eine eindeutige Unterscheidung liefert dabei oftmals nur eine aufwendige histologische Aufarbeitung [52]. Unter Umständen könnten Lungenveränderungen also auch fälschlicherweise als Emphysema aquosum missinterpretiert worden sein.

Neben den schwierigen diagnostischen Kriterien kommt noch hinzu, dass nicht vollständig geklärt ist, inwieweit solche Lungenveränderungen allein durch die Submersion des Leichnams im Wasser zu Stande kommen können. In unserer Untersuchung konnten überblähte Lungen auch bei 28,6% der Todesfälle im Wasser, die nicht ertrunken waren, gefunden werden. Dies steht im Einklang zu Untersuchungen von Reh et al., der bei Leichen, die nicht ertrunken waren, nach Ablage im Wasser das morphologische Bild von Ertrinkungslungen erzeugen konnte [98].

Letztendlich muss die Aussagekraft und die Spezifität des Emphysema aquosums für die Diagnostik des Ertrinkens hinterfragt werden. Die Kombination dieser Lungenveränderung mit Schaum in den Atemwegen schafft wahrscheinlich höhere diagnostische Sicherheit [70].

4.2.4.3 *Innere Ertrinkungszeichen: Svechnikov-Zeichen*

Bei 86,3% der Ertrinkungsfälle aus unserem Untersuchungsgut gelang ein Flüssigkeitsnachweis in der Keilbeinhöhle mit einer durchschnittlichen Flüssigkeitsmenge von 1,64 ml bei klassischem Ertrinken. Das Svechnikov-Zeichen wurde damit häufig beobachtet. Dies stimmt weitestgehend mit Ergebnissen von Bohnert et al. überein, die wässrige Flüssigkeit in 92% der Fälle beschrieben, mit einer durchschnittlichen Menge von 1,6 ml [11]. Zivkovic et al. aspirierten durchschnittlich 1,36 ml Flüssigkeit [134]. Abweichende Angaben machten Hottmar, der nur bei 45,7% der Fälle Flüssigkeit im Sinus sphenoidalis beschrieb und Breitmeier et al., die 37,6% angaben. [12,47].

Unsere Untersuchungen sprechen dafür, dass das Svechnikov-Zeichen nicht durch Reanimationsmaßnahmen oder lange Wasserliegezeiten beeinflusst wird. Jedoch scheint es eine erhebliche Verfälschung durch Fäulnis zu geben. Bei hochgradiger

Fäulnis fanden sich deutlich größere Flüssigkeitsmengen in der Keilbeinhöhle als ohne Fäulnis. Denkbar ist, dass es sich dabei um Fäulnisflüssigkeit gehandelt haben könnte.

Unsere Ergebnisse stehen den Beobachtungen von Bohnert et al. und Zivkovic et al. entgegen, die in ihren Untersuchungen keine so deutliche Beeinflussung durch Fäulnis erkannten. Bei letzteren fand sich bei Fäulnis sogar weniger Flüssigkeit in der Keilbeinhöhle [11,134].

Hervorzuheben ist aber, dass sich bei Ertrinkungsfällen signifikant größere Flüssigkeitsmengen (durchschnittlich 1,64 ml bei klassischem Ertrinken) im Sinus sphenoidalis befanden als bei anderen Todesfällen im Wasser (durchschnittlich 0,6 ml). Einen quantitativen Unterschied stellten auch Bohnert et al. fest (1,6 ml vs. 1,0 ml) [11]. Für die Diagnostik lässt sich ableiten, dass auch eine quantitative Beurteilung des Svehnikov Zeichens erfolgen sollte [11]. Dies würde nach unseren Ergebnissen die diagnostische Wertigkeit des Zeichens erhöhen.

4.2.4.4 *Innere Ertrinkungszeichen: Magen-Darm-Trakt*

Befunde am Magen-Darm-Trakt können ebenfalls wegweisend für die Diagnostik des Ertrinkungstodes sein. Eine Verwässerung des Darminhalts war in unserem Untersuchungsgut häufiger zu beobachten (49,7%) als das Wydler'sche Zeichen (15,6%) oder ein längsgestellter Magenschleimhautriss (5,4%).

Gotsmy et al. konnten bei ihrer Untersuchung bei 13% der Sektionen ein Wydler'sches Zeichen feststellen [38]. Blanco Pampin et al. beschäftigten sich genauer mit Schleimhautrissen im Magen bei Ertrinken. Verletzungen der Mukosa wurden hier bei 21,1% gesehen, dabei in etwa der Hälfte der Fälle als längsgestellte Risse. Am häufigsten waren sie im Corpus oder Fundus lokalisiert [10].

Den gastrointestinalen Befunden scheint gemeinsam zu sein, dass sie mehr oder weniger resistent gegenüber Reanimationsmaßnahmen, langen Wasserliegezeiten und Fäulnis sind, da die Befunde trotzdem noch regelmäßig beschrieben werden konnten. Da die Autolyse im Magen sehr früh einsetzt, ist jedoch auch denkbar, dass einzelne Läsionen zum Obduktionszeitpunkt nicht mehr gesehen werden konnten [10]. Buschmann et al. ergänzen, dass Schleimhautläsionen auch durch

Reanimationsmaßnahmen (zum Beispiel Magenüberblähung durch hohe Beatmungsdrücke) erzeugt worden sein können [14].

Die Spezifität dieser Befunde kann aus unseren Untersuchungen nur eingeschränkt beurteilt werden. Zwar wurden Wydler'sches Zeichen und Magenschleimhautrisse ausschließlich bei Ertrinkungsfällen beobachtet, die geringe Häufigkeit des Auftretens verbietet aber verlässliche Angaben. Eine signifikante Distribution mit Häufung bei Ertrinkungsfällen ergab sich zwar für den verwässerten Darminhalt, 5,9% der anderen Todesfälle im Wasser wiesen aber ebenfalls einen verwässerten Darminhalt auf.

Die Verlässlichkeit dieser Befunde für die Diagnostik ist nicht zweifelsfrei gegeben. Trotzdem können sie unter Umständen eine wichtige Ergänzung bei der Obduktion von Wasserleichen mit langem postmortalem Intervall bieten.

4.2.4.5 *Innere Ertrinkungszeichen: Weitere*

Für die weiteren untersuchten Ertrinkungszeichen gilt ebenfalls, dass sie vergleichsweise selten zu beobachten waren. Um verlässliche Angaben zu möglichen Beeinflussungsfaktoren machen zu können, fehlen die entsprechenden Fallzahlen. Der rechtsmedizinischen Literatur zu Folge, sollen Paltauf'sche Flecke in 5-60% der Fälle zu beobachten sein, was mit unseren Ergebnissen überein stimmt (10,6%) [125]. An dieser Stelle ist nochmal anzumerken, dass der verwaschene Aspekt die Paltauf'schen Flecke auszeichnet und diese nicht mit anderen subpleuralen Blutungen wie Tardieu'schen Flecken verwechselt werden dürfen.

Einblutungen in die Atemhilfsmuskulatur waren zum einen nicht häufig, zum anderen sogar häufiger bei den Todesfällen im Wasser, die nicht Ertrinkungsfälle waren, zu beobachten. Hinzu kommt eine eingeschränkte Beurteilbarkeit bei Leichen in fortgeschrittener Fäulnis in unserer Untersuchung. Püschel et al. fanden ähnliche Blutungen bei 34,4% ihrer untersuchten Ertrinkungsfälle an der Atemhilfsmuskulatur [94]. Bei Fund sollten derartige Einblutungen in die Überlegungen zur Ermittlung der Todesursache einbezogen werden [94]. Zur Erhärtung der Todesursache Ertrinken sind sie aufgrund ihrer vielfältigen Deutungsmöglichkeiten (zum Beispiel durch Hypostase erzeugt) aber eher unbrauchbar [21,89].

Eine Beurteilung des aortic intimal staining für die Diagnostik des Ertrinkens ist aus unseren Untersuchungsergebnissen nicht möglich. In den hier untersuchten Sektionsfällen wurde noch nicht gezielt nach diesem Zeichen gesucht. Die hier gemachten Angaben beruhen lediglich auf standartmäßigen Beschreibungen der aortalen Gefäßwand.

Rötliche Imbibierungen der Gefäßwand sind beispielsweise auch im Zustand fortgeschrittener Fäulnis zu beobachten [16]. Für Byard könnte die geringe Auftretenshäufigkeit dieses Markers in einer Untersuchung von Ertrinkungsfällen auch für eine schlechte Sensitivität sprechen [17].

Limitierend muss an dieser Stelle noch angefügt werden, dass die analysierten Befunde auf Angaben aus den Sektionsprotokollen beruhen und nicht im Rahmen dieser Untersuchung systematisch direkt am Leichnam erhoben wurden. Da die Sektionen im Untersuchungszeitraum durch verschiedene Obduzenten durchgeführt wurden, lassen sich individuelle Abweichungen in der Befundinterpretation und -beschreibung nicht vermeiden.

Darüber hinaus müssen auch einige regionale Besonderheiten berücksichtigt werden. Als wichtigster Punkt ist hier anzuführen, dass sich alle im Untersuchungsgut enthaltenden Todesfälle im Süß- und Brackwasser abspielten. Die Auswirkungen des Salzwassers auf die Befunde bei der Sektion konnten dadurch nicht beurteilt werden.

Abschließend lässt sich aber festhalten, dass keines der untersuchten Ertrinkungszeichen hohe diagnostische Sicherheit garantiert. Die häufig zu beobachtenden Ertrinkungszeichen scheinen nicht exklusiv für den Tod durch Ertrinken zu sein. Die Zeichen, für die sich eine höhere Spezifität für den Tod durch Ertrinken andeutete, treten zu selten auf, um verlässliche Angaben machen zu können. Das gleichzeitige Auftreten mehrerer Ertrinkungszeichen kann jedoch die Sicherheit bei der Diagnostik erhöhen [12,60]. Mögliche Beeinflussungsfaktoren sollten bei der Wertung der Befunde im Hinterkopf behalten werden.

4.2.5. Rechtsmedizinische Zusatzuntersuchungen

4.2.5.1 *Alkoholanalytik*

Für 52,1% der untersuchten Todesfälle im Wasser ergab die Bestimmung der Blutalkoholkonzentration eine relevante alkoholische Beeinflussung zum Todeszeitpunkt. Dies ist vereinbar mit den Ergebnissen eines umfangreichen Reviews von 1988, das von einem Anteil von 25-50% mit alkoholischer Beeinflussung bei Ertrinkungsfällen ausgeht [48]. Auch in weiteren retrospektiven Analysen befanden sich die Häufigkeiten von Ertrinkungsfällen mit alkoholischer Beeinflussung im Bereich zwischen 17% (Südafrika) und 43% (Hannover) [12,25,26,32,74]. Dabei ist zu beachten, dass sich die Mehrzahl der hier aufgeführten Untersuchungen ausschließlich auf Ertrinkungsfälle bezogen, in unserer Analyse jedoch sämtliche Todesfälle im Wasser berücksichtigt worden sind. Dennoch wird deutlich, dass Alkoholisierung bei Todesfällen im Wasser eine große Rolle spielt.

Aus unserer Untersuchung ist ersichtlich, dass Männer deutlich häufiger alkoholisiert waren und dann auch BAKs im hohen Wertebereich aufwiesen. Diese Beobachtung ist vereinbar mit den oben genannten Ausführungen zum Risikoverhalten von Männern. Demnach neigen Männer zu risikoreicherem Verhalten bei Wasseraktivitäten und trinken dann auch größere Mengen Alkohol [32,43]. Eine männliche Dominanz zeigten auch Untersuchungen aus Hannover, Ungarn und Südafrika [12,74,97].

Auch wie Clemens et al. können wir davon ausgehen, dass insbesondere Personen mittleren Alters vom Alkoholkonsum betroffen sind [25]. Nicht zu unterschätzen ist jedoch auch, dass fast die Hälfte der über 60-jährigen Männer aus unserem Untersuchungsgut alkoholisiert waren. Gerade in dieser Altersgruppe stellt Alkoholisierung im Zusammenhang mit möglichen Komorbiditäten noch einmal eine besondere Gefahr dar.

Howland et al. geben an, dass sich das Ausmaß des Alkoholkonsums abhängig von den Aktivitäten am Wasser unterscheidet [48]. Somit müsste sich auch der Anteil der Personen unter alkoholischer Beeinflussung zwischen den Todesumständen unterscheiden. Der größte Anteil fand sich in unserem Sektionsgut bei akzidentellen

Todesumständen wie Stürzen, Wassersport- und Bootsunfällen (64,7% beziehungsweise 63,3%). Damit erhielten wir ähnliche Ergebnisse wie Studien aus New York (53%), Helsinki (65,0%) und ein Literaturreview von Driscoll et al. [32,59,62,77]. Lediglich für Stürze ins Wasser gaben Lunetta et al. mehr Fälle mit Alkoholisierung (82,8%) an und liegen damit deutlich über den angegebenen 20% von Papadodima et al. [62,81]. Unterschiede sind wahrscheinlich auch mit der regionalen Verbreitung des Alkoholkonsums in der Bevölkerung zu begründen.

Andere Erkenntnisse konnten wir bezüglich der Alkoholisierung bei Suiziden im Wasser gewinnen. In vielen Publikationen wird von wenigen Fällen gesprochen, bei denen eine Alkoholisierung vorlag (16-28%), die dann nur moderat sei [2,97,118]. Paraschakis et al. beschreiben eine Alkoholisierung bei Suiziden sogar als untypisch [82]. Da in unserem Untersuchungsgut in etwa der Hälfte der Fälle (48,3%) eine alkoholische Beeinflussung vorlag, müssen wir diesen Aussagen widersprechen.

Deutliche Abweichungen ergaben sich auch zu Breitmeier et al. aus Hannover, bei denen die meisten Fälle mit alkoholischer Beeinflussung (69,5%) unter den Todesfällen in der Badewanne zu beobachten waren [12]. Dem stehen 27,3% bei Todesfällen in der Häuslichkeit aus unserem Untersuchungsgut gegenüber.

Die durchschnittliche BAK in unserem Untersuchungsgut lag bei 1,78‰. Eine höhere durchschnittliche Konzentration ergab sich in der Untersuchung in Hannover (2,6‰) [12]. Dennoch sind die Mehrzahl der in unserer Analyse erhobenen BAK teilweise in sehr hohen Wertebereichen angesiedelt, analog zu Untersuchungen aus Schweden und Dänemark [1,53]. In einigen anderen retrospektiven Untersuchungen fanden sich auch deutlich häufiger Werte zwischen 0,17‰ und 0,25‰ [59,77].

Einige Autoren weisen darauf hin, dass insbesondere geringe Blutalkoholkonzentrationen auch durch eine endogene Alkoholproduktion bedingt sein können. Demnach kann es bei fortgeschrittener Fäulnis durch die bakterielle Fermentierung von Glucose zur Bildung von Alkoholen kommen. Diese könnten mit der Bestimmung der BAK nicht von einer Alkoholisierung zum Todeszeitpunkt differenziert werden [32,40]. Da in unserer Untersuchung die BAK mittels Gaschromatographie bestimmt wurde, die spezifisch für Ethanol ist, konnte hier besser differenziert werden.

Neuere Untersuchungen zeigen außerdem, dass die Bedeutung dieser endogenen Alkoholproduktion als gering einzuschätzen ist. Da man in diesen Fällen von einer Differenz der Alkoholkonzentration zwischen Blut und Urin ausgeht (im Blut ist mehr Glucose enthalten, die fermentiert wird), traf dies nur auf etwa 0,4% der Fälle zu [78]. Da in unserer Analyse darüber hinaus erst ab 0,2‰ BAK von einer alkoholischen Beeinflussung gesprochen wird, konnte der Fehler weiter minimiert werden.

8,7% der Männer und 5,3% der Frauen aus unserer Untersuchung zeigten hochgradige Alkoholisierungen (> 2,9‰ bis 5,0‰), die somit auch als konkurrierende Todesursache gewertet werden können. In einer dänischen Studie wurde dieser Anteil mit insgesamt 14,9% angegeben [53].

Driscoll et al. versuchten in einer Studie mit Kontrollgruppe die relative Risikoerhöhung für einen tödlichen Ertrinkungsunfall in Abhängigkeit der BAK zu quantifizieren. Demnach ist das relative Risiko bei einer BAK von 1,0‰ verzehnfacht, bei einer BAK von 2,5‰ 52-fach höher [32]. Da sich in unserer Untersuchung eine Vielzahl der ermittelten BAKs im hohen Wertebereich befanden, ist davon auszugehen, dass eine Vielzahl der hier untersuchten Fälle durch den Konsum von Alkohol mitbedingt wurden.

Alkohol kann als wichtiger Faktor bei maritimen Unfallgeschehen angesehen werden. Es ist davon auszugehen, dass 30-40% der Personen an Bord von Sportbooten unter alkoholischer Beeinflussung stehen [32]. Dabei scheinen vielen die negativen Auswirkungen des Alkoholkonsums nicht bewusst zu sein [43]. Eine Verschlechterung der kognitiven Funktionen, der Entscheidungsfähigkeit, Reaktionszeiten und Balance sind nur einige der nachgewiesenen Faktoren. Darüber hinaus wird auch die Sturzneigung erhöht [23,48]. Bei Sturz ins Wasser führt Alkoholisierung beispielsweise durch die Vasodilatation zu einem beschleunigten Wärmeverlust [23,48,81]. Die Gefahr des Alkohols wird noch einmal dadurch potenziert, dass alkoholisierte Personen auch andere Mitmenschen in Gefahrensituationen im Wasser bringen können [48].

Die in der Literatur beschriebenen Gefahren des Alkohols und seine bedeutende Rolle bei maritimen Unfallgeschehen können somit auch in den Ergebnissen unserer Untersuchungen nachvollzogen werden. Am Beispiel des Alkoholkonsums wird aber

auch noch einmal deutlich, dass die relative Risikoerhöhung, wie auch beim Alter oder den Komorbiditäten, mit unserer Untersuchung nicht genau quantifiziert werden kann. Hier wäre ein Studiendesign mit einer Vergleichsgruppe, bestehend aus nicht-tödlichen Ereignissen im Wasser hilfreich. Allein aus der Prävalenz einer Alkoholisierung bei den Todesfällen im Wasser kann eine Risikoerhöhung nicht umfassend beschrieben werden, da unbekannt ist, wie viele alkoholisierte Personen ein nicht-tödliches Ereignis oder gar kein Ereignis im Wasser erlitten [44].

4.2.5.2 *Toxikologie*

Bei 9,4% unserer untersuchten Fälle konnte eine toxikologische Beeinflussung durch Arzneimittel oder Drogen zum Todeszeitpunkt angenommen werden, wobei überhaupt bei 25,4% aller Todesfälle im Wasser ein toxikologisches Gutachten angefertigt wurde. In anderen Studien werden für die toxikologische Beeinflussung Anteile zwischen 8,3% (Hannover) und 14,9% (Ungarn) angegeben [12,75,97]. In der Analyse von Pajunen et al. in Helsinki wurden deutlich häufiger Gutachten angefertigt (61,7%) und schließlich bei insgesamt 56,5% der Ertrinkungsfälle eine Beeinflussung durch Arzneimittel und Drogen festgestellt [77].

Eine wichtige Rolle unter den Arzneimitteln dürften sogenannte psychotrope Substanzen bilden [77]. Bei Arzneimittelbeeinflussung waren derartige Vertreter auch in unserer Untersuchung häufig vertreten. Eine quantitative Erfassung der Arzneimittelgruppen erfolgte im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht.

In einer schwedischen Studie konnten jedoch bei 40% der Ertrinkungsfälle mindestens eine psychotrope Substanz nachgewiesen werden [1]. In einer finnischen Studie wurden psychotrope Substanzen bei 14,6% in so hohen Konzentrationen nachgewiesen, dass sie einen Tod durch Ertrinken herbeigeführt haben könnten [77]. Bei Frauen scheinen sie im Vergleich zu Männern eine bedeutendere Rolle als die Alkoholisierung zu spielen [2,77].

Zu den häufig nachgewiesenen Arzneimitteln gehören dabei die Benzodiazepine. Neben der Beeinflussung des Bewusstseins sind hier auch proarrhythmogene Nebenwirkungen (Verlängerung des QT Intervalls) nachgewiesen [77]. Eine Risikoerhöhung und Beschleunigung eines möglichen Ertrinkungsvorgangs sind dadurch denkbar.

Eine vielfach unterschätzte Bedeutung hat die Beeinflussung durch Arzneimittel noch einmal in den höheren Altersgruppen. Studien zeigen, dass Ertrinkungsoffer mit Komorbiditäten doppelt so häufig eine Medikamentenbeeinflussung zeigen als die gesunde Vergleichsgruppe [68]. Wichtige Substanzen in dieser Altersgruppe sind Benzodiazepine und Opiate [83]. Oft nehmen Ältere mehrere Medikamente ein, die allein oder in Kombination sturzfördernd wirken können. In Kombination mit Alkohol wird dies weiter potenziert und das Ertrinkungsrisiko erhöht [83].

Es lässt sich festhalten, dass durch die verbreitete Polypharmazie und durch das entsprechende Nebenwirkungsprofil vieler Arzneimittel eine toxikologische Begutachtung bei Todesfällen im Wasser sinnvoll ist. Armstrong et al. fordern in jedem Fall eine toxikologische Analyse, da auch bei verlängertem postmortalen Intervall noch gute qualitative Ergebnisse erreicht werden können [3]. Aufgrund der geringen Fallzahlen mit toxikologischer Beeinflussung in unserem Untersuchungsgut können keine verlässlichen Aussagen über die Verteilung von Drogenmissbrauch und Arzneimittelbeeinflussung bei Todesfällen im Wasser getroffen werden. Es lässt sich jedoch vermuten, dass bei routinemäßiger Gutachtenerstellung häufiger ein Substanznachweis gelingen würde.

4.3. Schlussfolgerung

Der Fokus dieser Untersuchung lag auf den rechtsmedizinischen Aspekten im Umgang mit Todesfällen im Wasser. Obwohl sich in den Ergebnissen einige regionale Besonderheiten widerspiegeln, können generelle Erkenntnisse für die rechtsmedizinische Praxis abgeleitet werden. Darüber hinaus bietet diese Arbeit auch die Möglichkeit, begünstigende Faktoren für maritime Unfallgeschehen zu identifizieren, die in die Entwicklung geeigneter Präventionsstrategien einbezogen werden können.

Es vollzieht sich die Entwicklung, dass Todesfälle im Wasser immer seltener in eine gerichtliche Obduktion münden. Dabei zeigen die hier dargestellten Ergebnisse, dass sich Todesfälle im Wasser mit großer Vielfalt in Todesumständen und

Sektionsbefunden präsentieren. Die richtige Deutung der gewonnenen Erkenntnisse ist dabei keinesfalls trivial. Eine Erhöhung der Obduktionsfrequenzen könnte dazu beitragen, in der forensisch-pathologischen Praxis mehr Sicherheit im Umgang mit maritimen Todesfällen zu gewinnen. Dem steht ein begründetes Strafverfolgungsinteresse der anordnenden Staatsanwaltschaften entgegen.

Akzidentelle Todesumstände haben bei Todesfällen im Wasser nach wie vor die größte Bedeutung. Hiervon sind insbesondere Männer betroffen, die zu riskantem Verhalten am und im Wasser neigen und bei denen der Konsum größerer Mengen Alkohol sehr verbreitet ist. Bei Forcierung von Präventionsmaßnahmen, die sich auf den Alkoholkonsum am Wasser konzentrieren, ist davon auszugehen, dass einige der tödlichen maritimen Unfälle verhindert werden können. Bei Fund eines alkoholisierten Mannes im Wasser darf in der rechtsmedizinischen Praxis an ein akzidentelles Geschehen gedacht werden.

Wiederum sollte bei Fund eines weiblichen Leichnams im Wasser, insbesondere im mittleren und gehobenen Alter, immer an einen Suizid gedacht werden. Die Abwesenheit von Alkohol oder der Leichenfund in untypischen Gewässern sind hier nicht wegweisend. Vielmehr dient die Einbeziehung aller vorhandenen Dokumente zum Verstorbenen der Klärung der Todesumstände. Berichte über Krankenhausaufenthalte können beispielsweise Hinweise auf psychiatrische Vorerkrankungen liefern [2]. Hilfreich kann ebenfalls eine toxikologische Analytik sein, die nicht nur Intoxikationen und Beeinflussungen offenlegt, sondern auch Medikationen im therapeutischen Bereich darstellt. Daher wäre eine routinemäßige toxikologische Analyse, auch ohne Suizidverdacht, sinnvoll.

Durch eine Vielzahl geeigneter Präventionsmaßnahmen zeigen die globalen Ertrinkungsraten, insbesondere im Kindesalter, einen abnehmenden Trend. Die Ertrinkungsraten im senilen Alter bleiben davon jedoch unberührt [83]. Auch in unserer Untersuchung war die gehobene Altersgruppe stark repräsentiert, was auch mit einer gesteigerten Aktivität im Alter begründet werden kann. Die Senkung der Ertrinkungsraten im Alter wird eine Herausforderung der nächsten Jahre darstellen.

Die Kombination aus Komorbiditäten und Multimedikation stellt dabei eine große Gefahr dar. Krankhaft vorbestehende Organveränderungen (zum Beispiel am Herzen) können einen Ertrinkungstod begünstigen und den Ertrinkungsvorgang verkürzen. Die Grenzen zwischen natürlichem Tod im Wasser und einem verkürzten (atypischen) Ertrinkungsvorgang sind dabei schwer zu ziehen. Unter Umständen deckt lediglich eine Obduktion derartige Vorerkrankungen und Organveränderungen auf. Individuelle Faktoren jedes Verstorbenen müssen bei der Aufklärung von Todesfällen im Wasser also Berücksichtigung finden.

Man kann davon ausgehen, dass die Zugänglichkeit von Wasser bestimmend für den Anteil von Ertrinkungsfällen unter den Todesumständen (zum Beispiel Suiziden) einer Region ist. Dies bildet die Grundlage für den Schwerpunkt von Todesfällen im Wasser im hier untersuchten Einzugsbereich. Wir konnten aufzeigen, dass künftige Bemühungen zur Verbesserung der Wassersicherheit Einheimische und Nicht-Ortsansässige Personen gleichermaßen ansprechen müssen. Die Häufung von Unfällen bei Wassersportaktivitäten von Urlaubern darf nicht von der Tatsache ablenken, dass auch die einheimische Bevölkerung durch unvermittelte Stürze ins Wasser gefährdet ist.

Darüber hinaus kann man aus dieser Arbeit folgern, dass keines der in der Literatur beschriebenen Ertrinkungszeichen vollständige diagnostische Sicherheit bietet. Jedes der untersuchten Ertrinkungszeichen hat eigene Vor- und Nachteile. Ihre diagnostische Wertigkeit gewinnen die Zeichen erst in Kombination, unter gezielter Ausnutzung der Vorteile. Bei langem postmortalem Intervall sollte man beispielsweise selektiv Befunde zu Rate ziehen, die eine hohe Stabilität aufweisen (zum Beispiel gastrale Befunde). Befunde mit hoher Spezifität (zum Beispiel äußerer Schaumpilz) erhöhen zusätzlich die diagnostische Sicherheit. Für das Svehnikov-Zeichen sollte in diesem Zusammenhang auch die Flüssigkeitsmenge quantifiziert und bewertet werden.

Die Diagnostik muss dabei immer unter Ausschluss der Differentialdiagnosen (Qualität des Schaums, Morphologie subpleuraler Blutungen) und unter Berücksichtigung der hier beschriebenen Beeinflussungsfaktoren erfolgen. Um Verfälschungsmöglichkeiten durch Reanimationsmaßnahmen besser identifizieren zu

können, wäre es hilfreich, entsprechendes Equipment nach erfolgloser Reanimation am Leichnam zu belassen [14]. Um das postmortale Intervall nicht unnötig zu verlängern, ist ein zügiger Beginn der Obduktion nach Bergung des Leichnams erstrebenswert.

Die Wassertemperatur ist ein wichtiger Mediator der äußeren Erscheinungen am Leichnam. Daher ist die Bestimmung der Wassertemperatur für die Schätzung der Wasserliegezeit obligat. Selbst unter Berücksichtigung von Temperaturschwankungen und dem Treibverhalten des Leichnams, stellt die Schätzung der Wasserliegezeit eine Schwierigkeit dar.

Alles in allem lässt sich festhalten, dass Todesfälle im Wasser auch weiterhin im rechtsmedizinischen Alltag präsent bleiben werden. Die vielfältigen Faktoren, die zum Tod im Wasser führen können und die richtige Deutung der Befunde bei der Obduktion stellen immer wieder eine Herausforderung dar. Sicherheit im Umgang mit Todesfällen im Wasser lässt sich durch Routine bei der Sektion und durch Ausnutzung aller diagnostischen Möglichkeiten gewinnen.

5. Zusammenfassung

Der Todesfall im Wasser gilt als sehr vielgestaltiger Sachverhalt innerhalb der forensischen Pathologie und stellt deshalb für den Rechtsmediziner eine Herausforderung dar. Zur Feststellung der Todesursache Ertrinken werden in der Literatur verschiedene innere und äußere Ertrinkungszeichen beschrieben, die durch rechtsmedizinische Zusatzuntersuchungen ergänzt werden können. Andere Befunde geben Anhalt für einen Aufenthalt des Leichnams im Wasser. Alle Zeichen stehen jedoch unter mutmaßlicher Beeinflussung durch zahlreiche Faktoren, die die Aussagekraft der Befunde einschränken.

Ziel der Untersuchung war es, Todesfälle im Wasser exemplarisch anhand des Obduktionsgutes des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald zu charakterisieren, um Erkenntnisse für die rechtsmedizinische Praxis abzuleiten. Dabei sollten die häufigsten Todesumstände herausgearbeitet, erhobene Sektionsbefunde im Kontext der Literatur eingeordnet, und mögliche Beeinflussungsfaktoren identifiziert werden. Dafür wurden die Sektionsprotokolle aller Todesfälle im Wasser im Zeitraum von 1997 bis 2017 gesichtet und systematisch ausgewertet.

In der Untersuchung stellte sich heraus, dass von den dominierenden akzidentellen Todesumständen insbesondere alkoholisierte, junge Männer betroffen waren. Frauen hatten zum Todeszeitpunkt durchschnittlich ein höheres Lebensalter erreicht und bei ihnen waren Suizide überrepräsentiert. Die Ertrinkungsraten im Senium waren ebenfalls beachtlich. Diese Altersgruppe könnte bei Vorfällen im Wasser durch (kardiale) Vorerkrankungen und Multimedikation zusätzlich bedroht sein, da der Ertrinkungsvorgang dadurch wahrscheinlich beschleunigt wird. Ferner ließ sich in der Untersuchung aufzeigen, dass nur ein äußerer Schaumpilz (beobachtet unmittelbar nach Bergung des Leichnams) mit hinreichender Signifikanz exklusiv beim Tod durch Ertrinken auftrat. Für alle anderen untersuchten Ertrinkungszeichen, die zusätzlich durch Faktoren wie Reanimation, verlängertes postmortales Intervall und Fäulnis beeinflusst wurden, muss eine eingeschränkte Spezifität für die Diagnostik des Ertrinkungstodes angenommen werden.

Letztlich sind eine hohe Expertise und die Nutzung aller diagnostischen Möglichkeiten bei der Aufklärung von Todesfällen im Wasser entscheidend. Diese Erfahrung kann durch die regelmäßige Sektion derartiger Todesfälle gesteigert werden.

6. Literatur

1. Ahlm K, Saveman B-I, Björnstig U (2013) Drowning deaths in Sweden with emphasis on the presence of alcohol and drugs - a retrospective study, 1992-2009, *BMC Public Health* 13, S. 216–226
2. Ahlm K, Lindqvist P, Saveman B-I, Björnstig U (2015) Suicidal drowning deaths in northern Sweden 1992-2009 - The role of mental disorder and intoxication, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 34, S. 168–172
3. Armstrong EJ, Erskine KL (2018) Investigation of Drowning Deaths: A Practical Review, *Academic Forensic Pathology* 8(1), S. 8–43
4. Azparren J, Vallejo G, Reyes E, Herranz A, Sancho M (1998) Study of the diagnostic value of strontium, chloride, haemoglobin and diatoms in immersion cases, *Forensic Science International* 91(2), S. 123–132
5. Azparren J, Fernandez-Rodriguez A, Vallejo G (2003) Diagnosing death by drowning in fresh water using blood strontium as an indicator, *Forensic Science International* 137(1), S. 55–59
6. Barnsley P, Peden A (2018) A Retrospective, Cross-Sectional Cohort Study Examining the Risk of Unintentional Fatal Drowning during Public Holidays in Australia, *Safety* 4(4), S. 42–49
7. Bessereau J, Fournier N, Mokhtari T, Brun P-M, Desplantes A, Grassineau D, Guilhem N, Heireche F, Kerbaul F, Mancini J, Meyran D, Toesca R, Topin F, Tsapis M, Auffray J-P, Michelet P (2016) Epidemiology of unintentional drowning in a metropolis of the French Mediterranean coast: a retrospective analysis (2000-2011), *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* 23(3), S. 317–322
8. Betz P, Nerlich A, Penning R, Eisenmenger W (1993) Alveolar macrophages and the diagnosis of drowning, *Forensic Science International* 62(3), S. 217–224
9. Bierens JJLM, Lunetta P, Tipton M, Warner DS (2016) Physiology Of Drowning: A Review, *Physiology (Bethesda, Md.)* 31(2), S. 147–166
10. Blanco Pampín J, García Rivero SA, Tamayo NM, Hinojal Fonseca R (2005) Gastric mucosa lesions in drowning: its usefulness in forensic pathology, *Legal Medicine* 7(2), S. 89–95

11. Bohnert M, Ropohl D, Pollak S (2002) Zur rechtsmedizinischen Bedeutung des Flüssigkeitsgehaltes in den Keilbeinhöhlen, *Archiv für Kriminologie* 209(5-6), S. 158–164
12. Breitmeier D, Schulz M, Schulz Y, Günther D, Fieguth A, Albrecht K (2010) Ertrinkungstod - eine systematische retrospektive Untersuchung, *Archiv für Kriminologie* 226(3-4), S. 107–118
13. Brinkmann B (2004) Tod im Wasser. In: Brinkmann B, Madea B *Handbuch gerichtliche Medizin*. Springer, Berlin, S. 797–819
14. Buschmann CT, Schmid S, Tsokos M (2015) Gastric mucosal lacerations in drowning: resuscitation artifact or sign of death by drowning ("Sehrt's sign")?, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 11(2), S. 312–313
15. Byard RW, Houldsworth G, James RA, Gilbert JD (2001) Characteristic Features of Suicidal Drownings, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 22(2), S. 134–138
16. Byard RW, Cains G, Tsokos M (2006) Haemolytic staining of the intima of the aortic root - A useful pathological marker of freshwater drowning?, *Journal of Clinical Forensic Medicine* 13(3), S. 125–128
17. Byard RW (2015) Aortic intimal staining in drowning, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 11(3), S. 442–444
18. Byard RW (2015) Immersion deaths and drowning: issues arising in the investigation of bodies recovered from water, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 11(3), S. 323–325
19. Byard RW (2017) Drowning deaths in rivers, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 13(3), S. 388–389
20. Byard RW (2018) Putrefaction: An Additional Complicating Factor in the Assessment of Freshwater Drownings in Rivers, *Journal of Forensic Sciences* 63(3), S. 899–901
21. Carter N, Ali F, Green MA (1998) Problems in the interpretation of hemorrhage into neck musculature in cases of drowning, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 19(3), S. 223–225
22. Casper JL (1857) Vergleichung der Verwesungserscheinungen nach den Medien. In: Casper JL *Practisches Handbuch der gerichtlichen Medizin*. Verlag von August Hirschwald, Berlin, S. 37

23. Chochinov A (1998) Alcohol "on board", man overboard - boating fatalities in Canada, *CMAJ: Canadian Medical Association Journal* 159(3), S. 259–260
24. Claesson A, Druid H, Lindqvist J, Herlitz J (2013) Cardiac disease and probable intent after drowning, *The American Journal of Emergency Medicine* 31(7), S. 1073–1077
25. Clemens T, Tamim H, Rotondi M, Macpherson AK (2016) A population based study of drowning in Canada, *BMC Public Health* 16, S. 559–567
26. Cobbett H, Morrow P, Stables S (2014) Sink or Swim: The Advantages of Full Postmortem Examination in Cases of Drowning, *Academic Forensic Pathology* 4(2), S. 214–219
27. Copeland AR (1985) An assessment of lung weights in drowning cases, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 6(4), S. 301–304
28. Davis JH (1986) Bodies Found in the Water, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 7(4), S. 291–297
29. Dettmeyer RB, Schütz HF, Verhoff MA (2014) Tod im Wasser. In: Dettmeyer RB, Schütz HF, Verhoff MA *Rechtsmedizin*, 2. Aufl. Springer, Berlin, S. 103–110
30. Di Maio DJ, Di Maio VJM (1993) Drowning. In: Di Maio DJ, Di Maio VJM *Forensic pathology*. CRC Press, Boca Raton, S. 357–362
31. Doberentz E, Madea B (2010) Schätzung der Wasserliegezeit, *Rechtsmedizin* 20(5), S. 393–399
32. Driscoll TR, Harrison JA, Steenkamp M (2004) Review of the role of alcohol in drowning associated with recreational aquatic activity, *Injury Prevention* 10(2), S. 107–113
33. Farrugia A, Ludes B (2010) Diatomeennachweis und -identifizierung, *Rechtsmedizin* 20(1), S. 49–58
34. Fralick M, Gallinger ZR, Hwang SW (2013) Differences in Drowning Rates between Rural and Non-Rural Residents of Ontario, Canada, *International Journal of Aquatic Research and Education* 7(4), S. 331–343
35. Fritz E (1932) Risse der Magenschleimhaut bei Ertrunkenen, ein Zeichen des Ertrinkungstodes, *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin* 18, S. 285–296

36. Gamero J, Romero JL, Arufe MI, Vizcaya MA, Balanza E (1997) A Study Among the Population of Sevilla of Death due to Submersion, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 18(1), S. 70–74
37. Gorniak JM, Jenkins AJ, Felo JA, Balraj E (2005) Drug Prevalence in Drowning Deaths in Cuyahoga County, Ohio, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 26(3), S. 240–243
38. Gotsmy W, Lombardo P, Jackowski C, Brencicova E, Zech W-D (2019) Layering of stomach contents in drowning cases in post-mortem computed tomography compared to forensic autopsy, *International Journal of Legal Medicine* 133(1), S. 181–188
39. Grove C, Koch E, Zinka B, Peschel O, Lochner SJ (2019) Ertrinkungstodesfälle am Institut für Rechtsmedizin München zwischen 2011 und 2016, *Rechtsmedizin* 29(5), S. 386–394
40. Hadley JA, Smith GS (2003) Evidence for an early onset of endogenous alcohol production in bodies recovered from the water: implications for studying alcohol and drowning, *Accident Analysis & Prevention* 35(5), S. 763–769
41. Hadley JA, Fowler DR (2003) Organ weight effects of drowning and asphyxiation on the lungs, liver, brain, heart, kidneys, and spleen, *Forensic Science International* 133(2-3), S. 190–196
42. Haffner HT, Graw M, Erdelkamp J (1994) Spleen findings in drowning, *Forensic Science International* 66(2), S. 95–104
43. Hamilton K, Keech JJ, Peden AE, Hagger MS (2018) Alcohol use, aquatic injury, and unintentional drowning: A systematic literature review, *Drug and Alcohol Review* 37(6), S. 752–773
44. Hasenjäger M, Burchert H (2014) Statistische Erfassung von Ertrinkungsnotfällen in Deutschland, *Prävention und Gesundheitsförderung* 9(4), S. 305–311
45. Heaton V, Lagden A, Moffatt C, Simmons T (2010) Predicting the Postmortem Submersion Interval for Human Remains Recovered from U.K. Waterways, *Journal of Forensic Sciences* 55(2), S. 302–307
46. Hofmann ERv (1927) Tod durch Ertrinken. In: Hofmann ERv, Haberda A *Lehrbuch der Gerichtlichen Medizin*, 11. Aufl. Urban & Schwarzenberg, Berlin Wien, S. 631–641

47. Hottmar P (1996) Nachweis von Flüssigkeit in den Nasennebenhöhlen als mögliches diagnostisches Zeichen des Ertrinkungstodes, *Archiv für Kriminologie* 198(3-4), S. 89–94
48. Howland J, Hingson R (1988) Alcohol as a risk factor for drownings: A review of the literature (1950–1985)*, *Accident Analysis & Prevention* 20(1), S. 19–25
49. Howland J, Hingson R, Mangione TW, Bell N, Bak S (1996) Why Are Most Drowning Victims Men? Sex Differences in Aquatic Skills and Behaviors, *American Journal of Public Health* 86(1), S. 93–96
50. Keil W (2015) Tod im Wasser. In: Madea B *Rechtsmedizin*, 3. Aufl. Springer, Berlin, S. 288–297
51. Knight B (1997) Immersion deaths. In: Knight B *Forensic pathology*, 2. Aufl. Arnold, London, S. 391–403
52. Kohlhasse C, Maxeiner H (2003) Morphometric investigation of emphysema aquosum in the elderly, *Forensic Science International* 134(2-3), S. 93–98
53. Kringsholm B, Filskov A, Kock K (1991) Autopsied cases of drowning in Denmark 1987-1989, *Forensic Science International* 52(1), S. 85–92
54. Lapa TY, Turgut A, Turgut T (2012) Deaths by Drowning Incidents During Recreational Boating and Similar Activities, *World Applied Sciences Journal* 17(2), S. 233–238
55. Lawler W (1992) Bodies recovered from water: a personal approach and consideration of difficulties, *Journal of Clinical Pathology* 45(8), S. 654–659
56. Layon AJ, Modell JH (2009) Drowning, *Anesthesiology* 110(6), S. 1390–1401
57. Leth PM (2019) Homicide by drowning, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 15(2), S. 233–238
58. Lignitz E (2015) Spezialfragen bei der Begutachtung nichtnatürlicher Todesfälle. In: Madea B *Rechtsmedizin*, 3. Aufl. Springer, Berlin, S. 385–396
59. Lucas J, Goldfeder LB, Gill JR (2002) Bodies Found in the Waterways of New York City, *Journal of Forensic Sciences* 47(1), S. 137–141
60. Lunetta P, Penttilä A, Sajantila A (2002) Circumstances and Macropathologic Findings in 1590 Consecutive Cases of Bodies Found in Water, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 23(4), S. 371–376
61. Lunetta P, Smith GS, Penttilä A, Sajantila A (2003) Undetermined Drowning, *Medicine, Science and the Law* 43(3), S. 207–214

62. Lunetta P, Smith GS, Penttilä A, Sajantila A (2004) Unintentional drowning in Finland 1970-2000: a population-based study, *International Journal of Epidemiology* 33(5), S. 1053–1063
63. Lunetta P, Modell JH, Sajantila A (2004) What Is the Incidence and Significance of "Dry-Lungs" in Bodies Found in Water?, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 25(4), S. 291–301
64. Madea B, Dettmeyer R (2006) Praktische Durchführung der ärztlichen Leichenschau - Aufgabenkomplexe. In: Madea B *Die Ärztliche Leichenschau*, 2. Aufl. Springer Medizin Verlag, Berlin Heidelberg, S. 69–124
65. Madea B, Dettmeyer RB (2007) Ertrinken. In: Madea B, Dettmeyer RB *Basiswissen Rechtsmedizin*. Springer Medizin Verlag, Berlin Heidelberg, S. 156–157
66. Madea B (2007) Traumatologie und gewaltsamer Tod. In: Madea B *Praxis Rechtsmedizin*, 2. Aufl. Springer Medizin Verlag, Berlin Heidelberg, S. 169–172
67. Madea B, Stockhausen S, Doberentz E (2016) Bestimmung der Wasserliegezeit nach Reh - weitere Untersuchungen zur Prüfung der Reliabilität, *Archiv für Kriminologie* 237(1-2), S. 1–12
68. Mahony AJ, Peden AE, Franklin RC, Pearn JH, Scarr J (2017) Fatal, unintentional drowning in older people, *Healthy Aging Research* 6(1), S. 1–8
69. Meel BL (2008) Drowning deaths in Mthatha area of South Africa, *Medicine, Science and the Law* 48(4), S. 329–332
70. Modell JH, Bellefleur M, Davis JH (1999) Drowning Without Aspiration: Is This an Appropriate Diagnosis?, *Journal of Forensic Sciences* 44(6), S. 1119–1123
71. Mohan Kumar TS, Monteiro FNP, Bhagavath P, Bakkannavar SM (2009) Early adipocere formation: A case report and review of literature, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 16(8), S. 475–477
72. Moran K, Podstawski R, Mańkowski S, Choszcz D, Sarevic Z (2017) Socioeconomics Influences on the Water Competencies of Young Adult Polish Males, *Physical Culture and Sport. Studies and Research* 74(1), S. 19–33
73. Morild I (1995) Pleural Effusion in Drowning, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 16(3), S. 253–256
74. Morris NK, Du Toit-Prinsloo L, Saayman G (2016) Drowning in Pretoria, South Africa: A 10-year review, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 37, S. 66–70

75. Muccino E, Crudele GDL, Gentile G, Marchesi M, Rancati A, Zoja R (2015) Suicide drowning in the non-coastal territory of Milan, *International Journal of Legal Medicine* 129(4), S. 777–784
76. Mueller B (1975) Durch äußere Einwirkungen entstandene Körperschädigungen und Todesfälle. In: Mueller B, Berg SP *Gerichtliche Medizin Teil 1*, 2. Aufl. Springer, Berlin, S. 479–480
77. Pajunen T, Vuori E, Vincenzi FF, Lillsunde P, Smith G, Lunetta P (2017) Unintentional drowning: Role of medicinal drugs and alcohol, *BMC Public Health* 17(1), S. 388–397
78. Pajunen T, Vuori E, Lunetta P (2018) Epidemiology of alcohol-related unintentional drowning: is post-mortem ethanol production a real challenge?, *Injury Epidemiology* 5(1), S. 39
79. Paltauf A (1888) Über den Tod durch Ertrinken. Urban & Schwarzenberg, Wien Leipzig, S. 19-21
80. Papadodima SA, Sakelliadis EI, Kotretsos PS, Athanaselis SA, Spiliopoulou CA (2007) Cardiovascular Disease and Drowning: Autopsy and Laboratory Findings, *Hellenic Journal of Cardiology* 48(4), S. 198–205
81. Papadodima SA, Athanaselis SA, Skliros E, Spiliopoulou CA (2010) Forensic investigation of submersion deaths, *International Journal of Clinical Practice* 64(1), S. 75–83
82. Paraschakis A, Michopoulos I, Efstathiou V, Christodoulou C, Boyokas I, Douzenis A (2018) Suicides by drowning in Greece: Findings from a 10-year sample (2006-2015), *The Medico-Legal Journal* 86(1), S. 45–48
83. Pearn J, Peden A, Franklin R (2019) The Influence of Alcohol and Drugs on Drowning among Victims of Senior Years, *Safety* 5(1), S. 1–10
84. Peden AE, Franklin RC, Queiroga AC (2018) Epidemiology, risk factors and strategies for the prevention of global unintentional fatal drowning in people aged 50 years and older: a systematic review, *Injury Prevention* 24(3), S. 240–247
85. Peden AE, Mahony AJ, Barnsley PD, Scarr J (2018) Understanding the full burden of drowning: a retrospective, cross-sectional analysis of fatal and non-fatal drowning in Australia, *BMJ Open* 8(11), S. 1–10
86. Pérez-Cárceles MD, del Pozo S, Sibón A, Noguera JA, Osuna E, Vizcaya MA, Luna A (2012) Serum biochemical markers in drowning: Diagnostic efficacy of

- Strontium and other trace elements, *Forensic Science International* 214(1-3), S. 159–166
87. Phad LG, Vyawahare MS (2017) The Study of Drowning Deaths with Gross Findings and Histopathological Changes in Lungs, *International Journal of Scientific Research* 6(11), S. 310–312
88. Phad LG, Dhawane SG (2018) Epidemiological profile of drowning deaths: a cross sectional study, *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 8(1), S. 12
89. Piette MHA, Letter EA de (2006) Drowning: Still a difficult autopsy diagnosis, *Forensic Science International* 163(1-2), S. 1–9
90. Plenzig S, Held H, Verhoff MA (2017) Can bathtub deaths related to pre-existing internal disorders be avoided?, *Rechtsmedizin* 27(3), S. 191–195
91. Prokop O (1960) Über Ertrinken und Tod im Wasser. In: Prokop O Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, S. 98–114
92. Prokop O (1975) Ertrinken und Tod im Wasser. In: Prokop O, Göhler W Forensische Medizin, 3. Aufl. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, S. 120–139
93. Püschel K, Schneider A (1985) Die Waschhautentwicklung in Süß- und Salzwasser bei unterschiedlichen Wassertemperaturen, *Zeitschrift für Rechtsmedizin* 95(1), S. 1–18
94. Püschel K, Schulz F, Darrmann I, Tsokos M (1999) Macromorphology and histology of intramuscular hemorrhages in cases of drowning, *International Journal of Legal Medicine* 112(2), S. 101–106
95. Püschel K (2007) Problemfall „Wasserleiche“/Ertrinken, *Kriminalistik* 61(8-9), S. 545–550
96. Quan L, Cummings P (2003) Characteristics of drowning by different age groups, *Injury Prevention* 9(2), S. 163–168
97. Rácz E, Könczöl F, Mészáros H, Kozma Z, Mayer M, Porpáczy Z, Poór VS, Sipos K (2015) Drowning-related fatalities during a 5-year period (2008-2012) in South-West Hungary - A retrospective study, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 31, S. 7–11
98. Reh H (1963) Zur Spezifität der sogenannten Ertrinkungslunge, *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin* 54(1), S. 45–48

99. Reh H, Haarhoff K, Vogt CD (1977) Die Schätzung der Todeszeit bei Wasserleichen, *Zeitschrift für Rechtsmedizin* 79(4), S. 261–266
100. Reh H (1984) Über den frühpostmortalen Verlauf der Waschhaut an den Fingern, *Zeitschrift für Rechtsmedizin* 92(3), S. 183–188
101. Reijnen G, Buster MC, Vos PJE, Reijnders UJL (2017) External foam and the post-mortem period in freshwater drowning; results from a retrospective study in Amsterdam, the Netherlands, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 52, S. 1–4
102. Reijnen G, van de Westeringh M, Buster MC, Vos PJE, Reijnders ULJ (2018) Epidemiological aspects of drowning and non-fatal drowning in the waters of Amsterdam, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 58, S. 78–81
103. Reijnen G, Gelderman HT, Oude Grotebevelsberg BFL, Reijnders UJL, Duijst WLJM (2018) The correlation between the Aquatic Decomposition Score (ADS) and the post-mortem submersion interval measured in Accumulated Degree Days (ADD) in bodies recovered from fresh water, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 14(3), S. 301–306
104. Reijnen G, Vos P, Buster M, Reijnders U (2019) Can pulmonary foam arise after postmortem submersion in water? An animal experimental pilot study, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 61, S. 40–44
105. Rohner H, Rothschild MA (2013) Algenrasen auf Wasserleichen zur Abschätzung der Wasserliegezeit, *Rechtsmedizin* 23(6), S. 449–453
106. Saberi Anary SH, Sheikhazadi A, Ghadyani MH (2010) Epidemiology of Drowning in Mazandaran Province, North of Iran, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 31(3), S. 236–242
107. Salib E (2005) Trends in suicide by drowning in the elderly in England and Wales 1979-2001, *International Journal of Geriatric Psychiatry* 20(2), S. 175–181
108. Schernewski G, Bock S (2007) Europas Küsten im Wandel. <https://www.ikzm-d.de/inhalt.php?page=151%2C3494>. Zugriff am 3.3.2020
109. Schneppe S, Dokter M, Bockholdt B (2021) Macromorphological findings in cases of death in water: a critical view on "drowning signs", *International Journal of Legal Medicine* 135(1), S. 281–291
110. Schwerd W (1992) Tod im Wasser. In: Schwerd W, Adebahr G *Rechtsmedizin*, 5. Aufl. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, S. 78–81

111. Sehrt E (1932) Der Vorgang des Ertrinkens, seine Bekämpfung und Verhütung, Münchener Medizinische Wochenschrift 79(31), S. 1229–1231
112. Seleye-Fubara D, Etebu Ebitimitula N, Ijomone E (2012) Drowning in the Niger Delta region of Nigeria: an autopsy study of 85 cases, The Nigerian Postgraduate Medical Journal 19(2), S. 111–114
113. Shattock MJ, Tipton MJ (2012) 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion?, The Journal of Physiology 590(14), S. 3219–3230
114. Spitz WU (1993) Drowning. In: Spitz WU, Fisher RS Spitz and Fisher's medicolegal investigation of death, 3. Aufl. C.C. Thomas, Springfield Ill., U.S.A, S. 498–515
115. Stahlberg R (2017) Übersicht Maritimes Unfallgeschehen MV 2014-2017, Landeswasserschutzpolizeiamt Mecklenburg-Vorpommern
116. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (20. April 2018) Bevölkerungsstand der Kreise, Ämter und Gemeinden in Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
117. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2019) Gestorbene nach Todesursachen, Geschlecht und Altersgruppen in Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
118. Stemberga V, Bralic M, Coklo M, Cuculic D, Bosnar A (2010) Suicidal Drowning in Southwestern Croatia, The American Journal of Forensic Medicine and Pathology 31(1), S. 52–54
119. Stuart BH, Notter SJ, Dent B, Selvalatchmanan J, Fu S (2016) The formation of adipocere in model aquatic environments, International Journal of Legal Medicine 130(1), S. 281–286
120. Suzuki T, Ikeda N, Umetsu K, Kashimura S (1990) Zum Ablauf der Atmung bei Tod durch obstruktive Asphyxie und Ertrinken. In: Brinkmann B Ersticken. Springer, Berlin, S. 26–29
121. Tse R, Garland J, Kesha K, Morrow P, Lam L, Elstub H, Cala A, Spark A, Palmiere C, Stables S (2018) The Potential Diagnostic Accuracy of Autopsy Lung Weights, Lung-Heart Ratio, and Lung-Body Ratio in Drowning Deaths, The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, S. 1–6
122. van Daalen MA, Kat DS de, Oude Grotebevelsberg BFL, Leeuwe R de, Warnaar J, Oostra RJ, M Duijst-Heesters WLJ (2017) An Aquatic Decomposition

- Scoring Method to Potentially Predict the Postmortem Submersion Interval of Bodies Recovered from the North Sea, *Journal of Forensic Sciences* 62(2), S. 369–373
123. van Hoyweghen AJL, Jacobs W, Beeck B op de, Parizel PM (2015) Can post-mortem CT reliably distinguish between drowning and non-drowning asphyxiation?, *International Journal of Legal Medicine* 129(1), S. 159–164
124. Vander Plaetsen S, Letter E de, Piette M, van Parys G, Casselman JW, Verstraete K (2015) Post-mortem evaluation of drowning with whole body CT, *Forensic Science International* 249, S. 35–41
125. Vennemann B, Brinkmann B (2003) Der Tod im Wasser, *Rechtsmedizin* 13(4), S. 201–215
126. WHO (2014) *Global Report on Drowning*. World Health Organization, Geneva, S. X
127. Wirth I, Geserick G (2019) Das Fritz-Zeichen: Risse der Magenschleimhaut bei Ertrunkenen, *Rechtsmedizin* 29(2), S. 75–79
128. Wirthwein DP, Barnard JJ, Prahlow JA (2002) Suicide by Drowning: A 20-Year Review, *Journal of Forensic Sciences* 47(1), S. 131–136
129. Yorulmaz C, Arican N, Afacan I, Dokgoz H, Asirdizer M (2003) Pleural effusion in bodies recovered from water, *Forensic Science International* 136(1-3), S. 16–21
130. Zack F, Kaden A, Riepenhausen S, Rentsch D, Kegler R, Büttner A (2017) Fehler bei der Ausstellung der Todesbescheinigung, *Rechtsmedizin* 27(6), S. 516–527
131. Zhu B-L, Quan L, Ishida K, Oritani S, Li D-R, Taniguchi M, Kamikodai Y, Tsuda K, Fujita MQ, Nishi K, Tsuji T, Maeda H (2003) Lung–heart weight ratio as a possible index of cardiopulmonary pathophysiology in drowning, *Legal Medicine* 5, S. 295–297
132. Zhu B-L, Ishida K, Taniguchi M, Quan L, Oritani S, Tsuda K, Kamikodai Y, Fujita MQ, Maeda H (2003) Possible postmortem serum markers for differentiation between fresh-, saltwater drowning and acute cardiac death: a preliminary investigation, *Legal Medicine* 5, S. 298–301
133. Zhu B-L, Quan L, Li D-R, Taniguchi M, Kamikodai Y, Tsuda K, Fujita MQ, Nishi K, Tsuji T, Maeda H (2003) Postmortem lung weight in drownings: a

comparison with acute asphyxiation and cardiac death, *Legal medicine* (Tokyo, Japan) 5(1), S. 20–26

134. Zivković V, Babić D, Nikolić S (2013) Svechnikov's sign as an indicator of drowning in immersed bodies changed by decomposition: an autopsy study, *Forensic Science, Medicine and Pathology* 9(2), S. 177–183

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Häufigkeit <i>Todesfall im Wasser</i> im Untersuchungszeitraum.....	32
<i>Abbildung 2.</i> Altersverteilung im Geschlechtervergleich.....	33
<i>Abbildung 3.</i> Häufigkeitsverteilung der wesentlichen Todesumstände	34
<i>Abbildung 4.</i> Todesumstände im Vergleich der Altersgruppen.....	35
<i>Abbildung 5.</i> Häufigkeit der verschiedenen <i>Fund-Gewässer</i>	36
<i>Abbildung 6.</i> Fund-Gewässer im Vergleich der Altersgruppen	37
<i>Abbildung 7.</i> Todesumstände in Abhängigkeit vom Verhältnis zum Fundort.....	38
<i>Abbildung 8.</i> Verteilung der Todesursachen nach Todesumständen	41
<i>Abbildung 9.</i> Relative Häufigkeit vorbestehender Organveränderungen am Herzen im Vergleich der Todesursachen.....	44
<i>Abbildung 10.</i> Liegezeitabhängige Waschhautbildung im jahreszeitlichen Vergleich	47
<i>Abbildung 11.</i> Fäulnisfortschritt nach Wasserliegezeit im jahreszeitlichen Vergleich	49
<i>Abbildung 12.</i> Ausprägung Schaumpilz in Abhängigkeit von Reanimationsmaßnahmen	53
<i>Abbildung 13.</i> Ausprägungsgrad Schaumpilz in Abhängigkeit von Wasserliegezeit.	54
<i>Abbildung 14.</i> Alkoholische Beeinflussung nach Altersgruppe und Geschlecht	61

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der erfassten Variablen im Untersuchungsgut.....	29
Tabelle 2: Gewässer in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen Fundort und Meldeadresse	39
Tabelle 3: Häufigkeit ausgewählter sekundärer Sektionsdiagnosen im Vergleich zwischen klassischem und atypischem Ertrinken.....	43
Tabelle 4: Todesursachen der Todesfälle im Wasser, die nicht Ertrinken waren	45
Tabelle 5: Ausprägungsgrad Schaumpilz nach Zeit bis zur Obduktion.....	54
Tabelle 6: Ausprägung Schaumpilz in Abhängigkeit vom Fortschritt der Fäulnis	55
Tabelle 7: Unspezifische Befunde für die Diagnostik des Ertrinkens.....	59
Tabelle 8: Anteil Fälle mit alkoholischer Beeinflussung nach Todesumstand.....	61
Tabelle 9: Ergebnisse toxikologischer Untersuchungen	62

7.3. Abkürzungsverzeichnis

Abb	Abbildung
ATP	Adenosintriphosphat
BAK	Blutalkoholkonzentration
C1	Atlas (1. Halswirbel)
C2	Axis (2. Halswirbel)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CT	Computertomographie
Hb	Hämoglobingehalt
kg	Kilogramm
km	Kilometer
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
mR	mit Reanimationsmaßnahmen
oR	ohne Reanimationsmaßnahmen
pCO ₂	Kohlenstoffdioxidpartialdruck
pO ₂	Sauerstoffpartialdruck
Tab	Tabelle
vgl	vergleiche
vs	versus

7.4. Danksagung

Prof. Dr. med. habil. Britta Bockholdt

Direktorin des Instituts für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald

Ich danke Ihnen für die Überlassung des Themas und für Ihre wichtigen Impulse, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben.

Dr. med. Martin Dokter

Assistenzarzt am Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald

Vielen Dank für Deine kompetenten Ratschläge und für die Zeit, die Du Dir immer wieder genommen hast. Mit meinen Fragen konnte ich mich immer an Dich wenden.

Ich danke meiner Lebensgefährtin für ihre moralische Unterstützung und dafür, dass sie mir immer wieder den Rücken freigehalten hat.

Weiterhin danke ich meiner Familie, die mir mein Studium überhaupt ermöglicht hat und mich jederzeit auf so vielfältige Weise unterstützt.

7.5. Liste der Veröffentlichungen

Schneppe S, Dokter M, Philipp K, Below E, Talarico G, Bockholdt B
Der Todesfall im Wasser im Untersuchungsgut des Instituts für Rechtsmedizin
Greifswald – Umstände, Befunde, Besonderheiten. (Poster)
98. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin; 2019 Sep 17;
Hamburg. In: Rechtsmedizin. 29(4):323-380

Schneppe S*, Dokter M, Bockholdt B
*Macromorphological findings in cases of death in water- a critical view on “drowning
signs” (Originalartikel)*
International Journal of Legal Medicine. 2021; 135(1): 281-291