

## Bachelorthesis

# Untersuchung einer Reihe an Unfällen von Yachten für Tauchurlaube

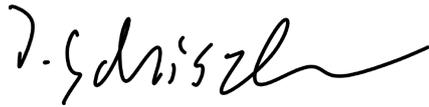
vorgelegt von

Justus Schiszler

Matrikelnummer: 938146  
Datum der Abgabe: 15. November 2023  
Studiengang: Schiffbau & maritime Technik  
Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hendrik Dankowski  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Benedikt Boesche  
Firma: Taucher.Net GmbH  
Adresse: Untermarkt 34, 82418 Murnau  
Betreuer: Armin Süß & Jan-Philipp Lauer, M.Sc.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Bachelorarbeit selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt habe und dass ich alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehrenden Ausführungen meiner Arbeit besonders gekennzeichnet und die entsprechenden Quellen angegeben habe. Diese Arbeit hat noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.



---

Kiel, 15. November 2023 - Justus Schizler

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Zusammenfassung der Unfälle</b>	<b>2</b>
<b>3. Statistische Auswertung</b>	<b>5</b>
3.1. Auswertung nach Jahren . . . . .	8
3.2. Auswertung nach Unfallart . . . . .	9
3.3. Auswertung der Opferzahlen . . . . .	10
3.4. Auswertung nach Unfallort . . . . .	13
3.5. Vergleiche mit der weltweiten Schifffahrt . . . . .	14
<b>4. Vorschriften</b>	<b>17</b>
4.1. Vorschriften der IMO . . . . .	18
4.1.1. SOLAS . . . . .	18
4.1.2. ISM-Code . . . . .	21
4.1.3. SCV-Code . . . . .	21
4.2. Klassifikation . . . . .	22
4.2.1. Bureau Veritas . . . . .	23
4.2.2. Det Norske Veritas . . . . .	24
4.3. Lokale Vorschriften . . . . .	25
4.3.1. Europäische Normen . . . . .	26
4.3.2. BG Verkehr . . . . .	28
4.3.3. Ägyptische Vorschriften . . . . .	29
4.3.4. Südostasiatische Vorschriften . . . . .	30
4.4. ADTO . . . . .	30
4.5. Ausbildungsstandards . . . . .	30
4.6. Sicherheitsausrüstung und Rettungsmittel . . . . .	31
<b>5. Zusammenwirken der Vorschriften</b>	<b>33</b>
<b>6. Untersuchung zum Brand der „Conception“</b>	<b>34</b>
6.1. Hintergrundinformationen . . . . .	34
6.2. Unfallhergang . . . . .	35
6.3. Mögliche Ursachen für das Feuer . . . . .	37
6.4. Probleme bei der Evakuierung und Rettung . . . . .	37
6.5. Empfehlungen des NTSB . . . . .	37
<b>7. Analyse zur Kenterung der „Carlton Queen“</b>	<b>38</b>
7.1. Hintergrundinformationen . . . . .	38
7.2. Unfallhergang . . . . .	40
7.3. Mögliche Ursachen für die Kenterung . . . . .	42
7.4. Probleme bei der Evakuierung und Rettung . . . . .	47
<b>8. Zusammenfassung</b>	<b>49</b>

---

<b>9. Empfehlungen</b>	<b>52</b>
<b>10. Fazit</b>	<b>54</b>
<b>11. Danksagung</b>	<b>54</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>56</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

- ADTO** Association of Dive Tour Operators
- AIS** Automatic Identification System
- BG Verkehr** Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation
- BV** Bureau Veritas
- CDWS** Chamber of Diving and Watersports
- DNV** Det Norske Veritas
- EAMS** Egyptian Authority for Maritime Safety
- EMSA** European Maritime Safety Agency
- EU** Europäische Union
- IMO** International Maritime Organization
- IATA** International Air Transport Association
- IOSA** IATA Operational Safety Audit
- IS-Code** International Code on Intact Stability
- ISM-Code** International Safety Management Code
- ISPS-Code** International Ship and Port Facility Security Code
- LAS-Code** Lifesaving Appliances Code
- MAIB** Marine Accident Investigation Branch
- NTSB** National Transportation Safety Board
- SCV-Code** Code of Safety for Small Commercial Vessels operating in the Caribbean
- SOLAS-Konvention** Safety of Life at Sea Convention
- STCW-Übereinkommen** International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
- UN** Vereinte Nationen
- USA** vereinigte Staaten von Amerika
-

## Abbildungsverzeichnis

1.	Fälle pro Jahr . . . . .	8
2.	Tote aller Personen an Bord im Verhältnis zur Anzahl Gäste pro Besatzungsmitglied . . . . .	11
3.	Opfer nach Unfallkategorie . . . . .	12
4.	Unfälle mit Opfern nach Art . . . . .	12
5.	MapsData: Google 2023, Unfallkarte weltweit . . . . .	13
6.	MapsData: Google 2023, Unfallkarte Ägypten . . . . .	14
7.	Schiffsverluste nach Ursache [51, S.15] . . . . .	15
8.	Tote nach Todesursache [52, S. 27] . . . . .	17
9.	Wetterkriterium nach ISO 12271-1 [67, Kapitel 6.3.2] . . . . .	27
10.	Deckplan Conception [23, S. 3] . . . . .	35
11.	Abmessung der Höhe der Carlton Queen . . . . .	38
12.	Deckübersicht „Carlton Queen“ [94] . . . . .	39
13.	Wetter am Unfallort Ende April [95] . . . . .	40
14.	Höhe der Fenster . . . . .	43
15.	Seitenlateralfäche aus AutoCAD ermittelt . . . . .	45
16.	Seitenlateralfäche aus AutoCAD ermittelt . . . . .	47
17.	Rettungsring mit Kabelbindern befestigt auf der „Emperor Elite“ . . . . .	67
18.	Schwimmweste auf der „Emperor Elite“ . . . . .	67
19.	Beispiel einer Rettungsweste nach Safety of Life at Sea Convention (SOLAS-Konvention) [121] . . . . .	68
20.	Plakette einer Rettungsinsel auf der „Emperor Elite“ . . . . .	68
21.	Messe der „Carlton Queen“ . . . . .	69
22.	Treppe von Unterdeck auf der „Carlton Queen“ . . . . .	70
23.	Wasserlinie aus AutoCAD ermittelt . . . . .	71
24.	KB aus AutoCAD ermittelt . . . . .	72
25.	Spiegel als Notausgang auf der „Emperor Elite“ . . . . .	73
26.	Anker auf der „Ghazala Explorer“ (Ausgeschnitten aus einem Bild von [117]) . . . . .	74
27.	Darstellung der für die Stabilität relevanten Punkte (K: tiefster Punkt in Schiffsmittle; B: Auftriebsschwerpunkt; G: Gewichtsschwerpunkt; M: Metazentrum) . . . . .	74

---

## 1. Einleitung

In der Arbeit werden Unfälle von Yachten für Tauchurlaube analysiert, da gemäß Beobachtungen von deutschen Tauchberichterstattern seit 2022 vermehrt schwere Unfälle aufgetreten sind. Diese Schiffe bieten längere sogenannte Tauchsafaris an, bei denen die Gäste an Bord leben und vom Schiff aus Tauchen gehen. Das Schiff fährt dabei von einem Tauchspot zum nächsten.

Für diese Analyse werden zunächst die bekannten Unfälle kurz beschrieben und eine statistische Auswertung der Unfälle im Hinblick auf die Verteilung über die Zeit, die Ursachen und Folgen der Unfälle, die Opferzahlen und die Unfallorte durchgeführt. Im Anschluss werden die so erhobenen Daten mit Daten aus der weltweiten Schifffahrt verglichen. Hierbei werden recherchierte Unfälle aus den Jahren 2006 bis 2023 (August) berücksichtigt. Im Anschluss werden die Vorschriften zu den häufigsten Unfallursachen dargelegt und mit Richtlinien von lokalen Organisationen wie der ägyptischen Chamber of Diving and Watersports (CDWS) verglichen. Dabei werden auch Inspektionen durch lokale Organisationen geschildert und analysiert.

Im Anschluss wird der Unfall der „Conception“ bearbeitet, da dieser mit 34 Toten die meisten Opfer gefordert hat. Dabei wird anhand des offiziellen Seeunfalluntersuchungsberichts der National Transportation Safety Board (NTSB) geschildert sowie die identifizierten Ursachen und Empfehlungen dargelegt. Zusätzlich wird der Seeunfall der „Carlton Queen“ am 25. April 2023 genauer betrachtet, zu dem kein offizieller Untersuchungsbericht vorliegt. Bei der Kenterung der „Carlton Queen“ im Roten Meer sind einige Personen von Bord gefallen, allerdings konnten alle gerettet werden. Das Schiff ist nach mehrfachen starken Rollbewegungen gekentert und kurz darauf gesunken. Anhand dieser Unfälle werden auch Möglichkeiten aufgezeigt, wie ähnliche Unfälle in Zukunft vermieden werden können. Zuletzt werden noch Vorschläge für Änderungen in der Aufsicht der Schiffe beim Bau und im späteren Betrieb sowie bei der Ausbildung der Besatzungen dargelegt.

Die Datenlage zu den Unfällen ist ungenau, da nur für wenige Unfälle offizielle Unfalluntersuchungsberichte wie bei der „Conception“ vorliegen. Stattdessen musste meist auf Aussagen von Betroffenen und Medienberichte zurückgegriffen werden. Teilweise gibt es Videoaufnahmen von den Unfällen, welche ebenfalls zur Unterstützung herangezogen werden konnten. Zusätzlich ist die Kooperationsbereitschaft der lokalen Behörden für weitere Informationen oft nur sehr begrenzt, da diese Unfälle öffentlich nicht wahrgenommen werden sollen. Jeder derartige Unfall schadet der lokalen Tourismusbranche. Da ein Zugriff auf die tatsächlichen Schiffe bzw. Wracks nicht möglich ist, kann diese Analyse nur basierend auf den oben genannten Quellen erfolgen. Diese unzureichende Datenlage führt auch dazu, dass nur schwere Unfälle berücksichtigt werden konnten, da die Medien über diese berichtet haben.

Angesichts der Unfallhäufungen liegt die Vermutung nahe, dass die vorhandenen Vorschriften nicht ausreichend durchgesetzt werden. Doch es ist auch möglich, dass die Vorschriften nicht ausreichend sind. Denn leider ist es häufig so, dass erst ein schwerer Unfall zu Änderungen und Verbesserung der Vorschriften führt. Im folgenden Abschnitt werden die bei dieser Analyse berücksichtigten Unfälle vorgestellt.

## 2. Zusammenfassung der Unfälle

Zunächst werden grundsätzliche Informationen zu den gefundenen Unfällen zusammengefasst. Es wurden 31 Unglücke aus den Jahren 2006 bis 2023 (August) für die Analyse berücksichtigt. Bei fast allen Ereignissen sank das verunfallte Schiff. Was nicht bedeutet, dass das Schiff nicht geborgen wurde und nach erfolgter Reparatur wieder den Betrieb aufgenommen hat. Welche Tauchsafarischniffe nach dem Sinken wieder geborgen wurden, wurde nicht ermittelt. Damit nachvollzogen werden kann welche Unfälle hier analysiert wurden, folgt nun eine kurze Aufzählung der Schiffsnamen, dem Datum des Unglücks, dem Grund des Sinkens und der Anzahl der Verletzten. Leider liegen für die verunfallten Schiffe keine klaren Identifikationsnummern, wie eine International Maritime Organization (IMO) Nummer oder eine Maritime Mobile Service Identity (MMSI) der Schiffe vor. Eine IMO Nummer muss für alle Passagierschiffe vergeben werden, wenn sie nicht kleiner als 100 GT sind, mit Ausnahmen für Freizeityachten, Kriegsschiffe, Holzschiffe und weitere [1]. Tauchsafarischniffe bewegen sich normalerweise in einem Bereich unter 50 GT und müssen damit keine Nummer erhalten. Mit einer Länge zwischen 30 und 45 m [2] + [3].

Der früheste bei der Analyse berücksichtigte Unfall ereignete sich am 20. September 2006. Zu diesem Zeitpunkt ist die „Dolce Vita“ nachts gegen das Riff Shaab Sharm im Roten Meer gefahren und aufgrund des folgenden Wassereintruchs gesunken. Es gab bei der Evakuierung auf ein anderes Tauchsafarischniff keine nennenswerten Verletzungen [4].

Am 30. September 2008 sank die „Heaven Diamond“ nach einem Feuer an Bord. Nach der Rettung wurde eine Frau aufgrund der erlittenen Brandverletzungen in ein Krankenhaus gebracht [5].

Ein halbes Jahr später sank die „Choke Somboon“ am 08. März 2009, nachdem sie aufgrund von Wind und Seegang kentert. Von den dreißig Personen an Bord starben sieben [6].

Später im gleichen Jahr sank die „Coral Princess“ in Ägypten. Nach der Kenterung am 19. November 2009 werden zwei Spanier vermisst und kurz darauf für tot erklärt [7].

Nur einen knappen Monat später sank die „Emperor Fraser“ nachdem sie am 16. Dezember von einer Änderung der Windrichtung auf ein Riff gedrückt wurde. Alle Gäste und die Crew konnten ohne Verletzungen gerettet werden [8].

Nach mehreren Jahren ohne medienwirksame Unfälle ging am 29. Dezember 2011 die „Mandarin Siren“ durch ein Feuer an Bord unter. Alle an Bord befindlichen Personen konnten ohne schwere Verletzungen gerettet werden [9].

Kurze Zeit später, am 07. Juni. 2012, sank das zweite Schiff der Siren Flotte. Die „Oriental Siren“ wurde nach einem Wassereintruch evakuiert, ohne dass es zu Verletzungen kam [10].

Am 16. April 2013 kenterte das Schiff „Little Princess“ mutmaßlich aufgrund von Stabilitätsmangel in einem Sturm. Alle an Bord konnten gerettet werden und wurden zusammen mit allen auf einer nahegelegenen Insel befindlichen Personen aus dem Sturmgebiet evakuiert [11, S. 3].

Ein knappes Jahr später erschütterte eine ganze Reihe von Unfällen Thailands Tauchtourismus als innerhalb von zwei Wochen drei Schiffe untergingen. Zuerst sank die „Aladdin“ am 29. Januar 2014 durch einen Wassereintruch ungeklärten Ursprungs [12, S. 3]. Drei Tage danach sank bereits die „Bunmee I“ durch ein Feuer an Bord [13, S. 1f]. Am 09. Februar 2014 brannte als Dritte die „MV Blue Star“ ab, sodass sie sank [13, S. 2]. Bei keinem der drei Unglücke gab es Tote oder Schwerverletzte [12, S. 3] [13, S. 1f].

Am 28. Juli 2014 brach ein Feuer im Maschinenraum der „Blue Melody“ aus, welches allerdings gelöscht werden konnte. Obwohl das Boot nicht sank, evakuierte man die Gäste auf ein anderes Schiff. Drei Besatzungsmitglieder wurden im Krankenhaus wegen Rauchvergiftungen behandelt [14].

Am 12. September des gleichen Jahres entstand ein weiteres Feuer an Bord eines Tauchsafarischiffs im Hafen von Phuket. Da die „Choke Somboon 15“ zu dieser Zeit keine Gäste beförderte, war nur eine Person an Bord. Dieser rettete sich durch einen Sprung ins Wasser [15].

Im April des folgenden Jahres lief die „Wind Dancer“ auf ein Riff an den Kokosinseln. Über Nacht wurde das Leck repariert und am folgenden Tag fuhr das Schiff langsam in den nächsten Hafen. Es gab keine Verletzten [16].

Am 03. August 2015 drückte starker Wind die „Palau Siren“ auf ein Riff. Alle Insassen wurden evakuiert, ohne dass es Verletzte gab [17].

Ein weiteres Feuer brach am 13. Mai 2017 in der Kombüse der „Overseas“ aus. Alle 32 Personen an Bord wurden evakuiert und von einem Fischerboot aufgenommen. Es wurden keine Verletzungen erwähnt, allerdings sind nach der Beschreibung Rauchvergiftungen möglich [18].

Ein paar Monate später sank die „Chok Thara 2“ in einem Sturm am 26. Juli 2017. Nach der Rettung von 11 Personen sind 5 Vermisste bis heute nicht gefunden worden [19].

Später in diesem Jahr sank die „Fiji Siren“ am 15. November durch ein Leck im Maschinenraum. Alle an Bord konnten erfolgreich mit den Beibooten an Land gebracht werden [20].

Zu Beginn des nächsten Jahres sank die „WAOW“ bei einer Überfahrt ohne Gäste. Nachdem ein Feuer im Maschinenraum ausbrach, scheiterten die Löschversuche und die Besatzung verließ das Schiff, ohne dass es Verletzte gab [21].

Die „Majestic Explorer“ hatte am 31. Mai 2019 Grundberührung. Das daraus folgende Leck sorgte dafür, dass das Schiff kenterte und sank. Alle Personen an Bord wurden mit Hilfe der lokalen Marine evakuiert ohne dass es Verletzte gab [22].

Das tödlichste Feuer in dieser Aufzählung ereignete sich am 02. September 2019 auf der „Conception“. Bei diesem Feuer starben fast alle an Bord. Von insgesamt 39 Personen starben 34 und eine weitere Person wurde schwer verletzt. Nur 3 Besatzungsmitglieder kamen unbeschadet vom Schiff. Aufgrund der schlechten, den Gästen möglicherweise unbekanntem Fluchtwege vom Unterdeck zum Hauptdeck kam es zu dieser hohen Anzahl an Todesopfern [23, S. vi + S. 19 u. 74].

Nur zwei Monate später starb eine weitere Person bei einem Feuer an Bord der „Red Sea Aggressor I“. Am 01. November brach im Salon ein Feuer aus und nur 30 der 31 Personen an Bord konnten das Schiff verlassen [24].

Ein weiteres Jahr später, am 19. April 2022 brach ein weiteres Feuer aus. Diesmal war die „Scuba Scene“ betroffen und sank. Alle Gäste und Besatzungsmitglieder konnten evakuiert werden [25].

Nur einen Monat später, am 09. Mai 2022 lief in Mexiko die „Socorro Vortex“ auf die Küste der Insel Socorro. Alle 14 Gäste und 11 Besatzungsmitglieder evakuierten das Schiff und kamen ohne Verletzungen an Land [26].

Am 30. Oktober 2022 lief die „Seawolf Felo“ auf ein Riff und sank durch den resultierenden Wassereintritt. Auch hier gab es nur leicht Verletzte [27].

Im Frühling 2023 kenterte die „Carlton Queen“ am 24. April. Das Schiff begann die Fahrt bereits mit Krängung, welche mutmaßlich durch weiteren Stabilitätsverlust zu der Kenterung führte. Die Gäste und Crew verließen das Schiff. Es gab nur leichte Verletzungen [28]. Hiermit begann im Jahr 2023 eine regelrechte Unfallserie.

Nur fünf Tage nach der „Carlton Queen“ kenterte die „Dream Keeper“ am 30. April in einer Böe. 4 vermisste Personen wurden trotz intensiver Suche nicht gefunden [29]. Nach einer Woche erklärte man die Vermissten für tot, suchte aber dennoch weiter nach ihnen [30].

Als nächstes lief die „Sea Flower“ am 17. Mai im Nebel auf ein Riff. Alle an Bord verließen das Schiff, nachdem vergeblich versucht wurde, es mit Hilfe der Beiboote und eigener Kraft von dem Riff zu lösen [31].

Kurz darauf kam die „Omneia Soul“ am 29. Mai nachts mit einem Riff in Kontakt, nachdem eine Ankerleine gerissen war. Alle Personen wurden auf ein anderes Schiff evakuiert. Das Schiff sank nicht [32].

Einen Monat später, am 7. Juni, lief in der Nacht die „New Dream“ gegen ein Riff und sank. Besatzung und Gäste wurden von einem anderen nahen Tauchsafarischiff aufgenommen [33].

Zuletzt brannte die „Hurricane“ am 11. Juni vollständig ab. Dabei konnten sich nur 12 der 15 Gäste retten. So überlebten von 30 Personen nur 27. Drei britische Gäste starben [34]. Zu diesem Unfall ist die Marine Accident Investigation Branch (MAIB) informiert und der britische Staat für die Untersuchung durch die ägyptischen Behörden als Staat mit besonderem Interesse eingetragen.

Zur Übersichtlichkeit sind in Tabelle 1 nochmal die Kenndaten zusammengefasst. Im folgenden Abschnitt werden diese Unfälle statistisch ausgewertet.

Name	Datum	mögliche Ursache	Unfallort	Tote
Dolce Vita	20.09.2006	Grundberührung	Shaab Sharm, Ägypten	0
Heaven Diamond	30.09.2008	Feuer	Hurghada, Ägypten	0
Choke Somboon	08.03.2009	Stabilitätsmangel	Patong Beach, Thailand	7
Coral Princess	19.11.2009	Stabilitätsmangel	Naama Bay, Ägypten	2
Emperor Fraser	13.12.2009	Grundberührung	Wrack der SS Dunraven, Ägypten	0
Mandarin Siren	29.11.2011	Feuer	Raja Ampat, Indonesien	0
Oriental Siren	07.06.2012	Wassereinbruch	Layang Layang/ shallow reef	0
Little Princess	16.04.2013	Stabilitätsmangel	Tachai Island, Thailand	0
Aladdin	29.01.2014	Stabilitätsmangel	Tachai Island, Thailand	0
Bunmee I	01.02.2014	Feuer	Hin Daeng, Thailand	0
Blue Star	09.02.2014	Feuer	Nyaung Oo Phee Island, Myanmar	0
Blue Melody	28.07.2014	Feuer	Wrack der Thistlegorm, Ägypten	0
Choke Somboon 15	12.09.2014	Feuer	Phuket, Thailand	0
Wind Dancer	29.04.2015	Grundberührung	Chatham Bay, Costa Rica	0
Palau Siren	03.08.2015	Grundberührung	Palau	0
Overseas	13.05.2017	Feuer	Hurghada, Ägypten	0
Chok Thara 2	26.07.2017	Stabilitätsmangel	Ko Kalok, Thailand	5
Fiji Siren	15.11.2017	Wassereinbruch	Namena, Fidschi	0
WAOW	31.01.2018	Feuer	Cenderawasih-Bucht, Indonesien	0
Majestic Explorer	31.05.2019	Grundberührung	Santiago Island, Ecuador	0
Conception	02.09.2019	Feuer	Kanalinseln, Kalifornien	34
Red Sea Agressor I	01.11.2019	Feuer	Marsa Alam, Ägypten	1
Scuba Scene	19.04.2022	Feuer	Hurghada, Ägypten	0
Socorro Vortex	09.05.2022	Grundberührung	Socorro, Mexiko	0
Seawolf Felo	30.10.2022	Grundberührung	Abu Nuhas, Ägypten	0
Carlton Queen	25.04.2023	Stabilitätsmangel	Abu Nuhas, Ägypten	0
Dream Keeper	30.04.2023	Stabilitätsmangel	Tubbataha-Riff, Philippinen	4
Sea Flower	17.05.2023	Grundberührung	Rotes Meer, Ägypten	0
Omneia Soul	29.05.2023	Grundberührung	Rotes Meer, Ägypten	0
New Dream	07.06.2023	Grundberührung	Marsa Alam, Ägypten	0
Hurricane	11.06.2023	Feuer	Marsa Alam, Ägypten	3

Tabelle 1: Übersicht der berücksichtigten Unfälle

Am 28. Oktober 2023 ist in Ägypten erneut ein Schiff stark beschädigt worden, nachdem die Festmacherleinen in einem Gewitter gerissen sind. Alle Personen an Bord der „Emperor Echo“ konnten das Schiff verlassen [35]. Dieser Unfall wird in der Analyse nicht mehr berücksichtigt, da er nach der Erstellung der Statistik aufgetreten ist. Dennoch sollte er hier erwähnt werden.

### 3. Statistische Auswertung

Zur Auswertung dieser 31 Unfälle wurde Excel verwendet. Dabei sollten die gefährlichsten Ursachen gefunden werden, um herauszufinden, welche Vorschriften möglicherweise unzureichend sind oder nicht ausreichend durchgesetzt werden.

Es handelt sich hierbei nur um einen kleinen Teil der tatsächlichen Unfälle. Die Datenbanken der Länder sind leider nur in der jeweiligen Landessprache existent, wie die des thailändischen Marine Department [36], welche nicht gefunden wurde, da die Webseite nur teilweise übersetzt wurde, oder nicht öffentlich ist, wie bei der Egyptian Authority for Maritime Safety [37]. Auf Nachfragen in diese Richtung wurde bisher leider nicht reagiert [38] [39]. Solche Berichte nicht zu veröffentlichen ist für Unfälle, welche nicht besonders schwerwiegend sind, erlaubt. [40, Chapter 14.1]. Besonders schwerwiegende Unfälle beinhalten alle Unfälle, bei welchen das Schiff verloren geht, eine Person stirbt oder die Umwelt schwere Schäden davonträgt [40, Chapter 2.22]. Bei solchen schweren Unfällen müssen die offiziellen Unfalluntersuchungsberichte an die IMO weitergeleitet werden. Generell ist die Untersuchung von besonders schweren Schiffsunfällen für alle Mitgliedsstaaten der IMO verpflichtend [40, Chapter 6]. Die Erstellung solcher Berichte kann allerdings einige Zeit beanspruchen, weswegen bei den Unfällen aus späteren Jahren noch keine Berichte vorliegen müssen. Aufgrund dieser schwierigen Umstände bei der Datenbeschaffung offizieller Informationen wurde wahrscheinlich eine große Zahl an Unfällen nicht gefunden. Daher sind die Daten, die gefunden wurden, nicht vollständig zuverlässig.

Aufgrund des Brands der „Conception“ hat das NTSB eine Analyse von kleinen Passagierschiffen, welche in den vereinigten Staaten von Amerika (USA) fahren, durchgeführt. Laut dieser machen Tauchsafarischniffe 7,5% der Unfälle in dieser Fahrzeugkategorie in den USA aus (siehe Tabelle 2). Dabei machen tödliche Unfälle auf Tauchsafarischniffen für das Tauchen 9% der gesamten Opfer aus. Es ist hier anzumerken, dass in der gesamten Statistik 24% der Opfer nicht im Zusammenhang mit Schiffsunfällen stehen und ganze 47,8% der Opfer bei Tauchschiffen sind nicht mit Schiffsunfällen in Verbindung zu bringen [23, S. 84+85]. Das bedeutet, dass diese Personen nicht durch einen Schiffsunfall, sondern durch einen anderen Unfall gestorben sind. Zum Beispiel ist ein großer Teil der Todesfälle auf Tauchbooten nicht einem Unfall des Bootes sondern einem Tauchunfall zuzuordnen. Generelle Aussagen über die Gefahr auf amerikanischen Tauchbooten wurden durch das NTSB nicht getroffen, da keine Aufschlüsselung der Anzahl von Schiffen nach Typ aufgrund von fehlenden Zahlen möglich ist. Zusätzlich zu den fehlenden Zahlen sind die Daten zu kleinen Passagierschiffen unvollständig und inkonsistent [23, S. 86].

**Table 5.** Number of small passenger vessels by initial event type based on the NTSB classification's ten most common vessel types

NTSB Classification of Initial Event Types	General	Ferry	Excursion/Tour Vessel	Diving Vessel (Recreational)	Charter Fishing Vessel	Amphibious Vessel	Sailing Vessel	Crew Boat	Offshore Supply Vessel	Water Taxi	All others	Total	Percent
Hull/Machinery/Equipment Damage	3,593	710	421	65	157	291	85	92	266	92	266	5,837	67.0
Contact/Grounding/Stranding	1,204	16	157	20	39	21	70	76	40	29	108	1,900	21.8
Collision	202	20	26	4	8	2	4	19	16	16	11	328	3.8
Fire/Explosion	108	10	14	1	6	1	4	10	4	2	12	172	2.0
Others <sup>41</sup>	109	7	8	4	3	0	1	9	8	2	10	161	1.8
Vessel Maneuver <sup>42</sup>	98	5	16	2	2	1	5	1	4	2	7	143	1.6
Flooding	88	7	10	1	7	4	3	4	4	1	8	137	1.6
Capsizing/Listing	20	0	5	0	2	0	1	1	0	1	4	34	0.4
Total	5,422	985	657	97	224	320	173	212	141	145	426	8,712	100
Percent of Total	62.2	10.3	7.5	1.1	2.6	3.7	2	2.4	1.6	1.7	4.9	100	

Tabelle 2: Anzahl von kleinen Passagierschiffen nach Ursache aufgrund der 10 häufigsten Typen [23, S. 86]

Die statistische Analyse für diese Arbeit muss zum Teil mit zwei verschiedenen Datensätzen durchgeführt werden, da der Brand der „Conception“ im Jahr 2019 einen Ausreißer in den Daten darstellt. Dieser Punkt sorgt für Abweichungen der Mittelwerte und kann dadurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu anderen Statistiken bei einem so kleinen Datensatz reduzieren. Daher wird für die späteren Vergleiche zum Teil ein Datensatz ohne dieses Unglück verwendet. Allerdings muss der Brand in der Statistik auftauchen, da er mehr Todesopfer als alle anderen Unfälle zusammen gefordert hat und somit auch eine große Relevanz besitzt. Wenn der Datensatz ohne diesen Unfall verwendet wurde, ist dies in den Diagrammen und Berechnungen durch ein „NoCon“ gekennzeichnet.

Durch die geringe Anzahl an Datenpunkten, welche sich auch stark voneinander in der Anzahl der Personen, der Gäste und Opfer unterscheiden, kommt es zu hohen Standardabweichungen zu den arithmetischen Mitteln, was eine klare Aussage erschwert.

Wenn die Anzahl der Besatzungsmitglieder in den verfügbaren Daten fehlt, wird diese mit mindestens 4 angenommen, wenn dadurch die restlichen Daten über Personen an Bord ergänzt werden. Es wird von einer Person als Steuermann und Kapitän, einem Maschinisten, einem Tauchguide und einer Person um die Gäste zu versorgen ausgegangen. Bei mindestens 20 Gästen wird eine zweite Person für die Versorgung der Gäste zu der Annahme hinzuge-

fügt, was diese auf 5 Besatzungsmitglieder erhöht. Dies wird nur an Stellen verwendet an denen Informationen zu der Anzahl der Gäste oder aller Personen bereits vorhanden sind. Im folgenden Abschnitt werden die Unfälle nach Jahren ausgewertet.

### 3.1. Auswertung nach Jahren

Unglücke von 2006 bis 2023 werden nach Jahren in Klassen eingeteilt und die absoluten Häufigkeiten aufgeführt (Abb. 1). Hierbei zeigt sich sehr schnell, dass in den Jahren 2014

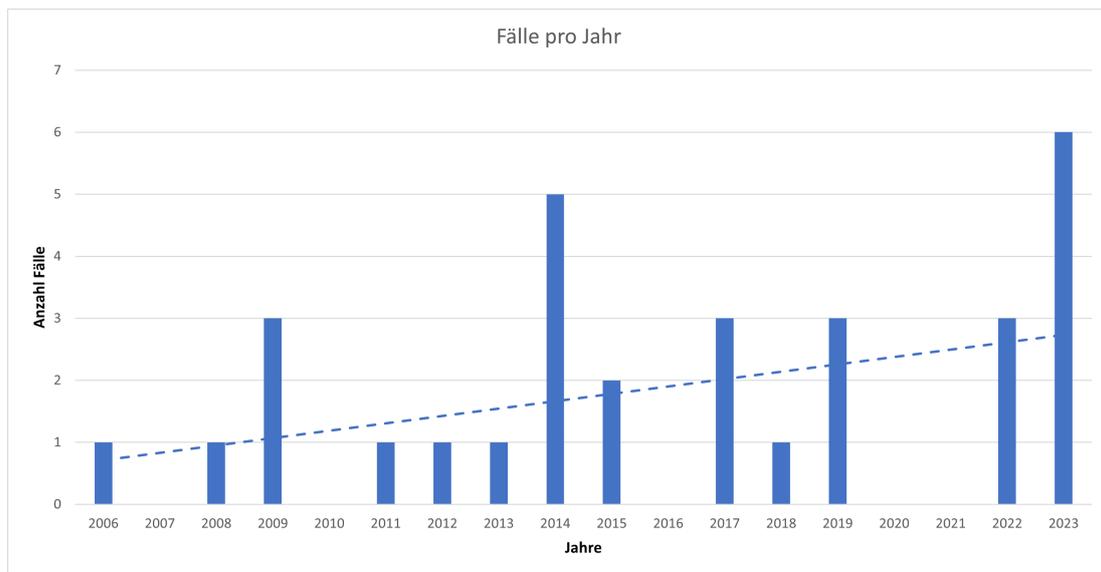


Abbildung 1: Fälle pro Jahr

und 2023, welches bis zum Berichtzeitpunkt noch nicht beendet ist, die meisten Schiffe verunglückt sind. 2014 kam es vermutlich nicht zu einer Untersuchung des Gesamtbildes, da keine Todesopfer gemeldet wurden und eines der Schiffe lediglich im Hafen abgebrannt ist. Die Lücke in den Unfällen 2020 und 2021 lässt sich wahrscheinlich zum Teil auf die Corona-Pandemie zurückführen, welche den weltweiten Tourismus zum Erliegen gebracht hat [41]. Dennoch ist es möglich, dass in diesen Jahren, wie auch in den Jahren 2007, 2010 und 2016 keine Unglücke mit medialer Relevanz aufgetreten sind. Doch trotz des Einbruchs sieht man einen Anstieg der Unfallhäufigkeit über die Jahre.

Um eine klare Entwicklungstendenz herauszuarbeiten, wird eine Regressionsgerade ermittelt[42, S.43]. Daraus ergibt sich für diese Daten eine Geradengleichung von  $y = 0,119x - 237,36$  welche in Abb. 1 gestrichelt dargestellt wird. Das bedeutet, dass im Durchschnitt alle 8,4 Jahre ein Unfall mehr geschieht. Diesen Anstieg kann man aber auch dadurch erklären, dass nun die Opfer durch soziale Medien leichter Aufmerksamkeit generieren können. Eine weitere Möglichkeit den Anstieg gerade in den letzten Jahren zu erklären, kann auch der fehlende Umsatz in den Jahren der Pandemie sein. Durch diese Geldprobleme könnte es zu Unzulänglichkeiten in der Wartung, Ausbildung und der Bereederung gekommen sein.

Die jährliche Unfallhäufigkeit liegt mit 1,72 Fällen pro Jahr über dem erwarteten Wert. Die Standardabweichung ist mit einem Wert von 1,78 hoch, da wenige Daten vorhanden sind

und dadurch die Datenpunkte in 2014 und 2023 Extremwerte in die Statistik einbringen. Der folgende Abschnitt wertet die betrachteten Unfälle nach ihrer Art aus.

### 3.2. Auswertung nach Unfallart

Für die Auswertung der Unfälle werden diese in vier Ursachen eingeordnet. Diese Ursachen sind:

- Feuer: Feuer ist an Bord ausgebrochen (am häufigsten im Maschinenraum)
- Stabilitätsmangel: Schiff hat unzureichende Stabilität und kentert (im Sturm oder auch bei Flaute)
- Wassereinbruch: Wassereinbruch unbekanntes Ursprungs, aber nicht aufgrund von Grundberührung.
- Grundberührung: Grundberührung mit einem Felsen oder Riff, meist mit einem Wassereinbruch verbunden.

Im Anschluss wird zu diesen Kategorien die absolute und relative Häufigkeit ermittelt (Tabelle 3).

Ursache	Anzahl dieser Art	% aller Unfälle
Feuer	12	38,7%
Grundberührung	10	32,3%
Stabilitätsmangel	7	22,6%
Wassereinbruch	2	6,5%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>31</b>	

Tabelle 3: Häufigkeit nach Ursache

Wassereinbrüche aufgrund von Grundberührungen kommen wahrscheinlich häufig vor, da diese Schiffe sehr nah an Riffen und flachen Gewässern arbeiten, da man genau an diesen Orten gut tauchen kann. Mit zehn Unfällen ist dies die zweithäufigste Ursache. Dies stellt einen Anteil von 32% dar. Feuer könnten durch die zusätzliche Ausrüstung für das Tauchen erklärt werden, doch die Orte an denen die Feuer ausbrechen sind meist der Maschinenraum oder der Salon, was gegen diese These spricht. Diese Kategorie ist mit 12 Unfällen (39%) die häufigste Ursache. Stabilitätsmangel ist ein weiterer häufiger Grund für das Sinken von Tauchsafarischiffen. Schiffe sind normalerweise für Winddrücke bis  $504 Pa$  ausgelegt [43, Chapter 3.2.2.2], was einer Windgeschwindigkeit von  $31 m/s$  entspricht [44]. Doch es darf nicht vorkommen, dass ein Schiff ohne starke Winde oder andere klare Gründe wie Wassereinbruch kentert, auch wenn dies mit 6% der Unfälle selten vorkommt. Bei Wassereinbrüchen ohne Grundberührung sind einige Möglichkeiten, denkbar zum Beispiel eine Rumpfschwäche, welche nachgibt, oder Wellen, welche Wasser an Deck und durch undichte Öffnungen drücken.

Die Folgen der Unfälle lassen sich recht simpel aus den Ursachen ableiten. Nur wenige Schiffe gehen nicht vollständig verloren. So erkennt man, dass nur 3 Schiffe nicht sinken (Tabelle 4). Das Feuer auf „blue Melody“ konnte durch die Besatzung gelöscht werden. Die

Folge	Anzahl von Folge	% aller Unfälle
Abbruch der Fahrt	1	3,2%
abgebrannt	11	35,5%
auf Riff festgefahren	1	3,2%
gelöscht	1	3,2%
Kentern	7	22,6%
Sinken wegen Wassereintrich	10	32,3%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>31</b>	

Tabelle 4: Häufigkeit nach Folge

„Wind Dancer“ musste nach einer Grundberührung die Fahrt abbrechen und kehrte in den nächsten Hafen ein. Wohingegen die „Sea Flower“ nur nicht sank, da sie auf dem Riff, gegen das sie gefahren war, festsaß und sich nicht selbst lösen konnte. Einige der Schiffe wurden im Anschluss geborgen und wieder repariert. So nimmt zum Beispiel die „Omneia Soul“ wieder regelmäßig Gäste an Bord [45]. Nach der Auswertung in Bezug auf die Ursachen und Folgen für die Fahrzeuge widmet sich der nächste Abschnitt den Unfallopfern.

### 3.3. Auswertung der Opferzahlen

Im arithmetischen Mittel werden pro Jahr 3,39 Personen auf Tauchsafarischniffen schwer verletzt oder sterben, doch aufgrund der „Conception“ als Ausreißer erhält man hier eine große Standardabweichung von 8,59 Toten und Schwerverletzten pro Jahr. Dies lässt an der Aussagekraft des Mittelwertes zweifeln. Daher wird für den Vergleich der Mittelwerte auch ein Mittelwert ohne die „Conception“ angegeben. Dieser ergibt 1,44 Tote und Schwerverletzte mit einer Standardabweichung von 2,75 Toten und Schwerverletzten pro Jahr. Auch dieser Wert ist noch hoch, aber im Vergleich deutlich geringer. Der Mittelwert mit der „Conception“ beschreibt die derzeitige Situation etwas besser, da diese Datenmenge die tatsächliche Datengesamtheit abbildet. Allerdings ist der Wert ohne „Conception“ deutlich sinnvoller für Vorhersagen, doch für genaue Aussagen ist auch hier die Standardabweichung zu hoch. Für eine genauere Analyse der Verlässlichkeit der Daten müsste eine Varianzanalyse mit einem t-Test durchgeführt werden, was für diese Arbeit zu weitreichend wäre. Bei Passagierschniffen in Europa liegt der Mittelwert der Toten pro Jahr bei 5,5. Dies ist allerdings aufgrund der deutlich größeren Anzahl an Passagieren, welche mehrere hundert Millionen pro Jahr beträgt, nicht gut vergleichbar [46].

Ähnliches gilt auch für die Auswertung der Zahl der Toten und Schwerverletzten pro Unfall. Hierbei erhält man ein Mittel von 1,97 Toten und Schwerverletzten pro Unfall und eine Standardabweichung von 6,37 Toten und Schwerverletzten pro Unfall, wenn man die „Conception“ mit einbezieht. Wenn dieser Unfall nicht mitberücksichtigt wird, erhält man einen Mittelwert von 0,87 Toten und Schwerverletzten pro Jahr mit einer Standardabweichung von 1,78 Toten und Schwerverletzten pro Jahr.

Bei der Beurteilung der Toten prozentual zu den an Bord befindlichen Personen erhält man mit der „Conception“ einen Durchschnittswert von 5,8% und eine Standardabweichung von 16,8%. Auch hier lässt sich durch die hohe Varianz nur eine unsichere Aussage treffen. Ohne den Unfall der „Conception“ liegt der Mittelwert bei 3,1% und die Standardabweichung bei 7,6%.

Die Vermutung, dass eine kleinere Besatzung im Verhältnis zur Gästezahl zu mehr Toten führt, wird aufgestellt und im Anschluss überprüft. Hierfür wird zunächst ein Verhältnis zwischen der Anzahl an Gästen und der Anzahl an Crewmitgliedern an Bord erstellt. Dieses wird dann in Abb. 2 mit den Toten in Prozent aller Personen an Bord ausgewertet. Dafür werden nur Unfälle verwendet, bei denen das Verhältnis zwischen Gästen und Besatzung bekannt ist.

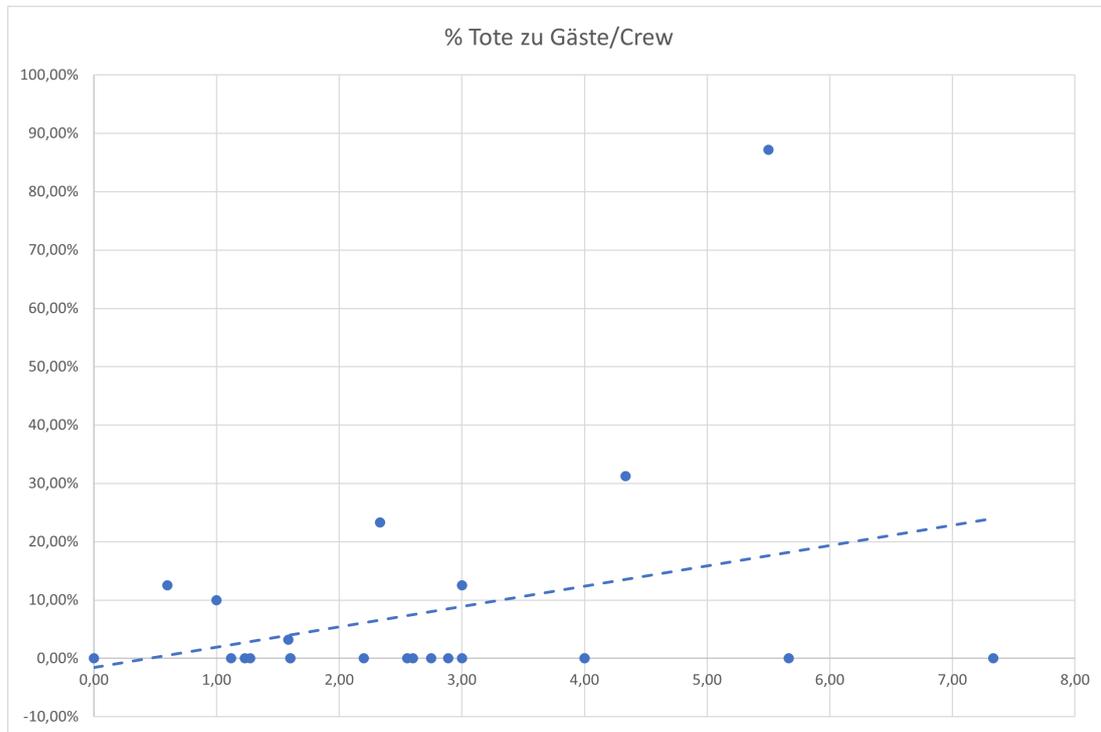


Abbildung 2: Tote aller Personen an Bord im Verhältnis zur Anzahl Gäste pro Besatzungsmitglied

Hier lässt die Trendlinie eine Proportionalität vermuten. Um diese Vermutung zu überprüfen wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet [42, S.36]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.1)$$

Dieser liefert einen Wert von 0,322 mit der „Conception“ was auf eine vorhandene aber geringe Korrelation hinweist. Wird dieser Unfall allerdings aus den Daten gestrichen, erhält man einen Korrelationskoeffizient von 0,09, was keine Korrelation bedeuten würde. Demnach ist der Einfluss, den das Verhältnis von Besatzung zu Gästen auf die Anzahl der Toten im Verhältnis zu allen Personen an Bord hat, nur sehr gering, insofern es überhaupt einen Einfluss gibt, obwohl dies nahe liegen würde. Es wird angenommen, dass eine gute Ausbildung der Crew bedeutend wichtiger für die Überlebenschancen ist.

Die Aufschlüsselung der Toten und Verletzten nach Art des Unfalls stellt auch eine interessante Analyse dar. Die meisten Personen sterben bei Feuern an Bord. Doch diese Zahl

wird durch die „Conception“ Tragödie dominiert. Von den insgesamt 43 Toten und Schwerverletzten stammen bereits 35 von dem Unfall der „Conception“. Über die Hälfte aller Feuer gehen dagegen ohne Opfer aus. In Abb. 3 werden die Opferzahlen weiter in Kategorien aufgeteilt.

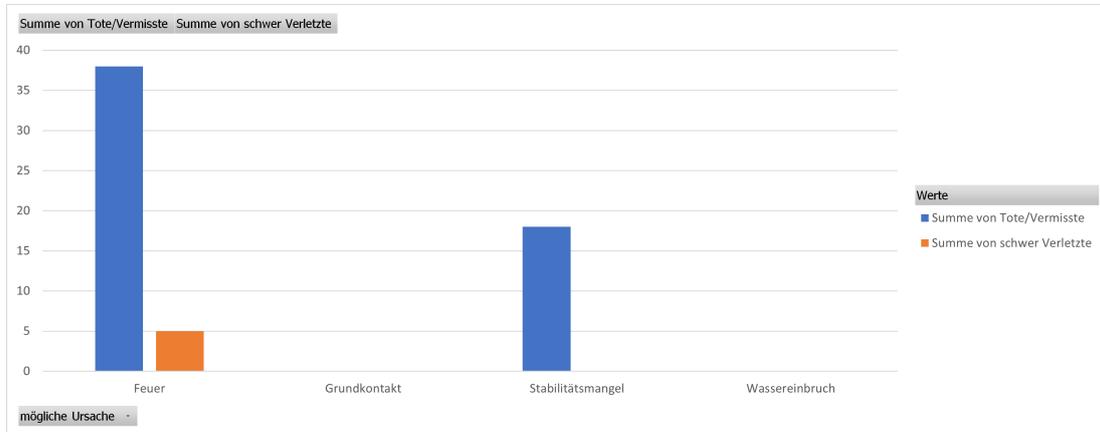


Abbildung 3: Opfer nach Unfallkategorie

Stabilitätsmangel ist mit 18 Toten die zweitgefährlichste Ursache. Hierbei ist anzumerken, dass ein großer Teil der Unfälle dieser Kategorie auch Todesopfer gefordert hat (siehe Abb. 4).

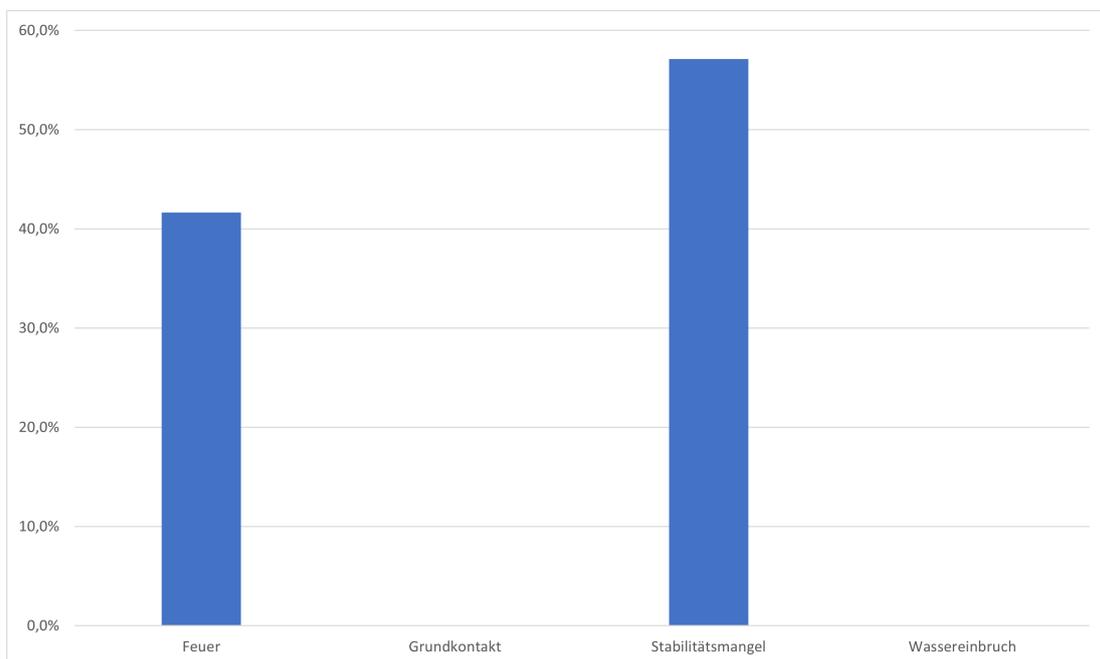


Abbildung 4: Unfälle mit Opfern nach Art

Im Gegensatz zu Feuern, bei denen in 41,7% der Unfälle Todesopfer zu beklagen sind,

gibt es bei Stabilitätsmangel in 57,1% der Fälle Todesopfer. Besonders in Stürmen ist dies tödlich. Daher kann man diese Unfallkategorie als ähnlich gefährlich einschätzen. Ohne Berücksichtigung des „Conception“ Unglücks ist diese Kategorie auch die mit den meisten Todesopfern.

Auch der Unfallort ist im Rahmen dieser Analyse interessant, da dies gegebenenfalls Rückschlüsse auf regionale Probleme erlauben könnte. Dieser Aspekt wird im nachfolgenden Kapitel betrachtet.

### 3.4. Auswertung nach Unfallort

Bei den Unfallorten stechen zwei Regionen hervor: Einerseits das ägyptische Rote Meer und andererseits die südostasiatischen Inselstaaten. In Abb. 5 stehen blaue Markierungen für

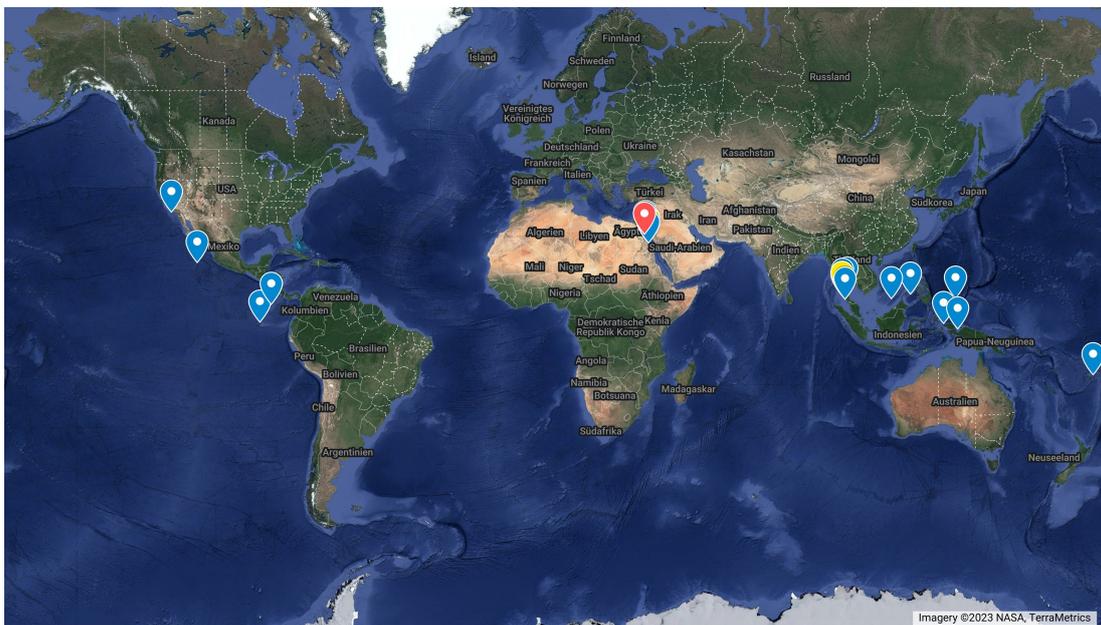


Abbildung 5: MapsData: Google 2023, Unfallkarte weltweit

einen Unfall, gelbe für zwei und rote für drei Unfälle am markierten Ort. Es wurden die Orte markiert, die am nächsten bei der letzten bekannten Position oder in der Nähe des Unfallortes liegen.

Man kann sehr schnell eine Verbindung zwischen den Unfallorten und den beliebtesten Tauchgebieten herstellen. Alle Unfallorte liegen nahe der beliebtesten Tauchsafariziele [47]. An diesen Orten werden auch die meisten Tauchsafarischniffe betrieben. Daher liegt es nahe dass hier die meisten Unfälle auftreten. Es gibt allerdings auch sehr beliebte Regionen an denen keine oder nur wenige Unfälle zu verzeichnen sind. Hier liegt die Vermutung nahe, dass dort strengere Vorschriften gelten oder die geltenden Vorschriften besser eingehalten werden. Zu diesen Orten gehört beispielsweise die Karibik oder das Great Barrier Reef in Australien. Das Rote Meer vor Ägypten hat mit 13 betrachteten Unfällen die größte Unfalldichte (siehe Abb. 6). Hier kann die große Beliebtheit allein nicht die Anzahl der Unfälle erklären, da diese 42% aller gefundenen Unfälle ausmachen, obwohl nur etwa ein Fünftel

der weltweiten Tauchsafarischiffe dort operieren [48] [49]. Daher fokussiert sich die weitere Analyse hauptsächlich auf Ägypten und die Inseln Südostasiens.



Abbildung 6: MapsData: Google 2023, Unfallkarte Ägypten

Zur weiteren Einordnung werden die bis jetzt ermittelten Statistiken im folgenden Abschnitt mit der weltweiten Schifffahrt verglichen.

### 3.5. Vergleiche mit der weltweiten Schifffahrt

Für den Vergleich mit weltweiten Daten wird zunächst eine Statistik der Allianz Versicherung verwendet. Um die Anzahl der Unfälle bei Tauchsafarischiffen pro Jahr mit der weltweiten Schifffahrt zu vergleichen, kann man die Anzahl der Unfälle pro Jahr in Relation zu der Anzahl an Schiffen, die derzeit fahren, setzen. Bei der Schifffahrt fahren derzeit über 100.000 Schiffe mit einer Bruttoreaumzahl über 100 [vgl. 50, S.33] und dies bei ungefähr 3000 Unfällen pro Jahr [vgl. 51, S.18] und nur 38 Schiffsverlusten im Jahr 2022 [vgl. 51, S.14]. Das bedeutet, dass 1 Schiff aus 37 jedes Jahr einen Unfall meldet und 1 Schiff aus 1275 vollständig verloren geht. Daten zur Anzahl an Tauchsafarischiffen reichen von weltweit 255 bei dem größten Anbieter für Tauchsafarireisen PADI [48] bis 866 - 1096 bei einer Schätzung von Experten. Für die Berechnung wird nicht die maximale Zahl der Schätzung verwendet, da nicht alle Tauchsafarischiffe auch operieren [49]. Dies ermöglicht keine klare Aussage über die Anzahl an Schiffen, da wahrscheinlich ein Reiseveranstalter nicht alle Schiffe anbietet und auch bei der Schätzung große Varianz enthalten ist. Dennoch kann man aus der Schätzung einen minimalen Wert erhalten, mit dem verglichen werden kann. Bei 866 Schiffen

weltweit erhält man das 1 Schiff aus 503 jedes Jahr sinkt. Dies sind bedeutend mehr als in der weltweiten Schifffahrt auch bei einer groben Abschätzung, die im Vergleich zu den Online angebotenen Tauchsafarischniffen dennoch hoch ist, insbesondere da eine nicht zu ignorierende Anzahl an Tauchsafariunfällen in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden können.

Wenn man die Unfallursachen der weltweiten Schifffahrt im Einzelnen betrachtet, ergeben sich Brände an Bord mit 14,4% von 807 Totalverlusten nur als dritt häufigste Ursache für Schiffsverluste zwischen 2013 und 2022. Der Hauptgrund für Schiffe zu unter zu gehen ist das Sinken nach Wasseraufnahme mit 53,8% [51, S. 15+18]. Dies kann unter anderem aufgrund von unzureichender Stabilität oder undichten Luken passieren. Darauf folgend ist Grundberührung für etwas mehr Verluste verantwortlich. Mit 17% erreicht diese Ursache den gleichen Platz in der Häufigkeit der Unfallursachen wie bei den Tauchsafarischniffen. Dies ist angesichts der Nähe zu Riffen bei den Fahrtgebieten von Tauchsafarischniffen erstaunlich. Man muss hierzu anmerken, dass die Zahl der Verluste von Jahr zu Jahr geringer wird. Dabei sind fast alle Unfallursachen in der weltweiten Schifffahrt rückläufig. Allerdings sind die absoluten Zahlen der Verluste durch Feuer und Explosionen relativ konstant geblieben (siehe Abb. 7). Dahingegen steigt die Häufigkeit von Unfällen auf Tauchsafarischniffen.

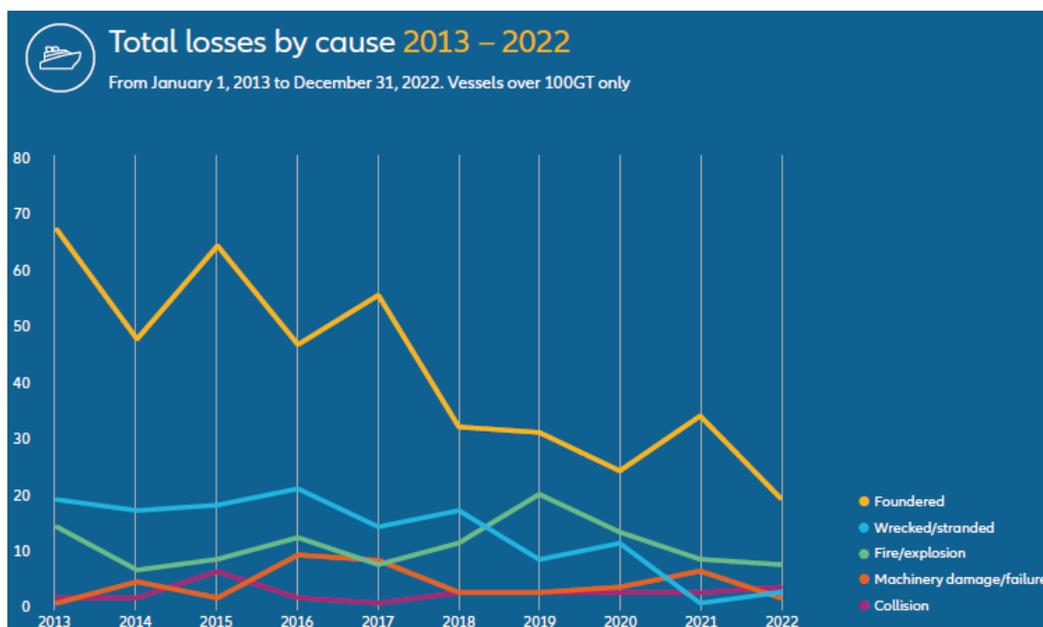


Abbildung 7: Schiffsverluste nach Ursache [51, S.15]

Diese Werte lassen sich sehr gut mit den für Tauchsafarischniffen vorhandenen Werten vergleichen, da es sich bei den Tauchsafariunfällen meist um untergegangene Schiffe handelt. Auch wenn diese teilweise wieder geborgen wurden, ist es sinnvoller, die Tauchsafarischniffsunfälle mit Schiffsverlusten zu vergleichen, als diese mit der Gesamtheit der gemeldeten Unfälle in der internationalen Schifffahrt in eine Relation zu setzen. Der European Maritime Safety Agency (EMSA) zufolge sind die Meldungen durch kleinere und nicht kritische Unfälle geprägt [52, S. 12]. Diese kleineren Unfälle fehlen in der Statistik zu Unfällen mit Tauchsafarischniffen. Laut Tauchforen wie ScubaBoard gibt es hin und wieder auch kleinere

Unfälle, die nicht in die Medien gelangen [53]. Am besten wäre es, die Schiffsverluste mit anderen schweren Unfällen zu kombinieren, doch dazu gibt es keine gesonderte Statistik. Man kann dies beispielsweise aus der Statistik der EMSA herausarbeiten, doch diese ist nicht weltweit gültig.

Unter Sinken nach Wasseraufnahme fallen die Kategorien Stabilitätsmangel und Wassereinbruch der Analyse der Unfalldaten, doch wenn man diese addiert, erhält man nur einen Gesamtwert von 29%. Auch dieser Wert ist noch deutlich unter dem Anteil, den Wasseraufnahme als Grund bei großen Schiffen annimmt (53,7%). Beim Vergleich der Daten zu Feuern fällt auf, dass diese fast dreimal so häufig bei Tauchsafarischiffen (38,7%) auftreten als bei anderen Schiffen (14,4%). Gestrandete Schiffe belegen in beiden Statistiken den zweiten Rang in der relativen Häufigkeit mit 32% bei Tauchsafarischiffen und 17% bei großen Schiffen [51, S. 15]. Hierzu muss angemerkt werden, dass Kollisionen, Rumpfschäden und einige weitere Gründe in der Statistik der Allianz zusätzlich aufgeführt werden, welche in der Statistik zu Tauchsafarischiffen nicht aufgeschlüsselt oder aufgeführt sind.

Zur Einordnung der Opfer wurde der „Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2022“ der EMSA verwendet, da sich die Allianz nicht mit Todesopfern und Verletzten beschäftigt. Dieser bezieht sich auf Schiffe, welche unter der Flagge eines Europäischen Union (EU)-Staates fahren, Unfälle innerhalb von Gewässern von EU-Staaten oder Gewässern, die nach dem Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen EU-Staaten zugeordnet werden, oder Unfälle an denen EU-Staaten ein hohes Interesse haben [52, S. 11]. Aus dieser ergibt sich, dass pro Jahr im Durchschnitt 70 Personen in den Jahren 2014 - 2022 bei Schiffsunfällen ums Leben gekommen sind [52, S. 26]. Das sind bei 2.647 Unfällen pro Jahr [52, S. 12] 1 Toter alle 37,8 Unfälle. WStellt man die gleiche Berechnungen für Tauchsafarischiffe an, so erhält man 2 Tote pro Unfall, wenn man die „Conception“ hinzunimmt. Wenn dieser Unfall nicht berücksichtigt wird erhält man einen Toten alle 1,2 Unfälle. Dies weist auf eine beträchtliche Sicherheitslücke bei Tauchsafarischiffen hin.

Der hohe Anteil von geschultem Personal bei einem geringen Anteil an Passagieren bei großen Schiffen [52, S. 26] führt dazu, dass die meisten Todesopfer auch Mitglieder der Besatzung sind. Die große Anzahl an geschulten Personen führt auch zu einer Reduktion der Todesopfer gesamt.

Auf großen Schiffen sterben in fast der Hälfte aller Todesfälle Personen durch Ausrutschen und Stürzen [52, S.27]. Dies ist an Bord von Tauchsafarischiffen bei den untersuchten Unfällen keine gesonderte Kategorie. Auch wenn es vorkommen kann, dass Personen im Verlauf des Unfalls aufgrund dessen versterben, gibt es keine Möglichkeit zu überprüfen, wie häufig dies vorgekommen ist. Diese Kategorie bildet zusammen mit anderen Kategorien eine Gruppe, welche hier als Unfälle im normalen Schiffsbetrieb zusammengefasst werden. Wenn diese Gruppe außer Acht gelassen wird, sterben im gesamten Zeitraum nur noch mindestens 84 Personen. Es könnten auch mehr sein, da die anderen Todesursachen grundsätzlich bei großen Unfällen auftreten können. Besonders Tote durch Feuer und Explosionen sind sehr selten. Im Gesamtzeitraum von 2014-2022 sind nur 10 Personen in der Handelsschiffahrt durch Feuer gestorben [52, S. 27], das sind 1,1 Tote pro Jahr. Hingegen sind 2,1 Personen pro Jahr durch Feuer auf Tauchsafarischiffen gestorben. Dass selbst der absolute Wert der Toten durch Feuer bei Tauchsafarischiffen höher ist als bei der Großschiffahrt, deutet auf erhebliche Sicherheitslücken hin, da auf allen großen Schiffen weltweit sehr viel mehr Personen beschäftigt sind als auf Tauchsafarischiffen.

Die ohne den „Conception“-Unfall tödlichste Kategorie, der Stabilitätsmangel, ist schwer

zu vergleichen, da die möglichen Todesursachen in der Statistik der EMSA in verschiedene Kategorie aufgeteilt wurden. Wenn man nur die Kategorie Überlaufen, Kentern, Lecks, Wasserfluss, Verdampfen, Emission von Flüssigkeiten beachtet, sterben dabei 31 Personen. Diese Kategorie beschreibt alle Tode durch ein und austretende Flüssigkeiten und Gase. Damit werden alle Todesfälle durch Ertrinken beim Kentern aufgeführt, allerdings auch viele weitere Fälle, die nichts mit Kenterungen zu tun haben. Im Gegensatz dazu gab es durch Stabilitätsmangel 18 Tote insgesamt. Bei den absoluten Werten muss beachtet werden, dass es sich um unterschiedliche Betrachtungszeiträume handelt. Der Betrachtungszeitraum über den diese Analyse stattgefunden hat, ist doppelt so lang wie der Zeitraum des EMSA Berichts. Wenn man dies berücksichtigt, erhält man 1 Toten durch Kentern auf Tauchsafarischniffen und 3,4 auf größeren Schiffen pro Jahr. Aus diesem Zusammenhang kann man aufgrund der großen Differenz der Vorfälle noch keine Rückschlüsse ziehen. Wenn man dies durch die Anzahl der Unfälle jedes Jahr dividiert, erhält man 0,58 Tote pro Jahr pro Unfall für Tauchschiffe und 0,001 für große Schiffe.

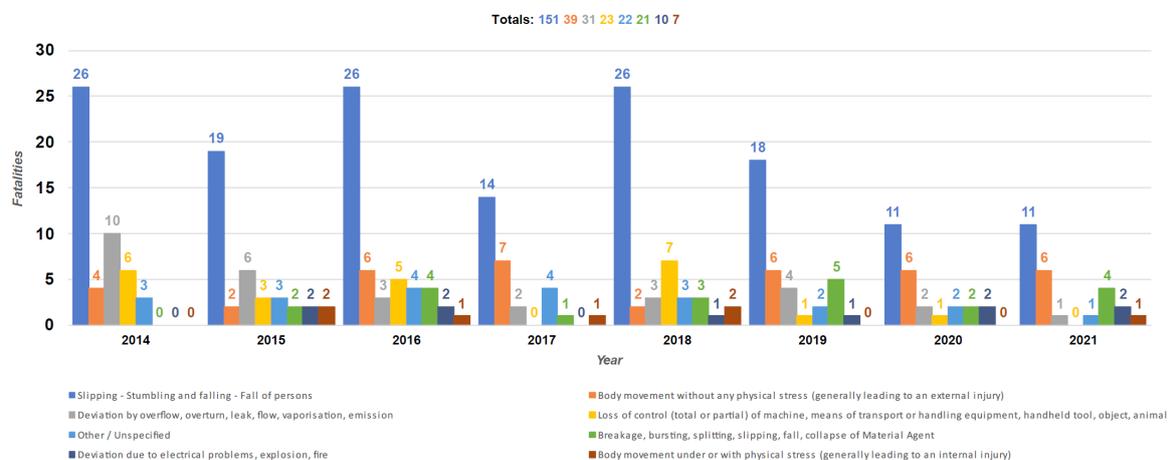


Abbildung 8: Tote nach Todesursache [52, S. 27]

Angesichts dieser signifikanten Unterschiede bei den Unfallzahlen werden die zugrundeliegenden Vorschriften im folgenden Abschnitt betrachtet.

## 4. Vorschriften

Weltweit gibt es eine große Anzahl an Vorschriften, welche von verschiedenen Organisationen und Staaten erstellt und deren Einhaltung überwacht werden. In diesem Kapitel sollen einige der relevanten Vorschriften zu den häufigsten Unfallursachen herausgearbeitet werden. Aufgrund der Häufigkeit von Unfällen im Zusammenhang mit Feuerschutz und Stabilität werden Vorschriften zu diesen Themen behandelt. Dazu wird eingeordnet, inwieweit diese Vorschriften für Tauchsafarischniffe gültig oder sinnvoll anwendbar sind. Die Vorschriften nach denen ein Schiff gebaut wird, werden im Normalfall aus verschiedenen anderen Vorschriften zusammengesetzt. Dabei stellt die IMO internationale Vorschriften auf, welche überall gültig sind. Dazu kommen weitere nationale Vorschriften. Aus diesen Regelungen erstellen Klassifikationsgesellschaften eigene Vorschriften, die alle benötigten erfüllen. Die-

se Vorschriften werden kontrolliert und erfüllen alle internationalen Regelungen und die Regelungen des Flaggenstaats, welcher die Klassifikationsgesellschaft beauftragt.

## 4.1. Vorschriften der IMO

Die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) ist ein Organ der Vereinte Nationen (UN) und reguliert weltweit die Seeschiffahrt. Alle Mitgliedsstaaten haben die IMO Konventionen ratifiziert und setzten diese in ihrem Land um. Diese Vorschriften gelten für alle Schiffe, welche bei der IMO registriert sind oder mit der Internationalen Schiffahrt in Kontakt kommen. Das Thema Schiffssicherheit ist bei der IMO unter anderem in der SOLAS-Konvention verankert.

### 4.1.1. SOLAS

Die SOLAS-Konvention ist eine UN-Konvention zum Schutz von Menschen auf See. Die SOLAS-Konvention entstand als Reaktion auf den Untergang der Titanic im Jahr 1912. Die derzeitige Version dieser Vorschrift wurde 1974 ratifiziert und seitdem immer wieder erweitert und verbessert. In 14 Kapiteln werden alle Teilgebiete der Schiffssicherheit abgedeckt. Sie ist generell für alle Schiffe gültig, die auf internationalen Fahrten fahren [54, Chapter I Part A Regulation 1]. Damit bildet die Konvention den Mindeststandard für alle größeren Handelsschiffe mit einer Bruttoreaumzahl von über 500 [54, Chapter I Part A Regulation 3]. Alle anderen Schiffe können die Vorschriften auf freiwilliger Basis umsetzen. Weitere Einschränkungen werden dabei für jedes Kapitel einzeln getroffen [54, Chapter I Part A Regulation 1]. Viele der Tauchsafarischiffe fahren nicht international, sondern bleiben in den Hoheitsgewässern ihres Heimatstaates, was dazu führt, dass die Konvention nicht verpflichtend ist. Des Weiteren gilt die SOLAS-Konvention nicht für Freizeit-Yachten, welche keinen Handel betreiben [54, Chapter I Part A Regulation 3]. Auch dies trifft auf Tauchsafarischiffe zu. Allerdings zählen Schiffe ab 12 Gästen zu den Passagierschiffen, was fast alle Tauchsafarischiffe betrifft, die in dieser statistischen Analyse betrachtet wurden. Daher wird erwartet, dass auch andere Tauchsafarischiffe zum großen Teil in diese Kategorie fallen. Bei Passagierschiffen gibt es im Gegensatz zu Handelsschiffen keine Mindestgröße. Der folgende Abschnitt behandelt die Vorschriften, welche für Passagierschiffe von der Größe typischer Tauchsafarischiffe gelten.

Der Brandschutz wird nach Alter des Schiffs vereinfacht, indem einzelne Teile für alte Schiffe nicht gelten [54, Chapter II-2 Regulation 1.2]. Zu Beginn beschäftigt sich die SOLAS-Konvention mit der Betrachtung von Zündwahrscheinlichkeiten und der Ausbreitung durch Luftzug und brennbare Materialien [54, Chapter II-2 Regulation 4-5]. Diese Thema wird hier nicht vertieft, da Tauchsafarischiffe zum Teil aus Holz gebaut werden. Holz wird nicht betrachtet, da in der SOLAS-Konvention von Stahlschiffen ausgegangen wird. Zusätzlich sind solche Betrachtungen nur sinnvoll, wenn der Aufbau und die verwendeten Materialien auf Tauchsafarischiffe bekannt sind, was jedoch meist nicht der Fall ist. Im Anschluss werden Feuermeldesysteme ausgearbeitet. Es werden Feuermelder in nicht durchgehend bemanneten Maschinenräumen verlangt [54, Chapter II-2 Regulation 7.4]. Bei der Unterbringung von Gästen wird zwischen Schiffen mit mehr als 36 Gästen und Schiffen mit weniger Gästen unterschieden. Hier werden nur die Vorschriften für weniger als 36 Gäste beschrieben. Diese fordern Feuermelder in jedem Raum außer leeren Räumen oder Sanitarräumen und

ähnlichen Räumen [54, Chapter II-2 Regulation 7.5]. Um die Ausbreitung von Rauch zu verhindern müssen geeignete Lüftungssysteme installiert werden, die den Rauch entfernen [54, Chapter II-2 Regulation 8]. Um die Ausbreitung von Feuern zu verhindern wird die Aufteilung in einzelne Brandschutzzonen verlangt. Diese dürfen maximal 48 m lang oder breit sein [54, Chapter II-2 Regulation 9.2.2.1]. Für die Abgrenzung dieser Zonen sind Schotten mit bestimmten Baubestimmungen [54, Chapter II-2 Regulation 9.2.2.4]. Danach werden Methoden zum Löschen von Bränden vorgeschrieben. Die SOLAS-Konvention verlangt zwei Feuerlöschpumpen, von denen eine automatisch oder aus von der Brücke aus gestartet werden kann [54, Chapter II-2 Regulation 10.2.1.2 + 10.2.2.2]. Die Auslegung dieser Pumpen erfolgt über Druck an den Hydranten und Durchmesser der Leitungen [54, Chapter II-2 Regulation 10.2.1]. Zu diesen Löschpumpen muss es mehrere Hydranten geben, die so verteilt werden müssen, dass der Wasserstrahl von einem Hydranten mit einem Schlauch jeden Teil des Schiffs erreichen kann, den eine Person erreichen kann [54, Chapter II-2 Regulation 10.3.2]. Zusätzlich werden Feuerlöscher in allen Wohnräumen verlangt [54, Chapter II-2 Regulation 9.2.2.4]. In Maschinenräumen muss ein Feuerlöschsystem mit Gas, Schaum oder Wasser eingebaut werden [54, Chapter II-2 Regulation 10.4 + 10.5]. Eine Sprinkleranlage kann zusätzlich zu den Feuermeldern in Gästebereichen eingebaut werden. Fluchtwege sollen besonders geschützt werden und durchgängig bis zu den Rettungsbooten oder -inseln führen [54, Chapter II-2 Regulation 13.3.2.4]. Darüber Hinaus wird vorgegeben, dass es für die meisten Räume wie Atrien mehrere Notausgänge geben muss [54, Chapter II-2 Regulation 13.2.1 + 13.3.2]. Bestimmte Räume dürfen auch über nur einen Notausgang verfügen [54, Chapter II-2 Regulation 13.3.1.2]. Für Feuernotfälle muss auch ein Handbuch mit Informationen zur Aufgabenverteilung und Instruktionen zur Feuerbekämpfung an Bord sein [54, Chapter II-2 Regulation 16.2].

Diese Regelungen sind generell auch auf Tauchsafarischiffen sinnvoll. Sobald das Fahrtgebiet allerdings auf internationale Fahrt ausgeweitet wird, sind die Vorschriften der SOLAS-Konvention verpflichtend. Die separaten Belüftungs- oder Entrauchungsanlagen sind auf solchen Schiffen allerdings aufgrund der geringen Größe und Art des Aufbaus nicht immer einbaubar. Auch eine Sprinkleranlage wäre nur bedingt sinnvoll, da dies eine große Menge an zusätzlichen Tanks und Geräten, wie Pumpen und Leitungen erfordern würde. Da dies also keine sinnvolle Bekämpfungsmethode darstellt, sollten mehr Feuerlöscher oder andere Bekämpfungsmethoden eingebaut werden. Dies könnte zum Beispiel auch ein fest eingebauter Hydrant mit redundanten Pumpen sein. Eine Nachrüstung von fest eingebauten Brandschutzeinrichtungen erfordert dank der zusätzlichen Geräte eine erneute Betrachtung der Stabilität des Schiffs.

Die Stabilität betreffend gilt das SOLAS Kapitel II-1 in einer alten Version für Schiffe, die vor dem Jahr 2020 gebaut wurden und Schiffe, welche mehr als 20 Seemeilen von der Küste entfernt operieren. Schiffe, die während der kompletten Fahrt weniger als 20 Meilen vom Ufer entfernt fahren, können durch nationale Organisationen von Teilen der Vorschrift ausgenommen werden [54, Chapter II-1 Regulation 1]. Beides kann je nach Route auf Tauchsafarischiffe zutreffen. Zunächst wird der heutige Stand der Vorschriften angewendet, da der Unterschied sich vornehmlich in der Leckstabilität zeigt. Die Stabilität im unbeschädigten Zustand ist hauptsächlich durch den International Code on Intact Stability (IS-Code) geregelt, welcher für alle Schiffe mit einer Länge über 24m gilt. Auf diesen IS-Code wird auch in der SOLAS-Konvention verwiesen [54, Chapter II-1 Regulation 5.1]. Dieser enthält neben anderen Regelungen auch das Wetterkriterium [43, Part A Chapter 2.3]. Dieses definiert

Anforderungen, die ein Schiff gegen Krängung durch Wind sicher auslegen. Dabei wird ein konstantes krängendes Moment für den Wind abhängig von Schiffstyp, -größe und weiteren Faktoren angewendet. Für den IS-Code müssen eine Hebelarmkurve ausgerechnet und ein vollständiges Stabilitätsbuch erstellt werden [43, Part A Chapter 2.1]. Die erforderlichen Hebelarme nach Kapitel 2 müssen in allen Ladezuständen erfüllt werden [43, Part A Chapter 2.1].

Dementsprechend sollte es auch Stabilitätsberechnungen für Tauchsafarischiffe geben. Für alle Yachten, die irgendwann registriert wurden, sollte eine Stabilitätsberechnung gemäß IS-Code durchgeführt werden. Dies ist im Falle eines Umbaus von Yachten zu Tauchsafarischiffen relevant. Der Aufwand für eine solche Berechnung ist sehr gering, wenn das Schiff auf der Werft auch in digitaler Form vorliegt, da sie mit allen gängigen Programmen für den Schiffsentwurf durchzuführen sind. Doch wenn das Schiff nicht digital existiert, muss man über Integralrechnungen die Pantokarenen berechnen, was einen großen Aufwand bedeutet. Man muss für verschiedene Tiefgänge Pantokarenen über Integrale aus einem Spantenriss berechnen. Eine mögliche Alternative stellt ein experimenteller Stabilitätstest dar. Dieser ist weniger genau allerdings auch mit deutlich weniger Aufwand verbunden und für vorhandene Schiffe durchführbar.

Für die Leckstabilität ist der zu erreichende Abteilungsindex  $R$  relevant. Dieser liegt für Tauchsafarischiffe bei 0,722 [54, Chapter II-1 Regulation 6.3]. Der erreichte Abteilungsstatus wird aus drei Anteilen errechnet, wobei jeder der Anteile nicht kleiner sein darf als  $0,9 * R$  [54, Chapter II-1 Regulation 7].

$$A = 0,4A_s + 0,4A_p + 0,2A_l \quad (4.1)$$

Für drei verschiedene Tiefgänge:  $d_s$  ist der tiefste Tiefgang welcher im normalem Betrieb erreicht wird, die sogenannte Sommerladelinie.  $d_l$  ist der Tiefgang für den leichtesten Ladefall mit Passagieren an Bord.  $d_p$  wird mit  $d_p = d_l + 0,6 * (d_s - d_l)$  berechnet [54, Chapter II-1 Regulation 2]. Jeder der einzelnen Anteile wird über eine Summe der Überlebenswahrscheinlichkeit  $s_i$  und der Auftretenswahrscheinlichkeit  $p_i$  aller Leckfälle gebildet [54, Chapter II-1 Regulation 7].

$$A = \sum p_i s_i \quad (4.2)$$

Die Berechnung erfordert meistens viele Fälle, daher wird die Berechnung normalerweise mittels eines Computerprogramms durchgeführt.

Besonders die Leckstabilität ist auf Tauchsafarischiffen sehr wichtig, da es durch die Fahrtgebiete und die Nähe zu Riffen leicht zu Wassereintritt aufgrund von Grundkontakt kommen kann. Jedoch ist der Aufwand für eine probabilistischen Leckrechnung sehr groß, da man dafür ein spezifisches Computerprogramm benötigt. Daher können alte Methoden sinnvoller anzuwenden.

Für ältere Schiffe wurde eine nicht-probabilistische Methode verwendet. Zunächst werden hierfür ein Doppelboden und Schotten im Bug und für den Maschinenraum gefordert [55, Chapter II-1 Regulation 9-12]. Zusätzlich müssen die Schiffe einen vordefinierten Leckblock überleben [55, Chapter II-1 Regulation 9]. Dabei wird beobachtet wie viele Abteilungen dieser Leckblock fluten kann und ob das Schiff dies überlebt. Auch hierfür ist eine Beschreibung der Stabilität über Pantokarenen oder Hebelarme nötig. Zur Umsetzung der SOLAS-Konvention wurde 1998 ein Management-System eingeführt, welches in Kapitel IX der SOLAS-Konvention als International Safety Management Code (ISM-Code) festgelegt wird.

#### 4.1.2. ISM-Code

Der ISM-Code bildet eine Richtlinie zur Erzeugung einer Sicherheitsstruktur an Bord von Schiffen und an Land. Dieser gilt für alle Schiffe, welche auch die SOLAS-Konvention erfüllen müssen [56, Part A, 1]. Dies beinhaltet Vorschriften für den sicheren Betrieb von Schiffen, Risikoeinschätzung, Verantwortlichkeit und weitere Aspekte. Es soll eine Person an Land geben, die direkten Zugang zur Geschäftsführung hat und für Sicherheit verantwortlich ist [56, Part A, 4]. Das Unternehmen hat Sorge zu tragen, dass die Besatzung auf dem Schiff ausreichend ausgebildet und zertifiziert ist [56, Part A, 6]. Zusätzlich soll für jeden wahrscheinlichen Notfall ein Plan mit Notfallverfahren erstellt werden. Diese Verfahren müssen auch trainiert werden [56, Part A, 8].

Die IMO erstellt auch allgemeine Vorschriften zu Seegebieten, bei denen aufgrund der großen Anzahl an unterschiedlichen Nationen nationale Regelungen zu Verwirrung führen würde. Ein Beispiel in der Karibik ist der Code of Safety for Small Commercial Vessels operating in the Caribbean (SCV-Code), der im Folgenden dargestellt wird.

#### 4.1.3. SCV-Code

Der SCV-Code ist ein Beispiel für eine Sonderregelung für kleine Schiffe, welche hauptsächlich für touristische Zwecke verwendet werden. Der SCV-Code wurde in Zusammenarbeit mit der IMO entwickelt und 2001 verbindlich eingeführt. Er basiert auf Vorschriften der US-Küstenwache für Fahrzeuge dieser Größe. Allerdings gilt diese Vorschrift nur für Schiffe bis zu einer Länge von 24 m und auch hier hauptsächlich für Schiffe welche 12 oder mehr Gäste transportieren [57, Chapter I Part A Regulation 1]. Zusätzlich gilt dieser nur für Schiffe, welche in der Karibik operieren, wie der Name vermuten lässt. Diese Vorschriften sind nicht so streng wie die der SOLAS-Konvention. Zusätzlich sind diese Regeln auf alle Schiffe unabhängig von ihrem Alter anwendbar.

Für den Brandschutz muss gemäß dieser Vorschriften für Schiffe mit einer Länge von über 15 m mindestens eine Feuerlöschpumpe mit einem Schlauch von 7,5m bis 15m Länge so an Bord installiert sein, dass das gesamte Schiff abgedeckt werden kann [57, Chapter V Part B Regulation 7-9]. Des Weiteren müssen fest installierte Feuerlöschsysteme in Maschinenräumen und allen anderen Räumen mit erhöhtem Brandrisiko installiert sein. Außerdem müssen alle nicht bemannten Räume mit erhöhtem Feuerrisiko sowie auch Gästezimmer mit Feuermeldern ausgestattet sein [57, Chapter V Part B Regulation 10]. Zusätzlich zu den fest installierten Feuerlöschsystemen müssen tragbare Feuerlöscher an Bord sein. So müssen Maschinenraum, Brückenraum, Kombüse und Vorratskammer über einen Feuerlöscher verfügen und für je 232,3 m<sup>2</sup> an Gästezimmern ein Feuerlöscher in diesen vorgehalten werden. Das Fassungsvermögen und die Art der Feuerlöscher sind dabei auch vorgegeben [57, Chapter V Part B Regulation 11].

Diese Vorschriften sind deutlich detaillierter und damit auch besser anwendbar als die der SOLAS-Konvention. Zusätzlich erscheinen die Richtlinien für Feuermelder einfach umsetzbar. Eine Feuerlöschpumpe wird wahrscheinlich nicht nachträglich eingebaut. Allerdings sind auch handbetriebene Pumpen erlaubt [57, Chapter V Part B Regulation 7.1], welche leichter einzubauen sind, da keine Motoren oder zusätzliche Generatoren an Bord verbaut werden müssen. Die Anzahl der vorgeschriebenen Feuerlöscher in Gästezimmern ist geringer als gemäß der SOLAS-Konvention.

Für die Stabilität werden vereinfachte Stabilitätsversuche gefordert. Diese sollen mit geringem Aufwand zeigen, ob die Stabilität des Schiffs ausreicht [57, Chapter III Part B Regulation 6]. Hierbei wird eine Betriebssituation durch Gewichte simuliert, die einen für den Betrieb typischen Trimm und Gewichtsschwerpunkt erzeugen. Dann werden Gewichte zur Krängung eingesetzt, die das Größere aus Passagiermoment und Windmoment abbilden. Dabei soll die Lademarke nicht mehr als 50% getaucht sein. Bei Schiffen ohne ein vollständig wasserdichtes Deck über der Wasserlinie darf die Lademarke nicht mehr als 25% getaucht sein [57, Chapter III Part B Regulation 8]. Wenn dieser Test nicht bestanden wird, soll er erneut mit einem reduzierten krängenden Moment durchgeführt werden, da das ablaufende Wasser von Wetterdecks das krängende Moment mindert [57, Chapter III Part C Regulation 12]. Wenn auch diese Prüfung nicht bestanden wird, muss die Stabilität über andere Methoden, wie ausführliche Berechnungen, nachgewiesen werden [57, Chapter III Part B Regulation 6].

Ein solcher Nachweis über Stabilität lässt sich recht einfach auch bei bereits vorhandenen Schiffen nachholen. Daher ist die Verpflichtung zur Durchführung eines solchen Tests eine geeignete Maßnahme, um die Stabilität auch auf Tauchsafarischiffen zu prüfen. Die exakten Werte für krängende Momente müssen dafür möglicherweise angepasst werden, da die krängenden Momente im SCV-Code stark vereinfacht und somit nicht unbedingt auch auf Tauchsafarischiffe übertragbar sind.

Die Leckstabilität wird nur durch die Platzierung von Schotten betrachtet und nicht gesondert behandelt. Hierfür wird ein Kollisionsschott vorgesehen [57, Chapter III Part D Regulation 16 u. 17]. Die Distanz zwischen weiteren Schotten  $d$  wird durch einen Faktor für die flutbare Länge  $F$ , den Freibord  $f$ , die Länge des Decks über den Schotten  $L$  und den Tiefgang  $D$  definiert [57, Chapter III Part D Regulation 21].

$$d = \frac{FfL}{D} \quad (4.3)$$

Dies führt zu mehreren zusätzlichen Schotten.

Für Tauchsafarischiffe sollte die Leckstabilität genauer betrachtet werden, da aufgrund der Nähe zu Riffen die Wahrscheinlichkeit eines Lecks deutlich erhöht ist. Dennoch ist auch eine solche Betrachtung für kleine Schiffe ausreichend.

Der Bau sowie auch Umbau von Schiffen wird normalerweise durch Klassifikationsgesellschaften überwacht. Der folgenden Abschnitt beschäftigt sich mit den Richtlinien, die diese verwenden.

## 4.2. Klassifikation

Klassifikationsgesellschaften arbeiten mit eigenen Richtlinien, die auf internationalen Vorschriften basieren. Die Einhaltung dieser Vorschriften wird beim Bau und auch während des Betriebs des Schiffes regelmäßig kontrolliert. Dadurch liefern Klassifikationsgesellschaften einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit auf dem Wasser. Hierbei haben sich Klassifikationsgesellschaften spezialisiert, sodass die einzelnen Vorschriften verschiedene Schiffstypen und Besonderheiten behandeln. Zusätzlich werden hierdurch Lücken in allgemeinen Vorschriften der IMO geschlossen und deutlich spezifischere Regeln definiert. An dieser Stelle wird hauptsächlich auf Regelwerke zu Yachten und kleinen Schiffen eingegangen. Die neusten Fassungen der Richtlinien gelten nur für neu gebaute Schiffe. Ältere Schiffe müssen im Normalfall jene

Vorschriften weiterhin einhalten, nach denen sie gebaut wurden. Hierbei muss angemerkt werden, dass mit Ausnahme der „Royal Evolution“ keines der in dieser Arbeit betrachteten Tauchsafarischiffe eine Klasse gemäß einer Klassifikationsgesellschaft besitzt. Das Bureau Veritas ist eine solche Klassifikationsgesellschaft, die auch ein Tauchsafarischiffe zertifiziert hat, und wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

#### 4.2.1. Bureau Veritas

Das Bureau Veritas (BV) hat mit NR500 ein vollständiges Regelwerk für Yachten. Dieses ist anwendbar für Yachten, welche kürzer als 90 m sind und nicht mehr als 36 Gäste befördern. Für Tauchsafarischiffe werden Yachten über einer Länge von 24 m und unter 500 BRZ betrachtet, da dies den Durchschnitt der Tauchsafarischiffe am besten repräsentiert.

Für Feuerbekämpfung werden verschiedene Materialien mit bestimmten Zertifikationen für Feuerbeständigkeit aufgelistet, die verwendet werden können [58, Part C Ch4 Sec 2]. Außerdem müssen Feueralarme in allen Maschinenräumen und in allen Räumen, die kein besonders niedriges Brandrisiko haben, wie beispielsweise Badezimmer, installiert werden. Auch in Fluchtwegen müssen Rauch und Feuermeldeanlagen vorhanden sein [58, Part C Ch4 Sec 3]. Um die Ausbreitung von Bränden zu erschweren, müssen feuerfeste und zum Teil gasdichte Schotten für Maschinenräume verwendet werden. Zusätzlich fordert die Vorschrift Abgrenzungen, um eine Ausbreitung durch Hitze zu verhindern [58, Part C Ch4 Sec 4.2.2]. In Gästezimmern müssen weniger extreme Brandbarrieren verwendet werden [58, Part C Ch4 Sec 4.2.3]. Des Weiteren werden mehrere unabhängige Belüftungssysteme für Kombüse, Maschinenräume und Gasträume verlangt, welche meist auch nicht durch die Bereiche der jeweils anderen führen dürfen [58, Part C Ch4 Sec 4.5]. Zur Brandbekämpfung werden auch hier Löschpumpen gefordert. Diese sollen tragbare oder von einander unabhängige Pumpen sein. Allerdings werden hier auch Durchflussraten, Bauformen und Antriebsmethoden beschrieben [58, Part C Ch4 Sec 5.2]. Zusätzlich sollen in Maschinenräumen fest installierte Feuerlöschsysteme eingebaut werden [58, Part C Ch4 Sec 5.3.2]. Mindestens drei Feuerlöscher müssen an Bord sein, um Gasträume zu schützen, welche maximal 10 m von jedem Raum entfernt sein dürfen [58, Part C Ch4 Sec 5.4.2]. Zum Schluss werden noch besondere Vorschriften zu Notausgängen genannt. Es darf keine Sackgassen geben und Notausgänge dürfen nach Möglichkeit nicht durch Maschinenräume oder durch die Kombüse führen. Dies muss für zwei unabhängige Fluchtwege gelten [58, Part C Ch4 Sec 6].

Gerade im Vergleich zur SOLAS-Konvention sind diese Regeln besser in der Anwendung und auch übersichtlicher aufgebaut, sodass deutlich leichter mit dem Regelwerk gearbeitet werden kann. Außerdem werden Themen behandelt, die in der SOLAS-Konvention wenig Beachtung finden, wie zum Beispiel Wärmeübertragung. Zusätzlich erhält man deutlich klarere Werte, welche den Designprozess vereinfachen. Die Anzahl an Feuerlöschern für Gasträume ist mit drei gering, allerdings wird diese Anzahl durch die Anforderung des maximalen Abstands besonders bei größeren Schiffen deutlich erhöht. Auch ist die geforderte Ausrüstung nicht oder nur schwierig nachrüstbar. So sind zum Beispiel Brandbarrieren in Form von Wänden nur mit großem Aufwand nachrüstbar. Auch die Nachrüstung mehrerer unabhängige Belüftungssysteme ist ebenfalls mit erheblichem Aufwand verbunden.

Die Stabilitätsanforderungen werden je nach Fahrtgebiet und Länge des Fahrzeugs aufgeteilt. Hier wird das weiteste Fahrtgebiet der unbeschränkten Fahrt weit ab von Küsten verwendet, da die Tauchsafarischiffe besonders in Südostasien, aber auch in Ägypten weit ab

von der Küste operieren. Zur Kontrolle werden ein Stabilitätsbuch und Test gefordert [58, Part B Ch3 Sec 1]. Die Intakstabilität ist sehr nahe an den IS-Code angelehnt, da dieser die Grundlage für die Stabilität aller Schiffe bildet. Allerdings werden die krängenden Hebel für das Wetterkriterium mit einem quadratischen Kosinus an reale Bedingungen angenähert [58, Part B Ch3 Sec 2.3]. Im Gegensatz dazu verwendet das Wetterkriterium einen krängenden Hebel (siehe Kapitel 4.1.1), der nicht nach Krängungswinkel veränderlich ist. [43, Ch 3.2]. Zusätzlich wird das Kriterium um einen Teil für Segelyachten erweitert [58, Part B Ch3 Sec 2.3.2]. Insbesondere in Südostasien kommen auch große Segelyachten als Tauchsafarischiffe zum Einsatz. Außerdem wird ein Kapitel für Eis auf den Decks hinzugefügt [58, Part B Ch3 Sec 2.5], welches nicht näher betrachtet wurde, da Tauchsafarischiffe selten in Wetter fahren, das Eis zulässt.

Laut diesen Regeln muss sowohl ein Stabilitätstest als auch eine Berechnung durchgeführt werden. Da die meisten Tauchsafarischiffe nicht bei modernen Werften gebaut werden, welche digitale Methoden verwenden, sind Berechnungen mit einem großen Aufwand verbunden. Daher sind Tests wahrscheinlich die einzige sinnvolle Prüfmethode. Diese Tests können auch bei bereits gebauten Schiffen durchgeführt werden.

Die Berechnung der Leckstabilität funktioniert über eine Betrachtung nach Abteilungen. Hierbei wird eine wasserdichte Abteilung als geflutet angenommen und in der finalen Schwimmelage müssen bestimmte Kriterien erfüllt werden [58, Part B Ch3 Sec 3.1]. Die Voraussetzungen zum Überleben des Schiffs werden klar definiert [58, Part B Ch3 Sec 3.2.5].

Die „Royal Evoultion“ ist ein Tauchsafarischiiff, das in Ägypten und dem Sudan fährt. Im Gegensatz zu den meisten Tauchsafarischiiffen wurde dieses nach der SOLAS-Konvention und Bauvorschriften des BV gebaut. Damit zeigt dieses Schiff, dass es möglich ist Tauchsafarischiiffe nach internationalen Vorschriften zu bauen und dennoch profitabel zu betreiben. Dieses Schiff verfügt über ausführliche Stabilitätsberechnungen, sowie Pläne und Protokolle für Sicherheit [59]. Det Norske Veritas ist eine weitere Klassifikationsgesellschaft, deren Vorschriften hier kurz vorgestellt werden sollen.

#### 4.2.2. Det Norske Veritas

Det Norske Veritas (DNV) hat ebenfalls Regeln für Yachten. Allerdings werden hier die Schiffe nach Passagieranzahl aufgeteilt und nicht nach Länge.

Für die Brandbekämpfung werden Yachten mit 13 bis 36 Gästen angenommen [60, Part 4 Ch 11 Section 4]. Hierfür wird auf den Yacht Code Part B der Red Ensign Group verwiesen [60, Part 4 Ch 11 Section 4]. In diesem werden auch zunächst Materialien und Brandrisiken von Räumen und Materialien behandelt [61, Chapter 6.2 + 6.3]. In Maschinenräumen wird die Installation von Feueralarmen verlangt, wenn diese nicht permanent bemannt sind. In Gästebereichen reichen Rauchmelder in allen Kabinen, Treppenhäusern und Fluchtwegen. Nur in Räumen mit besonders geringem Brandrisiko müssen keine Rauchmelder installiert werden [61, Chapter 6.5]. Um die Rauchausbreitung und das Abschneiden von Fluchtwegen durch Rauch zu verhindern, müssen Entlüftungssysteme verwendet werden [61, Chapter 6.6]. Für feuerfeste Wände und Schotten werden auch hier Feuerschutzzonen festgelegt. Die genauen Anforderungen sind abhängig vom jeweiligen Brandrisiko. [61, Chapter 6.7]. Ähnlich zu anderen Vorschriften braucht das Schiff mindestens eine Löschwasserpumpe, welche hier neben der Durchflussrate auch über den Wasserdruck dimensioniert wird. Die Schläuche und Hydranten müssen jeden Teil des Schiffs erreichen können [61, Chapter 6.8

2-29]. Für die Anzahl und Art der Feuerlöscher wird auf die Administration verwiesen, dies bedeutet, dass die Regelungen des Flaggenstaats anzuwenden sind [61, Chapter 6.8 31]. Im Anschluss wird auch auf Fluchtwege hingewiesen. Hierbei werden sehr detaillierte Regelungen zu der Beschaffenheit von Fluchtwegen hinsichtlich Breite, Höhe und Ähnlichem beschrieben. Zusätzlich wird klargestellt, dass es für bestimmte Räume wie Atrien mehrere Notausgänge geben muss [61, Chapter 6.11].

Es gibt hier zu einigen Dingen wie Feuerlöschern keine klare Regelung, sondern dies wird dem Flaggenstaat überlassen. Das ist ein Problem, da dies zu günstigeren Flaggen führt, welche allerdings nicht ausreichende Sicherheitsstandards voraussetzen. Unter diesen Voraussetzungen ist die Vorschrift sehr ähnlich zu der SOLAS-Konvention, sodass kein großer Mehrwert durch dieses Regelwerk geschaffen wird.

In der Stabilität ist diese Vorschrift ebenfalls nahe an den IS-Code angelehnt, da dieser eine gute Grundlage bildet [60, Part 3 Ch 10 Section 2.2.1]. Allerdings fehlt ein Verweis auf das Wetterkriterium. Auch hier wird diese Basis um eine Regelung für Segelschiffe erweitert [60, Part 3 Ch 10 Section 2.2.2]. Einen zusätzlichen Test verlangt die DNV ebenfalls [60, Part 3 Ch 10 Section 2.4].

Hier gilt das gleiche wie auch für die Regelungen der BV. Der große Aufwand einer Stabilitätsberechnung muss nicht unbedingt durchgeführt werden, doch ein Test wird als gute Alternative angesehen.

Im Falle eines Lecks sollen Yachten mit einer gewissen Länge bis zwei Abteilungen verlieren können, ohne dass diese untergehen. Schiffe ab einer Länge von 48 m sollen eine Abteilung verlieren können, wohingegen ab einer Länge von 85 m zwei leckgeschlagene Abteilungen überlebt werden müssen [60, Part 3 Ch 10 Section 2.2.2]. Die Ausdehnung des Lecks wird klar definiert [60, Part 3 Ch 10 Section 3.2.1]. Ebenso müssen klare Mindestkriterien erfüllt werden, damit ein Leckfall als überlebt gilt [60, Part 3 Ch 10 Section 3.3]. Daraus muss ein Plan erstellt werden, der wasserdichte Abteilungen zeigt [60, Part 3 Ch 10 Section 3.5].

Solche Leckvorschriften sind sehr sinnvoll, aber erneut aufgrund von vorheriger Berechnung der Pantokarenen mit einem hohen Aufwand verbunden. Doch eine solche Berechnung ist die einzige Möglichkeit eine sichere Vorhersage zum Stabilitätsverhalten des Schiffs im Leckfall zu treffen. Funktionierende simple Tests für den Leckfall sind nicht bekannt. Eine andere Möglichkeit sind Simulationen doch diese sind deutlich aufwendiger. Der Großteil der Tauchsafarischiffe fährt ohne jede Klassifikation.

Neben internationalen Regeln und Klassifikationsgesellschaften, die lokale und internationale Regeln in Regelwerken umsetzen und deren Einhaltung überwachen, gibt es auch lokale Vorschriften von verschiedenen Stellen. Auf diese geht der folgende Abschnitt ein.

### 4.3. Lokale Vorschriften

Flaggenstaaten haben ihre eigenen zusätzlichen Regelwerke. Dazu gibt es noch verschiedene Regeln zu Fahrtgebieten, wie lokale Umweltschutzgebiete in denen man nur mit bestimmten Methoden fahren darf [62]. Neben Umweltschutz gibt es auch Regeln zu Personenschutz und weiteren Themen. Diese lokalen Regeln für Fahrtgebiete werden in diesem Kapitel auf ihre Anwendbarkeit und weitere sinnvolle Vorschriften untersucht.

### 4.3.1. Europäische Normen

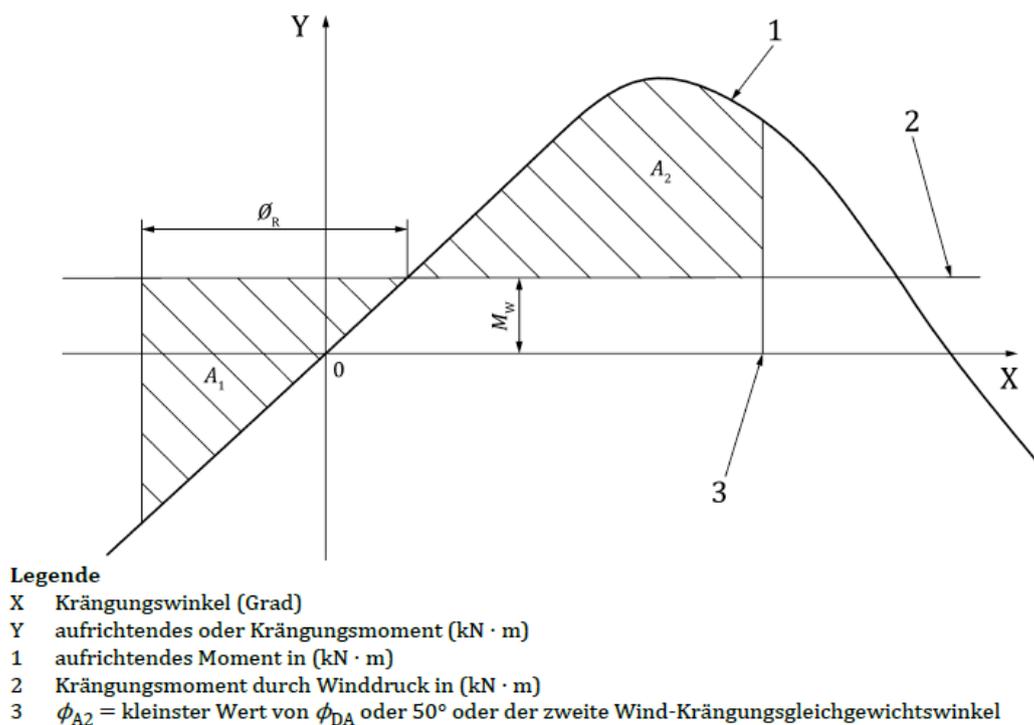
Die EU hat eine Richtlinie zu Sportbooten, welche auf dem europäischen Markt verkauft und genutzt werden dürfen, erstellt. Laut Dipl.-Ing. Hans-Josef Braun von der Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) kann man sich an dieser Richtlinie orientieren [63]. Allerdings werden von diesem Regelwerk nur Boote mit einer Länge von maximal 24 m, sowie andere kleinere Wasserfahrzeuge abgedeckt [64, Art. 2]. Tauchsafarischiffe lassen sich durch ihr Einsatzgebiet weit ab von der Küste in die Kategorien A oder B einteilen, da durch die Entfernung zur Küste ein Sturm immer zu berücksichtigen ist und die Wellenhöhe auch stark zunehmen kann. Diese Kategorien sind Wellen ab 4 m Höhe und auszuhaltende Windstärken bis über Stärke 8 [64, Anhang I A 1.]. Dabei ist die Wellenhöhe für Tauchsafarischiffe weniger relevant. In den grundlegenden Anforderungen wird allerdings nur von ausreichender Stabilität in Bezug auf die Höchstlast und Kategorie gesprochen [64, Anhang I 3.2].

Zum Brandschutz sind die Vorschriften etwas umfangreicher. Auch hier wird allerdings zum Großteil nicht mit klaren Regeln gearbeitet, sondern es werden lediglich ausreichende Bekämpfungsmethoden verlangt. Hierbei muss auf „offene [...] Flammen [...], heiße Flächen oder Maschinen und Hilfsmaschinen, ausgelaufenes Öl und ausgelaufenen Kraftstoff, nicht abgedeckte Öl- und Kraftstoffleitungen und darauf, dass elektrische Leitungen insbesondere nicht in der Nähe von Hitzequellen und heißen Flächen verlaufen“ [64, Anhang I 5.6.1] Rücksicht genommen werden. Motorräume müssen im Brandfall ungeöffnet zu löschen sein. Zusätzlich müssen „der Brandgefahr entsprechende Löschvorrichtungen“ [64, Anhang I 5.6.2] an Bord sein. Es wird eine Baumusterprüfung verlangt. In dieser werden unter anderem „Entwürfe, Fertigungszeichnungen und -pläne“ [65, Modul B 3.] zur Vorlage bei einer Prüfstelle gefordert. Hier soll dann über die Einhaltung von „geltenden Vorschriften der[...] Normen und technischen Spezifikation“ [65, Modul B 4.2] entschieden werden. Zusätzlich wird der Hersteller verpflichtet Qualitätssicherungsmaßnahmen und Einzelprüfungen durchzuführen [65, Modul G + H]. Für alle einzelnen Themen sind eigene Normen zuständig.

Die EN ISO 9094:2022 wird für Brandschutz herangezogen. Hier werden von Materialien über Abstände zwischen Kraftstofftanks und Motoren bis hin zu Dämmmaterial zunächst alle Aspekte des Brandschutzes abdeckt [66, Kapitel 4]. Dabei wird zu einem großen Teil auf andere europäische Normen verwiesen. Im Anschluss beschäftigt sich die Norm mit der Erkennung von Feuern. Hierfür müssen Erkennungssysteme, wie Rauch- oder Wärmemelder, installiert werden. Diese müssen „den/ die gesamten Wohnbereich(e) und den Motorraum abdecken“ [66, Kapitel 5]. Es kann auch durch Bordstrom betrieben werden, muss also nicht unabhängig sein [66, Kapitel 5]. Es muss mindestens ein Feuerlöscher an Bord sein, wenn es Schlafbereiche gibt [66, Kapitel 7.3]. Die Forderungen zur Anordnung der Feuerlöscher können allerdings schnell zu einer Pflichtausrüstung mit mehr Feuerlöschern führen. Vom Steuerstand oder der Kombüse muss ein Löschapparat in maximal 2 m Entfernung angeordnet sein, ebenso näher als 5 m von einem Schlafplatz [66, Kapitel 7.5.4.1]. Auch pro 20 m<sup>2</sup> Wohnfläche wird ein Feuerlöscher verlangt [66, Kapitel 7.5.4.2]. Diesel- und Benzinmotoren von einer für Tauchsafarischiffe relevanten Größe müssen mit einer fest installierten Löschanlage ausgerüstet sein [66, Kapitel 7.4]. Diese dürfen eine manuelle Auslösung haben und müssen nicht automatisch sein. Des Weiteren müssen diese Anlagen Dieselmotoren abschalten können [66, Kapitel 7.6].

Hier wird nur ein kurzer Überblick über die sehr ausführlichen Regeln gezeigt. Die Anforderungen an Feuerlöscher sind im Vergleich zu den bisher geprüften Richtlinien streng. Dies sorgt für zusätzliche Sicherheit, wobei die Installation von Feuerlöschern nicht sehr aufwendig ist.

Zur Stabilität gibt es mehrere Normen, die sich mit verschiedenen Bootstypen beschäftigen. Dazu wird EN ISO 12271-1:2021 herangezogen, weil diese für Boote mit einer Länge von 6m bis 24m ohne Besegelung anwendbar ist [67, Kapitel 1]. Auch hier werden die Kategorien A und B verwendet, da diese aufgrund von Fahrtgebiet und der Möglichkeit durch einen Sturm überrascht zu werden, für Tauchsafarischniffe am geeignetsten sind. In der Norm wird für die Intakstabilität ein konstantes Windmoment angenommen, welches je nach Entwurfskategorie eine andere Windgeschwindigkeit zugrunde legt [67, Kapitel 6.3.2].



**Bild 6 — Rollwiderstand gegen Wellen und Wind**

Abbildung 9: Wetterkriterium nach ISO 12271-1 [67, Kapitel 6.3.2]

Um das Kriterium zu erfüllen, muss die Fläche  $A_2$  größer sein als  $A_1$  [67, Kapitel 6.3.2]. Für geringe Winkel unter 30° wird ein Minimum und Maximum des aufrichtenden Moments und Hebels verlangt [67, Kapitel 6.3.3]. Dies ist in Abbildung 9 dargestellt. Ebenso gibt es Vorschriften zur Prüfung von außermittiger Ladung [67, Kapitel 6.2].

Die Vorschrift zu Wind ist auch hier ähnlich zu dem Wetterkriterium aus dem IS-Code, allerdings wird die Berechnungsmethode angepasst und es werden nicht alle Teile verwendet. Die Richtlinien für kleine Winkel bieten einen klaren Maßstab sowohl für zu hohe als auch für zu geringe Stabilität. Zu hohe Stabilität kann ebenso zu Schäden und Verletzungen

führen.

Die Leckstabilität wird hauptsächlich über Richtlinien zur Flutung kontrolliert. Dabei wird eine Freibordreserve für eine berechnete Flutungshöhe definiert [67, Kapitel 6.1.].

Eine solche Stabilitätsbeurteilung sollte weiter ausgearbeitet werden, wenn man sie für Tauchsafarischiffe verwenden möchte. Dies liegt in dem erhöhten Risiko begründet.

Nach der Betrachtung dieser europäischen Vorschriften beschäftigt sich der nachfolgende Abschnitt mit deren nationaler Umsetzung in Deutschland in Form der BG Verkehr.

#### 4.3.2. BG Verkehr

Die Arbeit der BG Verkehr gründet auf internationalen Verordnungen wie der SOLAS-Konvention oder dem Freibord-Übereinkommen und fügt diesen eigene Regeln und deutsche Gesetze hinzu. Eine klare Richtlinie zu Tauchsafarischiffe gibt auch hier nicht. Herr Braun arbeitet aber an einer Checkliste für diese, wobei dies nicht im Auftrag der BG Verkehr erfolgt [63]. Hierbei ist anzumerken, dass derzeit keine Tauchsafarischiffe unter deutscher Flagge fahren, sondern diese Checkliste zum Schutz der Fahrgäste entwickelt wird.

Die Richtlinie 2009/45/EG zu Fahrgastschiffen wird zuerst behandelt, da darin Maßnahmen zum Brandschutz festgelegt werden. Die Verwendung dieser Richtlinie ist auf große Fahrgastschiffe wie Fähren ausgelegt. Tauchsafarischiffe müssten laut dieser Richtlinie in die Kategorie A oder B von Fahrgastschiffen eingeordnet werden, da sie in großer Regelmäßigkeit über 20 Seemeilen von der Küste entfernt fahren [68, Artikel 4]. Hier werden Feuerlöschpumpen mit einem bestimmten Volumenstrom an Löschwasser gefordert [68, Anhang 1 Kap. II-2 3.]. Die hierfür verwendeten Schläuche müssen jeden Ort des Schiffs mit Wasser erreichen können [68, Anhang 1 Teil A Kap. II-2 3.]. Tragbare Feuerlöscher dürfen nicht in Kabinen installiert werden [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 5.4]. Es müssen genug Feuerlöscher an Bord sein, sodass der maximale Abstand zum nächsten Feuerlöscher 10 m beträgt. Zusätzlich muss ein Feuerlöscher auf der Brücke und an jedem besonders brandgefährdeten Ort vorhanden sein [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 5.13]. In Maschinenräumen wird ein fest eingebautes Löschsystem und ein tragbarer Schaumlöscher gefordert [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 6.1 - 2]. Wenn Öl im jeweiligen Maschinenraum verwendet oder bearbeitet wird, werden noch zusätzliche Forderungen gestellt [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 6.3 - 8]. Zur Branderkennung wird gefordert, dass an jedem Anzeigegerät für Brände eine Übersicht zu den überwachten Räumen und den dortigen Bränden geliefert wird [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 8.7]. Außerdem werden Sprinkler für alle Fahrgastschiffe außer für die, die näher als 15 Seemeilen an der Küste bleiben und unter 40 m lang sind, verlangt [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 8.22 - 23]. Automatische Rauchmelder müssen alle 11 m und in allen Gängen und Fluchtwegen angebracht werden [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil A 9.2]. In Teil B werden bauliche Maßnahmen festgelegt. Dazu zählen Schotten, Fluchtwege, Schutzräume und Lüftungssysteme [68, Anhang 1 Kap. II-2 Teil B].

Dies sind sehr umfangreiche Regeln, die bei Tauchsafarischiffen nur bedingt umsetzbar sind, da sie für deutlich größere Schiffe konzipiert wurden. Allerdings kann man auch hier Teile sehr gut auf kleinere Schiffe anwenden, da die betreffenden Anforderungen gut skalierbar sind. Ein Beispiel hierfür sind die Feuerlöscher, weil man die Abstände auf kleinen Schiffen ebenso einhalten kann und dadurch entsprechend weniger Feuerlöscher benötigt werden. Dagegen kann man die Anzeigegeräte und eine Sprinkleranlage nur schlecht nachrüsten und diese sind auch schlechter zu skalieren, da immer die entsprechende Ausrüstung

wie eine zusätzliche Pumpe, Rohrleitungen, etc. benötigt wird.

Im Hinblick auf die Stabilität wird das Schiffssicherheitshandbuch der BG Verkehr verwendet, da dieses viele einzelne Regelungen zu verschiedenen Schiffstypen vorstellt. Hier wird auf den IS-Code verwiesen, welcher bereits in Kapitel 4.1.1 behandelt wurde [69, Kapitel 2a.1]. Danach wird auf zusätzliche Richtlinien hingewiesen. Zunächst verlangen die allgemeinen Regeln eine Betrachtung von freien Oberflächen bei verbrauchtem Treibstoff, sofern keine der angegebenen Beladungszustände eintritt und kein Betriebskrängungsversuch oder Rollzeitversuch ausgeführt werden kann [69, Kapitel 2a.2.1.2]. Der krängende Hebel nach Wind wird in dieser Vorschrift mit einem Kosinus an reale Verhältnisse angenähert [69, Kapitel 2a.2.1.5]. Es werden auch häufige Gründe für Abweichungen von Berechnungen zur Realität benannt. Dies sind andere tatsächliche Ladungsgewichte und Schwerpunkte, Verschlusszustand, freie Oberflächen, ursprüngliche Schwimmlagen, Ruderlage, Seegang und Winddruck [69, Kapitel 2a.2.2]. Für Fahrgastschiffe darf die Krängung keine Winkel über  $12^\circ$  erreichen [69, Kapitel 2a.2.3.2.4.1]. Zusätzlich müssen diese Schiffe auch Passagiermomente beachten, bei denen die Gäste als versammelte Gruppe an einer Schiffsseite angenommen werden [69, Kapitel 2a.2.3.2.4.2]. Auch die Krängung während eines Drehkreises muss gesondert betrachtet werden [69, Kapitel 2a.2.3.2.4.2].

Diese Ansprüche sind auch im Vergleich zu den meisten anderen Vorschriften hoch. Allerdings werden alle wichtigen Aspekte beachtet. Dennoch sind die zusätzlichen Anforderungen für Fahrgastschiffe sehr hoch. Im Bezug auf Tauchsafarischiffe ist auch eine geringe Anforderung bereits eine große Verbesserung. Dies zeigt sich beim Vergleich mit anderen, nationalen Vorschriften, die im folgenden Abschnitt betrachtet werden.

### 4.3.3. Ägyptische Vorschriften

Die Egyptian Authority for Maritime Safety (EAMS) fordert für Schiffe, die unter ägyptischer Flagge fahren, bestimmte Teile der SOLAS-Konvention und anderer Vorschriften einzuhalten. Dazu gehören die Brandabwehrsysteme, Brandbekämpfungsübungen und auch Pläne zu Brandschutzzonen [70, S. 2]. Sie sollen sich auch an den kompletten International Ship and Port Facility Security Code (ISPS-Code) halten [70, S. 2]. Dazu kommen die Anforderungen an Rettungswesten aus der SOLAS-Konvention [70, S. 2].

Diese Vorschriften gelten in dieser Form wahrscheinlich nur für Handelsschiffe und andere Schiffe, die bei der IMO registriert sind. Der Großteil der derzeit fahrenden, ägyptischen Tauchsafarischiffe halten sich augenscheinlich nicht an diese Vorschriften. Dennoch fuhr die „Carlton Queen“ unter ägyptischer Flagge und war auch dort registriert [71]. Weitere Vorschriften sind derzeit nur auf Arabisch erhältlich.

Für Tauchsafarischiffe erstellt die CDWS weitere Vorschriften. Diese fordern allerdings nur Kommunikationsausrüstung, Tauchausrüstung und einige Räume für die Besatzung sowie einen Generator [72]. In Bezug auf Sicherheit werden nur noch Vorschriften für Erste-Hilfe Ausrüstung genannt [73]. Darüber hinaus wird eine schwarze Liste illegal agierender Firmen gepflegt [74].

Die Vorschriften der EAMS und CDWS für Tauchsafarischiffe resultieren daher in einem Sicherheitsstandard, der weit unter dem der vorgenannten internationalen Vorschriften und Aufsichtsorgane liegt und nicht dem Stand der Technik entspricht.

#### 4.3.4. Südostasiatische Vorschriften

Die Einsichtnahme in indonesische und thailändische Bau- und Betriebsvorschriften scheiterte an der Sprachbarriere, da die Webseiten der jeweiligen verantwortlichen Organisationen nur in der Landessprache zugänglich sind. Das Marine Department von Thailand hat bisher noch nicht auf Anfragen geantwortet [75]. Die Indonesischen maritimen Sicherheitsagentur verlangt für die Einsichtnahme ein ausführliches Gesuch zu wissenschaftlicher Zusammenarbeit, was im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt werden kann [76].

#### 4.4. ADTO

Da auch einige Anbieter von Tauchreisen realisiert haben, dass es nicht auf allen Tauchsafarischniffen ausreichende Sicherheitsmaßnahmen gibt, kontrolliert eine Gruppe von Veranstaltern selbst einige Sicherheitsmerkmale. Die Association of Dive Tour Operators (ADTO) ist „eine Gruppe aus 19 Tauchreiseveranstaltern“ [77] aus mehreren europäischen Ländern. Sie wollen ein Mindestmaß an Sicherheit garantieren. Zu diesem Zweck arbeiten sie an einem unabhängigen Qualitätssiegel. Dieses verlangt Feuerlöscher und auch Rauchdetektoren an Bord von Schiffen, sowie eine jährliche Prüfung in einem Dock [78]. Weitere Kriterien werden derzeit noch durch Experten erarbeitet.

Auch in der Luftfahrt werden internationale Vorschriften durch verschiedene Staaten verschieden streng ausgelegt und überwacht. Dies führt zu nationalen Vorschriften, die kein einheitliches Sicherheitsniveau bieten. Bei Codeshare-Flügen müssen die Fluggesellschaften jedoch mindestens das gleiche Sicherheitsniveau garantieren, wie auf ihren eigenen Flugzeugen. Dies hatte zur Folge, dass Fluggesellschaften einander regelmäßig auditieren mussten, um Nachweise über das tatsächliche Sicherheitsniveau der Codeshare-Partner zu erbringen. Um diese gegenseitigen Audits durch ein allgemeingültiges Audit zu ersetzen und Ressourcen zu sparen, entwickelte die International Air Transport Association (IATA) das IATA Operational Safety Audit (IOSA) [79]. Dies ist ein weltweit standardisiertes Prüfverfahren, mit dem ein guter Sicherheitsstand nachgewiesen werden kann. Mittlerweile muss jede IATA-Mitgliedsfluggesellschaft turnusgemäß IOSA Audits bestehen, um die IATA-Mitgliedschaft zu erhalten und Codeshare-Flüge anbieten zu können. Ein ähnliches Modell wäre auch bei Tauchsafaribooten denkbar, um dem Problem der unterschiedlich strengen nationalen Vorschriften sowie der unterschiedlichen Durchsetzung dieser Vorschriften zu begegnen. Doch derzeit ist das Prinzip nach dem Vorschriften in der Schifffahrt aufgebaut werden ein deutlich anderes. Es werden nationale Vorschriften auf internationale aufgebaut, sodass ein Geflecht an verschiedenen Richtlinien entsteht.

Neben Richtlinien für den Bau der Schiffe ist auch eine gute ausgebildete Besatzung notwendig um Unfälle zu vermeiden. Daher werden als nächstes einige Ausbildungsstandards betrachtet.

#### 4.5. Ausbildungsstandards

Die IMO hat das International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW-Übereinkommen) einen allgemein anerkannten Grundsatz für die Ausbildung von Offizieren und Seeleuten geschaffen. Dieses verlangt für alle Seefahrer, dass sie mit der persönlichen Sicherheitsausrüstung vertraut sind und diese nutzen können. Dazu zählen Rettungswesten, Überlebensanzüge, Rettungsinseln, Feuerlöscher und

Erste-Hilfe-Maßnahmen. Des Weiteren wird die Vertrautheit mit Notfallprozeduren und der Notfallkommunikation verlangt [80, Section A-VI/1]. Für Passagierschiffe werden auch Fähigkeiten im Notfall mit Passagieren zu kommunizieren, diesen beruhigende Befehle zu erteilen und Ordnung in Gruppen von Gästen zu bringen, verlangt. Zusätzlich müssen sie die Kabinen korrekt durchsuchen können [80, Section A-V/2]. Zur Brandbekämpfung muss jedes Besatzungsmitglied mit den Fluchtwegen, Brandursachen und brennbaren Materialien vertraut sein. Darüber hinaus muss jeder Seefahrer auch Wissen zu Brandbekämpfungsausrüstung und -methoden nachweisen [80, Section A-VI/1]. Es gibt noch zusätzliche Nachweise einer erweiterten Brandbekämpfung für Besatzungsmitglieder, die speziell zur Brandbekämpfung an Bord eingesetzt werden sollen [80, Section A-VI/3]. Das Training dauert insgesamt normalerweise 12 Monate neben dem Einsatz auf See oder 4 Monate für spezielle Ausbildungen an Land oder an Bord eines Schiffes. Diese Ausbildung bildet nur die Grundlage. Für erweiterte Aufgaben, wie das zu Wasser lassen von Rettungsbooten, Festmachen des Schiffes oder Wartungsarbeiten ist eine erweiterte Ausbildung von 12 -30 Monaten nötig [80, Section A-VII/2]. Eine Ausbildung nach diesem Standard ist in vielen Ländern möglich. So gibt es zum Beispiel in Ägypten [81], auch in Thailand [82] und den Philippinen [83] Ausbildungsstätten.

Die CDWS ist bestrebt einen besseren Ausbildungsstandard der Tauchsafarischiffsbesatzungen in Ägypten zu erreichen, indem sie Schulungen anbietet. Hier wird die Initiative zur Qualifizierung von Safarischiffbesatzungen und das Training zum technischen Leiter für Tauchsafarischiffe behandelt. In der Initiative zur Qualifizierung von Tauchsafarischiffbesatzungen wird keine einzelne Schulung angeboten. Stattdessen wird Besatzungsmitgliedern das Erreichen einer offiziellen Qualifizierung durch die EAMS erleichtert [84]. Nach welchen Standards hier geprüft wird ist unklar und auf eine Anfrage wurde bis jetzt nicht reagiert [85]. Das STCW-Übereinkommen verlangt allerdings eine deutlich längere Ausbildung, was bedeutet, dass nicht nach diesem geprüft wird. Das Training zum technischen Leiter für Tauchsafarischiffe soll das Wissen dieser über mögliche Gefahren beim und Regeln zum Tauchen verbessern [86].

Auch Rettungsmittel tragen stark zur Überlebenschance bei. Daher werden die Anforderungen an diese als nächstes betrachtet.

#### 4.6. Sicherheitsausrüstung und Rettungsmittel

Rettungsmittel reichen von den Rettungswesten bis hin zu Rettungsbooten und -inseln, um das Schiff zu verlassen. Die Anzahl und Position der verschiedenen Rettungsmittel regelt die SOLAS-Konvention. Die Vorschriften zur Ausführung und Machart von Rettungsmitteln sind in dem Lifesaving Appliances Code (LAS-Code) festgehalten.

Es müssen auf einem Passagierschiff 8 Rettungsringe an Bord sein, von denen mindestens 6 mit automatischen Lichtern versehen sein müssen [54, Chapter III Part B Regulation 22.1]. Alle Rettungsringe müssen so angebracht werden, dass sie schnell gelöst werden können und nicht permanent befestigt sind [54, Chapter III Part B Regulation 7.1]. Der Auftrieb muss über 14,5 kg liegen und Rettungsringe müssen Feuer für 2 Sekunden standhalten, ohne selbst zu brennen [87, Chapter 2.1.1].

Die Ausführung und Eigenschaften von Rettungsringen lassen sich schlecht von außen beurteilen. Allerdings sind häufig zu wenige an Bord von Tauchsafarischiffen. Zusätzlich sind die Auftriebskörper teilweise inkorrekt angebracht. Wie zum Beispiel an Bord der „Emper-

or Elite“, wo die Rettungsringe mit Kabelbindern befestigt sind (Abb. 17), sodass deren schneller Einsatz behindert wird.

Es müssen auch für 5% mehr Personen, als Personen an Bord sind, Rettungswesten an Bord vorgehalten werden. Diese zusätzlichen 5% müssen außerhalb von Kabinen auf dem Deck gelagert werden. [54, Chapter III Part B Regulation 7.2 + 22.2]. Dazu müssen zusätzlich 10% der Anzahl an Rettungswesten als Kinderwesten vorhanden sein und für alle Babies müssen ebenfalls Rettungswesten an Bord sein [54, Chapter III Part B Regulation 7.2]. Alle Rettungswesten müssen für 140 kg Körpergewicht ausgelegt sein und sollen den Kopf auch bei bewusstlosen Personen über Wasser halten [87, Chapter 2.2.1].

Auch diese Richtlinien werden auf Tauchsafarischiffen nicht immer eingehalten. So sind die Rettungswesten auf der „Emperor Elite“ sehr einfach gehalten und entsprechen nicht den Vorschriften, beispielsweise verfügen diese über keinen Kragen (Abb. 18). Dies ist kein Einzelfall. Auch die Schwimmwesten auf der „Carlton Queen“ sollen keinen Kragen gehabt haben [88]. Korrekte Rettungswesten haben Kragen und können meistens gestapelt werden (Abb. 19).

Nur zwei Rettungsinseln müssen an Bord sein, die insgesamt alle Personen aufnehmen können. Dabei muss je eine Insel auf jeder Seite des Schiffs sein [54, Chapter III Part B Regulation 21.1.4]. Diese müssen mit Paddeln, Erste-Hilfe Ausrüstung, Rauch- und Leuchtsignale, Nahrung, Wasser und weiterem ausgerüstet sein [87, Chapter 4.1.5]. Die Inseln müssen über eine Rampe oder Leiter betreten werden können [87, Chapter 4.2.4]. Zusätzlich müssen die Rettungsinseln mit Hersteller, Seriennummer, Herstellungsdatum, zuständiger Behörde, Wartungsprotokoll und Kapazität markiert werden [87, Chapter 4.2.7].

Diese Markierungen sind bei der „Emperor Elite“ ebenfalls nicht ausgefüllt (Abb 20) und somit kann keine Aussage über die Funktionsfähigkeit der Rettungsinsel getroffen werden.

Zusätzlich muss ein Rettungsboot an Bord sein [54, Chapter III Part B Regulation 21.2]. Dieses muss eine Rettungsinsel schleppen können [87, Chapter 5.1.1.7]. Rettungsboote müssen mit mehr Signalausstattung als Rettungsinsel ausgestattet werden. Zusätzlich sollen Bootshaken und Navigationsmittel an Bord sein [87, Chapter 5.1.2]. Rettungsboote sind meistens auf Tauchsafarischiffen nicht vorhanden. Es gibt meistens nur die zum Tauchen gedachten Beiboote, die aus einem teilweise festen und teilweise aufblasbaren Rumpf bestehen.

Die meisten Schiffe nutzen auch Automatic Identification System (AIS) zur Positionsbestimmung und Kollisionsverhütung. Dies fehlt auf Tauchsafarischiffen vollständig, was man daran erkennen kann, dass diese Schiffe nicht auf Webseiten zum Finden von Schiffen wie Vesseltracker oder MarineTraffic zu finden sind. Die Nutzung von AIS ist in der SOLAS-Konvention verpflichtend für Passagierschiffe [54, Chapter V Regulation 19.2.4]

Zu der Grundausrüstung für Sicherheit eines Schiffes gehört auch die Anker- und Kettenausrüstung. Diese wird über Vorschriften von Klassifikationsgesellschaften ausgelegt. Das BV hat für Yachten eine Berechnung nach den auf die Yacht wirkenden Kräften definiert. Dabei werden Kräfte durch Strömung und Wind auf verschiedene Teile des Schiffs berücksichtigt. Diese Anteile werden mit Faktoren zu einer Vergleichskraft zusammenaddiert [58, Part B Ch7 Sec 1.2.2]. Für eine exakte Berechnung dieser Kraft fehlen leider Daten zu Tauchsafarischiffen. Die Anker und Ketten werden danach über die Vergleichskraft dimensioniert [58, Part B Ch7 Sec 1.3]. Aufgrund der Komplexität dieser Berechnung können keine sinnvollen Annahmen von Werten für Tauchsafarischiffe im Allgemeinen getroffen werden, da auf die Form und Größe der Decksaufbauten detailliert eingegangen wird und diese sich von Schiff zu

Schiff stark unterscheiden können. Daher wird auf die vergleichsweise einfachere Auslegung für Stahlschiffe zurückgegriffen. Dabei wird eine Ausrüstungsleitzahl aus Verdrängung Seitenlateralfäche, Höhe, Breite und Schornsteinmaßen berechnet [89, Part B Ch12 Sec 4.1.2]. Als Beispiel errechnet sich für ein Tauchsafarischiff mit einer Überwasserlateralfäche von 300 m<sup>2</sup>, einer Höhe von 10 m über dem Wasser, einer Breite von 7 m, einer Verdrängung von 110 t und ohne nennenswerten Schornstein eine Ausrüstungsleitzahl von ca. 191. Aus dieser Ausrüstungsleitzahl werden Ankeranzahl und -gewicht sowie auch die Maße für die Kette aus einer Tabelle ermittelt [89, Part B Ch12 Sec 4]. Aus der für das Beispielschiff berechneten Ausrüstungsleitzahl ermittelt sich ein Gewicht von 570 kg für zwei Anker, welche an Bord verwendet werden müssen. Dabei müssen auch Ketten mit einer Länge von 302,5 m und einem Durchmesser von 20,5 bis 24 mm eingesetzt werden.

Auf vielen Tauchsafarischiffen sieht man keine großen Ankeranlagen. Es gibt im Vorschiff nur Klüsen für die Leinen der Liegeplätze in den Riffen [90]. Teilweise werden kleine Anker für die Riffe verwendet, wie etwa auf der „Ghazala Explorer“ (Abb. 26). Anker werden gebraucht, um im Notfall bei ausgefallener Maschine die Position halten zu können, auch wenn diese nicht regelmäßig zum Ankern gebraucht werden. So hätte man möglicherweise auch den Unfall der „Omneia Soul“ oder der „Emperor Echon“ verhindern können, indem zusätzliche Anker ausgebracht werden.

## 5. Zusammenwirken der Vorschriften

Diese Vorschriften bilden ein Gewirr an verschiedenen Organisationen und Staaten, die ein eigenes Interesse an der Sicherheit auf Schiffen haben. Flaggenstaaten sind verpflichtet die Einhaltung von internationalen Vorschriften für Schiffe unter ihrer Flagge zu überprüfen und haben ein Interesse ihre eigenen Vorschriften zu durchzusetzen. Für diese Kontrolle werden meistens Klassifikationsgesellschaften beauftragt. Diese erstellen aus den nationalen und internationalen Vorschriften eigene Regelwerke, nach denen ein Schiff gebaut werden kann. Diese beinhalten meist bereits die relevantesten Vorschriften. Zusätzliche Anforderungen müssen extra geprüft werden.

Diese Bauvorschriften bilden mit den weiteren Vorschriften zu Ausbildung, Rettungsmitteln oder auch Vorschriften wie dem ISM-Code ein Sicherheitsnetz aus mehreren Lagen. Das Schweizer-Käse-Modell bildet genau ein solches Netz ab. Die erste Schicht bilden hierbei Entscheidungen zum Design und der Schiffsführung, welche beide bereits Unfälle, wie Feuer verhindern können. Eine weitere Schicht bilden dann Feuermelder, die eine Ausbreitung dieses Feuers durch frühe Warnung und schnelles Bekämpfung verhindern. Erst wenn beide Schichten fehlschlagen muss überhaupt an eine Evakuierung gedacht werden. Hier hilft die Ausbildung der Besatzung, welche weitere Schichten erzeugt. Erst wenn mehrere Schichten durch Lücken wie beispielsweise schlechte Ausbildung oder Funktionsfehler in der Ausrüstung durchdrungen werden können, entsteht ein tatsächlicher Notfall [91, S. 4]. Da ein Fehlschlag einer oder mehrerer Schichten immer möglich ist, weil man nie eine lückenlose Sicherheit aufbauen kann, müssen möglichst viele Schichten, welche zu Sicherheit beitragen, aufgebaut werden. So kann das Überlappen von allen Schichten verhindert werden.

Was passiert, wenn es nur wenige Schichten gibt, welche einige Lücken aufweisen sieht man an dem Brand der „Conception“ bei dem im Jahr 2019 34 Personen gestorben sind. Im Anschluss wird der Bericht zu diesem Unfall behandelt.

## 6. Untersuchung zum Brand der „Conception“

Zu dem Brand der „Conception“ am 02. September 2019 gibt es einen ausführlichen Untersuchungsbericht der NTSB. Das Schiff war zum Unfallzeitpunkt bereits 38 Jahre alt [23, S. 1] und daher nach alten Vorschriften und Standards konstruiert. Die „Conception“ geriet vor der Insel Santa Cruz (Kalifornien, USA) nachts vor Anker liegend in Vollbrand und sank infolgedessen.

### 6.1. Hintergrundinformationen

Die „Conception“ war 23m lang und 8m breit. Sie hatte Platz für 46 Übernachtungsgäste und eine Besatzung von 6 Personen [23, S. 3]. Dies sind im Vergleich mit der Carlton Queen sehr viele Personen auf einem vergleichsweise kleinen Schiff. Dies wurde ermöglicht, indem die Gäste in Etagenbetten im Unterdeck schliefen [23, S. 4f] und es nur eine gemeinsame Dusche gab. Aufbau und Lage aller Räume sind in einem Deckplan (Abb. 10) festgehalten. Es liegt jedoch kein Plan für das Tankdeck vor. Dies ist im Gegensatz zur „Carlton Queen“ allerdings auch für den Unfallhergang und die Aufklärung nicht so relevant.

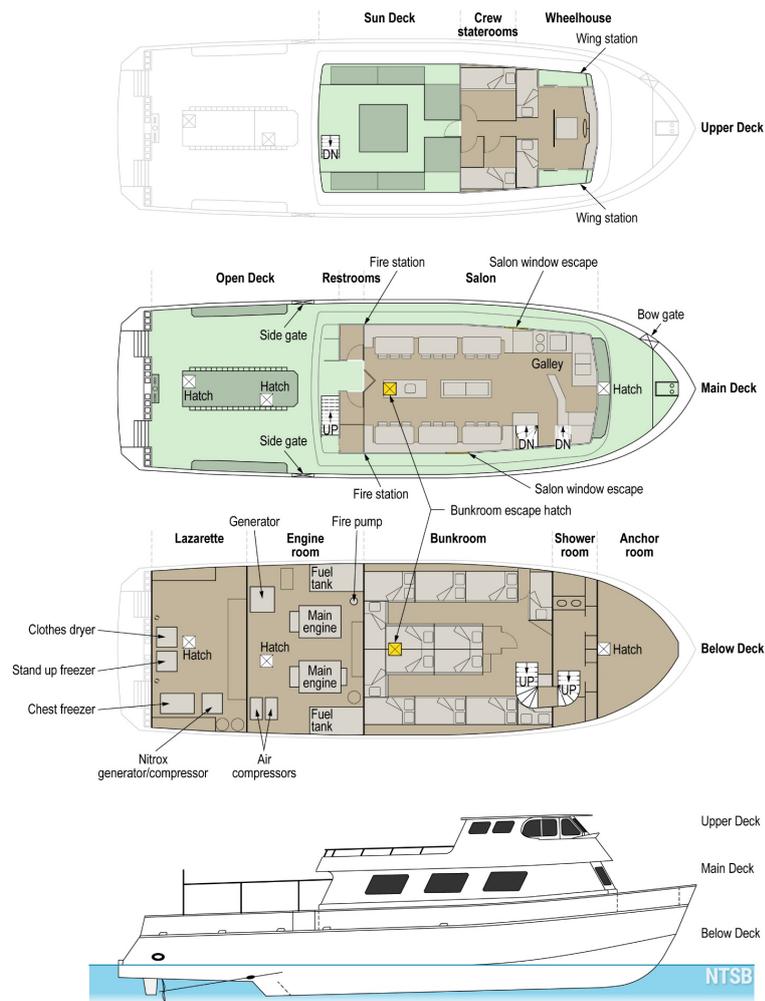


Abbildung 10: Deckplan Conception [23, S. 3]

## 6.2. Unfallhergang

Die Fahrt begann am 31. August 2019 mit 33 Gästen, also nicht mit vollständiger Belegung [23, S. 7]. Die Besatzung war zum Start der Reise vollständig. So kann das Schiff pünktlich um 4 Uhr Morgens ablegen. Im Anschluss wird eine Sicherheitseinweisung zu der Sicherheitsausrüstung, Fluchtwegen aus dem Salon und dem Schlafsaal, dem Sammelpunkt im Notfall und Tauchsicherheit gegeben. Diese wurde allerdings gekürzt, nachdem ein Gast bewusstlos wurde. Als der Gast das Bewusstsein wiedererlangt hat, wurde die Einweisung fortgeführt. Dabei wurden allerdings einige relevante Themen nicht vermittelt.

Die nächsten zwei Tage verliefen wie geplant und es wurden mehrere Tauchplätze bei der Insel Santa Cruz zum Tauchen angefahren. Am Abend des 01. September wurden nach dem letzten Tauchgang einige Geräte zum Aufladen im Salon angeschlossen. Im Anschluss gehen sowohl die Gäste als auch alle Besatzungsmitglieder schlafen. Eine Nachtwache war nicht geplant, obwohl dies vorgeschrieben ist. [23, S. 9].

Kurz nach halb drei in der Nacht wacht ein Besatzungsmitglied auf und erkannte das

Feuer, nachdem er durch Geräusche darauf aufmerksam wurde. Dieses Besatzungsmitglied alarmierte die restliche Besatzung. Zu diesem Zeitpunkt war die Treppe von dem oberen Deck auf das Hauptdeck bereits in Brand und konnte nicht mehr verwendet werden. Auch der Salon war bereits so stark in Flammen gehüllt, dass ein Entkommen durch die vorgesehenen Notausgänge unmöglich war. Ein Besatzungsmitglied sowie der zweite Kapitän kletterten über die Reling auf das Hauptdeck herab. Ein anderes Besatzungsmitglied versuchte zu springen und brach sich dabei das Bein [23, S. 10f]. Auf dem Hauptdeck versuchten zwei Besatzungsmitglieder für die im Unterdeck eingesperrten Gäste eine Flucht aus dem brennenden Salon zu ermöglichen, indem sie ein Fenster am Bug öffneten. Dies scheiterte an den Verschlüssen auf der Innenseite des Fensters.

Der Kapitän setzte in der Zwischenzeit einen Notruf ab, welcher von der Küstenwache empfangen wurde. Allerdings musste er durch den Rauch noch im Gespräch die Brücke verlassen und sprang vom Schiff ins Meer. Dadurch konnten nicht alle nötigen Informationen übermittelt werden. Daher wurde der Notruf als medizinischer Notfall fehlinterpretiert, da der Kapitän sagte, er könne nicht atmen. Somit war der Küstenwache zunächst unbekannt, dass das gesamte Schiff im Vollbrand war. Der zweite Kapitän und ein Besatzungsmitglied sahen den scheinbar brennenden Kapitän ins Wasser springen. Daraufhin sprang der zweite Kapitän hinterher, um Hilfe zu leisten [23, S. 11].

Weitere Versuche, einen Fluchtweg für die Passagiere zu ermöglichen, scheiterten am Feuer und den wenigen Möglichkeiten. So sprangen auch die 3 an Bord verbliebenen Besatzungsmitglieder von Bord, nachdem sie vom Kapitän dazu aufgefordert wurden. Der zweite Kapitän kletterte nun wieder auf das Heck des Schiffes und versucht noch einmal über den Zugang zum Maschinenraum Passagiere zu retten. Der Rauch hielt ihn allerdings davon ab. Daraufhin lässt er mit Hilfe eines weiteren Besatzungsmitglieds, welches ebenfalls wieder an Deck geklettert war, ein Beiboot zu Wasser. Danach versuchte das Besatzungsmitglied eine Feuerlöschpumpe zu aktivieren, scheiterte jedoch an den durch Feuer und Rauch blockierten Wegen [23, S. 12].

Während das Besatzungsmitglied die Feuerlöschpumpe anzuschalten versuchte, nahm der zweite Kapitän den Kapitän mit dem Beiboot auf. Im Anschluss kehrten sie zurück zum Schiff um auch das Besatzungsmitglied auf der „Conception“ sowie die übrigen zwei Besatzungsmitglieder aufzunehmen. Diese 5 suchen dann Zuflucht auf einem nahen Sportboot, und wecken dort alle Personen an Bord. Von dort aus nahm der Kapitän erneut Kontakt mit der Küstenwache auf und die anderen Besatzungsmitglieder wurden versorgt [23, S. 12].

Aufgrund des hektischen unklaren Funkverkehrs zwischen der „Conception“ und der Küstenwache sandte diese zunächst nur Schiffe für einen medizinischen Notfall aus. Erst als sich von dem Sportboot erneut jemand meldete wurde klar, dass die „Conception“ brannte und noch 34 Personen im Schiffskörper gefangen waren [23, S. 13f].

Der zweite Kapitän und ein Besatzungsmitglied begaben sich wieder in das Beiboot, um nach weiteren Überlebenden zu suchen. Sie gaben aber nach einiger Zeit auf und kehren zum Sportboot zurück. Eine Stunde nachdem der Funkspruch von dem Sportboot ausging, traf das erste Boot der Küstenwache ein, welches jedoch nicht für Brandbekämpfung ausgelegt war. Nach und nach trafen weitere Schiffe der Küstenwache ein, die sich an der Suche nach Überlebenden und der Brandbekämpfung beteiligen [23, S. 16f]. Der folgende Einsatz dauert noch neun Tage. Von den insgesamt 39 Personen, die zum Unfallzeitpunkt an Bord der „Conception“ waren, starben 34 Personen; bei den Opfern handelte es sich um alle 33 Gäste sowie 1 Besatzungsmitglied.

### 6.3. Mögliche Ursachen für das Feuer

Von der NTSB wurden zunächst verschiedene mögliche Orte, an denen das Feuer ausgebrochen sein könnte, untersucht. Hierbei wurden die Kombüse, das komplette Unterdeck inklusive Maschinenraum, sowie auch das Oberdeck als wahrscheinliche Orte für den Ausbruch des Brandes aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen. Die Gründe reichen von ausgeschalteten Geräten, wie Öfen, Motoren und Generatoren bis hin zu Aussagen der Überlebenden zur Ausbreitung von Rauch und Feuer [23, S. 58f].

Nach Aussagen der Besatzung stand zum Zeitpunkt der Entdeckung des Feuers bereits der Salon zum Großteil in Brand und blockierte die Treppe zum oberen Deck. Aus der Ausbreitung des Feuers zu dieser Zeit und den möglichen Gegenständen, die den Brand ausgelöst haben können, schließt die NTSB auf den hinteren Teil des Salons als Brandursprung [23, S. 59]. Die fehlende Nachtwache war vorschriftswidrig. Allerdings wurde die Einhaltung dieser Vorschrift nicht durch die Küstenwache kontrolliert. Die NTSB hat daher die Küstenwache angehalten dies besser zu kontrollieren [92].

Im Anschluss werden wahrscheinliche Ursachen des Feuers erarbeitet. Dabei wird auf die im hinteren Teil des Salons aufladenden elektrischen Geräte hingewiesen und auch auf die Möglichkeit von nicht korrekt entsorgten Zigarettenabfällen aufmerksam gemacht. Die elektrischen Einrichtungen sind zum Teil von der Besatzung installiert worden. Deswegen nimmt die NTSB einen Funken durch Fehler in den elektrischen Verbindungen als möglich an. Auch das Aufladen von Batterien kann zu Bränden führen, wenn es einen Fehler gibt [23, S. 60].

Im Außenbereich des Salons gibt es weitere mögliche Brandursachen. Dort sind die wahrscheinlichsten Ursachen die genannten Zigarettenabfälle. Die Plastikmülltonnen an diesem Ort können in Verbindung mit solchen Abfällen schnell einen Brand verursachen. Ein Bericht von anderen Behörden behauptet, dass hier das Feuer begonnen hat [92]. Allerdings kann die NTSB andere Brandursache nicht ausschließen [23, S. 61].

### 6.4. Probleme bei der Evakuierung und Rettung

Ein großes Problem auf der „Conception“ waren die Fluchtwege. Beide Fluchtwege aus dem Schlaftsaal führten in den Salon. So konnte das Feuer im Salon alle Fluchtwege aus dem Unterdeck und dem Salon schnell blockieren und sperrte somit alle im Unterdeck schlafenden Personen ein [23, S. 67f]. Auch die vorgeschriebenen Notfallübungen wurden nicht durchgeführt [23, S. 48].

Die Rettung wurde durch die für die Küstenwache zunächst unklare Situation erschwert. Zuerst wurde nur ein medizinischer Notfall angenommen und daher keine zur Brandbekämpfung ausgerüsteten Boote ausgesandt. Erst nach der Kontaktaufnahme vom Sportboot wurden Löschfahrzeuge alarmiert [23, S. 69].

### 6.5. Empfehlungen des NTSB

Die NTSB hat sowohl an die Küstenwache als auch an andere Organisationen Empfehlungen ausgesprochen. Die Küstenwache soll die Installation von Rauchmeldern in allen Schlafräumen auf alten und neuen Passagierschiffe fordern. Die Rauchmelder sollen miteinander verbunden sein, so dass alle aktiv werden, wenn einer ausgelöst wurde. Des Weiteren soll ein Besatzungsmitglied regelmäßige Kontrollgänge durchführen. Zusätzlich sollen zwei

unabhängige Fluchtwege aus Gästeräumen existieren, die nicht in den gleichen Raum führen dürfen und nicht von einem Feuer gleichzeitig blockiert werden können [23, S. 76].

Bis dies durch die Küstenwache in ihre Vorschriften übernommen wird, empfiehlt die NTSB die freiwillige Installation von den beschriebenen Rauchmeldeanlagen und Fluchtwegen [23, S. 76f].

Nun wird noch ein aktueller Unfall, zu dem es noch keinen offiziellen Untersuchungsbericht gibt, analysiert. Mögliche Ursachen und Probleme werden dabei selbst herausgearbeitet.

## 7. Analyse zur Kenterung der „Carlton Queen“

Die „Carlton Queen“ ist am 24. April 2023 gekentert und gesunken. Für eine nähere Aufarbeitung wurde mit Betroffenen gesprochen und verschiedene Behörden in Ägypten kontaktiert. Der Maritime Transport Sector des ägyptischen Verkehrsministeriums haben ebenso wie der EAMS nicht auf Anfragen reagiert [93].

Die „Carlton Queen“ war ein frisch renoviertes und erweitertes Schiff, das in dieser Saison zum ersten Mal Gäste an Bord genommen hat. Der Bau basierte auf einem bereits vorhandenen Rumpf.

### 7.1. Hintergrundinformationen

Mt einer Länge von 42 m und einer Breite von 8,5 m gehörte die „Carlton Queen“ zu den größeren Tauchsafarischiffen. Um die Höhe zu ermitteln, wurde aus einem Bild aus der Bauphase die gesamte Höhe in Pixeln abgemessen und mit der bekannten Länge in Pixeln verglichen (Abb. 11).

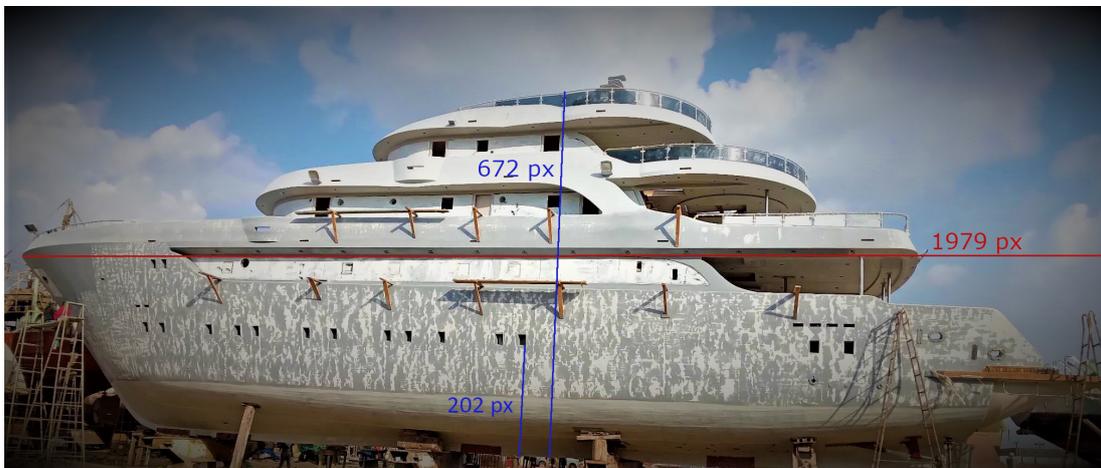


Abbildung 11: Abmessung der Höhe der Carlton Queen

Man erhält aus der bekannten Länge über einen Dreisatz eine Höhe von 14,3 m. Hierbei wird sowohl die perspektivische Verzerrung des Bildes sowie die Krümmung des Bugs außer Acht gelassen. Daher ist die berechnete Höhe nur als ein Schätzwert anzusehen. Das Schiff war für 28 Gäste und eine Besatzung aus 9 Personen ausgelegt.



Abbildung 12: Deckübersicht „Carlton Queen“ [94]

In Abb. 12 fehlt eine Darstellung des obersten Decks, zu dem die Gäste keinen Zugriff haben, da dort nur die Brücke zu finden ist. Auch ein Plan zu dem Tankdeck liegt nicht vor.

Das Wetter für das relevante Seegebiet an dem Unfalltag weist Sonnenschein und Winde um 20 km/h bzw. 4 Beaufort aus Westnordwesten auf [95].

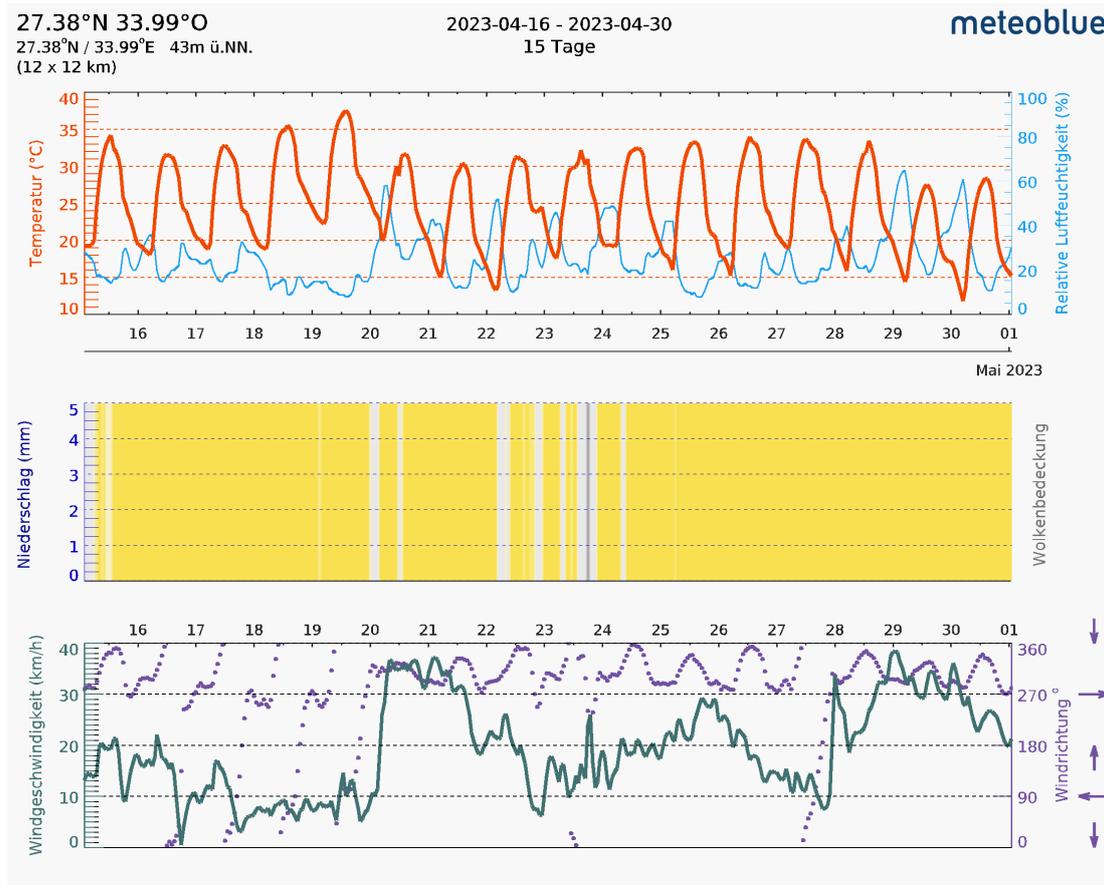


Abbildung 13: Wetter am Unfallort Ende April [95]

Zu beachten ist, dass es sich bei den Werten aus Abb. 13 nicht um tatsächliche Messwerte handelt, sondern um Simulationsdaten. Die vorgenannten Werte sind allerdings als hinreichend verlässlich und genau anzusehen. Im folgenden Abschnitt wird der Unfallhergang geschildert.

## 7.2. Unfallhergang

Dieser Abschnitt basiert auf Aussagen von Gästen, die zum Unfallzeitpunkt an Bord der Carlton Queen waren [88]. Am 22.04.2023 gingen die Gäste zum ersten Mal an Bord. Zu diesem Zeitpunkt wurde bereits eine deutlich sichtbare Krängung durch die Gäste festgestellt, welche die Besatzung mit dem Bunkerprozess begründet hat. In der sehr kurzen Sicherheitseinweisung wurde auf Rettungswesten unter den Betten und eine Luke als Notausgang in der vordersten Kabine für Personen unter Deck hingewiesen. Es gab weder an diesem noch an einem der folgenden Tage eine Notfallübung bei der man das Boot zur Übung evakuierte oder zumindest Evakuierungspläne durchgesprochen wurden.

Am nächsten Tag legte die „Carlton Queen“ für diese Reise das erste mal ab. Zu diesem Zeitpunkt war keine nennenswerte Krängung an Bord zu bemerken. Ein sogenannter Checkdive zur Kontrolle der Ausrüstung und der Taucheinrichtungen sowie zwei geplante Tauchgänge wurde ohne Vorkommnisse durchgeführt.

Der Morgen des 25. April 2023 brachte erneut eine starke Krängung nach backbord, die um ca. 04:00 Uhr das erste Mal von den befragten Gästen bemerkt wurde. Zu dieser Zeit war das Schiff noch mit Muringleinen am Riff vertäut. Die fehlende Erfahrung mit dem Vertäuen des neuen Schiffes nutzte die Crew als Begründung für die Schräglage. Nach einer morgendlichen Besprechung und dem Frühstück, bei dem Teller und Gläser durch die Krängung verrutschten, begann eine längere Überfahrt. Diese sollte den Großteil des Tages dauern. Zu Beginn der Überfahrt wurde die Krängung erneut geringer, sodass die Beunruhigung der Gäste sich wieder etwas legte, da die Gäste bereits im Vorjahr die gleiche Tour absolviert und das Schiff im Vorjahr teilweise auch starke Rollbewegung vollführt hatte. Nach kurzer Zeit stellte sich auf der „Carlton Queen“ ein Rollen ein. Hierbei verlagerte sich das Rollen immer mehr um einen Krängungswinkel nach Steuerbord.

Dann nahm die Krängung der „Carlton Queen“ innerhalb von drei Rollperioden extreme Winkel an. Dabei verharrte das Schiff 30 Sekunden bis zu über eine Minute in der stark gekrängten Schwimmlage stehen. Dies war der Beginn der Kenterung. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich 10-12 Personen auf dem Sonnendeck über dem Tauchdeck, 3 im Salon und 3 weitere Personen waren unter Deck. Der Großteil der Besatzung war in ihren Kabinen im Vorschiff. Auf dem obersten Deck befanden sich 3-5 Personen. Einige Gäste waren in ihren Kabinen auf dem Oberdeck. Weitere Personen verteilten sich über das gesamte Schiff. Beim Erreichen des ersten Extremwinkels wurden vermutlich die Kompressoren aus ihren Verankerungen gerissen, dies ist allerdings nicht bestätigt. Durch diese starke Krängung fielen einige Personen von Bord. Rettungsringe oder andere Auftriebskörper, um diesen zu helfen, waren nicht vorhanden.

Nach der letzten Rollperiode erholte sich das Schiff nicht und blieb auf der Steuerbordseite liegen. Die Backbordseite des Schiffs ragte nun annähernd horizontal aus dem Wasser und einige Personen standen auf dieser Seite des Schiffs. Daraufhin versuchten einige Gäste, Rettungsmittel klar zu machen. Es gab zu keiner Zeit Anweisungen durch den Kapitän oder die Besatzung. Die Rettungsinsel an der Backbordseite des Schiffes wurde zu Wasser gelassen. Als man diese durch eine Reißleine auslöste, schwamm sie auf dem Dach im Wasser und konnte nicht umgedreht werden. Auch nur eines der beiden Beiboote konnte aus dem Tauchdeck befreit werden. Das Andere war zu stark verkeilt. Doch auch dieses Beiboot war nicht vollständig einsatzbereit, da ein Schlauch stark an Luft verlor. Dieses Boot wurde durch einen Tauchguide und ein weiteres Besatzungsmitglied bemannt, um die Personen im Wasser zu retten. Die zweite Rettungsinsel wurde nun ebenfalls zu Wasser gelassen. Diese war vollständig einsetzbar, trieb aber schnell ab da sie nicht mit dem Schiff verbunden war. Nun begann eine langsame Evakuierung.

Zu diesem Zeitpunkt waren noch drei Personen unter Deck. Dort gab es weder Notstrom noch eine selbstleuchtende Beschilderung. Diese drei Personen prüften jede der Kabinen unter Deck auf weitere Personen. Danach versuchten sie, über den vorderen Notausgang in Richtung Bug nach draußen zu gelangen. Die Tür des Notausgangs lies sich auch mit drei Personen nicht öffnen. Als alle drei wieder bei der achterlichen Treppe ankamen, stieg bereits langsam das Wasser und nur zwei Personen konnten über die jetzt an der Decke liegenden Treppe in den Salon hinauf gehoben werden. So blieb eine Person im Unterdeck zurück. Die anderen konnten das Schiff über den Salon und das Tauchdeck verlassen.

Der Großteil der an Bord befindlichen Personen rettete sich in die eine funktionierende Rettungsinsel, die dadurch deutlich überladen war. Ein Manifest zur Überprüfung der Anwesenheit von Gästen und Besatzung lag nicht vor. Dadurch wurde erst spät klar, dass eine

Person noch im Schiff gefangen war. Zu diesem Zeitpunkt war die Rettungsinsel bereits zu weit abgetrieben, um zurück zum Schiff zu schwimmen. In der Rettungsinsel wurden drei Signalraketen gefunden. Die Personen in der Insel feuerten zwei davon ab. Diese hinterließen allerdings nur eine Rauchspur und keinen Leuchtpunkt. Die Besatzung eines nahen Frachters sah das Signaö dennoch und drehte daraufhin bei. Zusätzlich wurde die Kenterung von einem anderen Tauchsafarischiiff beobachtet, welches sogleich ein Beiboot zur Unterstützung zu Wasser ließ.

Die letzte Person auf der „Carlton Queen“ nutzte das steigende Wasser, um die Treppe doch noch zu erreichen. Im Anschluss musste diese Person durch den Salon, der noch gerade noch genug Luft für zwei Atemzüge hatte, und das Tauchdeck tauchen. Daraufhin konnte diese Person das Schiff verlassen und stieg, um Aufmerksamkeit auf sich zu lenken, auf den höchsten Punkt des gekenterten Schiffs.

Alle Personen konnten vom Beiboot des zweiten Tauchsafarischiiffs gerettet und auf dieses verbracht werden. Auf dem verfügbaren Bildmaterial trägt keine der geretteten Personen eine Rettungsweste, was die fehlende Koordination bei der Rettung illustriert. Das zweite Tauchsafarischiiff brachte zunächst alle zurück an den Tauchspot, an dem morgens die Fahrt begonnen hatte, da sich dort andere Tauchsafarischiiffe aufhielten. Eines dieser Schiffe hatte einen gut ausgerüsteten Arzt an Bord, welcher sich um die Verletzten kümmerte. Kurz darauf wurden die Gäste an Land gebracht. Die Ereignisse an Land sind kein Bestandteil dieser Arbeit.

Im folgenden Abschnitt werden mögliche Ursachen für die Kenterung erarbeitet.

### 7.3. Mögliche Ursachen für die Kenterung

Die Krängung bereits beim Bunkern weist auf eine sehr geringe Grundstabilität hin und zeigt, dass keine Standardprozeduren für das Bunkern verwendet wurden. Scheinbar war das Schiff zum Zeitpunkt der Abfahrt jedoch hinreichend stabil. Die aufgetretene Krängung durch das Vertäuen des Schiffs ist sehr unwahrscheinlich.

Da der Wind im Verlauf der Reise eher abflaute, ist auch dieser als Begründung unwahrscheinlich. Aber eine starke Böe kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, obwohl keiner der Interviewten etwas erwähnt hat, das eine Böe vermuten lässt [88]. Generell lag die Windgeschwindigkeit bei ca. 20 km/h bzw. 4 bft (Abb. 13).

Das sich aufbauende Rollen auf der Überfahrt am Unfalltag lässt hingegen vermuten, dass die Wellenperiode ein Vielfaches der schiffseigenen Rollperiode war. Diese Ähnlichkeit in der Frequenz sorgt für stetig größer werdende Rollwinkel. Durch diese Resonanz verstärkt sich die Rollbewegung mit jeder Welle [96, S. 222]. Allerdings lässt sich die Wellenperiode, welche das Schiff erfährt, beeinflussen, indem Kurs oder Geschwindigkeit geändert werden [96, S. 235-237]. So kann eine Kenterung durch diese sich aufbauende Rollbewegung durch gute Schiffsführung verhindert werden. Auch Wellen in oder entgegen der Fahrtrichtung können die Stabilität negativ beeinflussen, indem sie das Schiff teilweise aus dem Wasser heben. Dabei verringern Wellen mit einer Wellenlänge, die der Schiffslänge entspricht, die Stabilität am meisten [96, S. 224]. Auf Videos sieht man, dass die Wellen nicht sonderlich hoch sind [97]. Die Wellenhöhe wird auf maximal 2 m geschätzt, 1 m ist wahrscheinlicher, doch ohne tatsächlichen Maßstab lässt sich das aus Videos nur grob beurteilen. Daher wird eine höhere Welle angenommen, um eine maximale Stabilität zu beurteilen. 2 m hohe Wellen sind im Norden des Roten Meers sehr selten [98, S. 4522]. Dabei haben die Wellen normalerweise

eine Periode von 3 bis 6 s [98, S. 4524].

Die Stabilität wird über eine Reihe an Abständen der für die Stabilität relevanten Punkte berechnet (Abb. 27). Die Rollperiode des Schiffs ist abhängig vom  $\overline{GM}$ , der Breite und einem Faktor  $c$ , der bei Yachten zwischen 0,8 und 0,9 liegt [96, S. 141].

$$T_0 = \frac{\pi c B}{\sqrt{g \overline{GM}}} \quad (7.1)$$

Daraus erhält man bei einem angenommenen  $\overline{GM}$  von 0,3 m und einem  $c$  von 0,85 für die „Carlton Queen“ eine Rollperiode von 13 s. Dem entsprechend ist es unwahrscheinlich, dass eine Resonanz stattgefunden hat, wobei Resonanz auch durch Vielfache der Eigenrollperiode erzeugt werden kann. Zusätzlich kann durch ungünstige Schiffsführung die Frequenz der Wellen beeinflusst worden sein [96, S.237].

Darüber hinaus konnten die Fenster in den Duschen auf dem unteren Deck geöffnet werden [88]. Wenn der Verschlusszustand dieser Fenster nicht ausreichend kontrolliert wird, kann durch ein solches offenes Fenster sehr leicht Wasser eindringen, selbst wenn es im geschlossenen Zustand Wetter- oder Wasserdicht ist.



Abbildung 14: Höhe der Fenster

Wenn man die Länge des Schiffs als bekannt annimmt und mit 2910 Pixeln an Länge im Bild ausmisst, kann man eine Abschätzung zur Höhe der Fenster über der Wasseroberfläche treffen. Hierbei wird sowohl die perspektivische Verzerrung des Bildes sowie die Krümmung des Bugs außer acht gelassen. Daher ist dies nur eine grobe Abschätzung. Ein Dreisatz mit diesen Messergebnissen ergibt eine Höhe der Fenster über der Wasseroberfläche von nur 2,1 m. Ebenso kann man aus Abb. 11 erkennen, dass diese Fenster 4,3m über dem Kiel liegen. Diese geringe Höhe führt auch schon bei kleinen Rollbewegungen oder hohen Wellen zu einer möglichen Aufnahme von Wasser, wenn die Fenster offen oder nicht vollständig dicht sind. Die Wasseraufnahme reduziert die Stabilität rapide, da die Fenster in so einem Fall ein Leck darstellen. Allerdings wird erst nach der Kenterung von Wasser im Unterdeck berichtet. Da die Fenster klein waren und man keinen Kopf hindurch stecken könnte [88], werde sie hier

wie Bullaugen behandelt, obwohl eine genaue Messung der Größe nicht möglich ist. Laut Freibord-Übereinkommen sind Bullaugen maximal  $0,16 \text{ m}^2$  groß und dürfen nicht unter  $0,5 \text{ m}$  über der Sommerladelinie eingebaut werden. Zusätzlich darf man sie nur öffnen könnten, wenn das Ergebnis der Leckstabilitätsrechnung zeigt, dass das Bullauge auch bei einem Leckfall nicht eintaucht [99, Annex I Regulation 23]. Da eine entsprechende Leckrechnung nicht vorliegt, kann nicht beurteilt werden, in wie weit diese Vorschrift eingehalten wurde.

Die Krängung beim Bunkern und während das Schiff vertäut lag, weisen auf eine geringe Anfangsstabilität und mögliche Fehler in der Ballastverteilung hin. Eine inkorrekte Nutzung von außermittigen Tanks oder Fehler bei der Befüllung von Ballastwassertanks können ebenfalls die Stabilität reduzieren. Jedoch gibt es keine Informationen über das Tankdeck und die Nutzung von Ballast. Daher ist diesbezüglich keine weitere Analyse möglich.

Aufgrund der geringen Stabilität von Anfang an wird die Strecke  $\overline{GM}$ , welche ein gutes Maß für die Anfangsstabilität darstellt, mit  $0,3 \text{ m}$  angenommen. Für eine Analyse des Gewichtsschwerpunktes  $\overline{KG}$  wird ein  $\overline{KB}$  aus Bildern des Hecks und ein  $\overline{BM}$  aus dem untersten Deck aus dem Deckplan (Abb. 12) ermittelt, da das  $\overline{GM}$  nach Meyer-Bohe so errechnet werden kann [100, S. 14-16]:

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG} \quad (7.2)$$

$$\overline{KG} = \overline{KB} + \overline{BM} \quad (7.3)$$

$$\overline{BM} = \frac{I_T}{V} \quad (7.4)$$

Das  $\overline{KB}$  ermittelt sich aus einer Heckansicht, als Mittelpunkt der getauchten Fläche (Abb. 24). Für die Lage der Wasserlinie, also der Oberkante der Polylinie, welche die getauchte Fläche bildet, wurde aus der Seitenansicht (Abb. 14) die Höhe der Plattform am Heck über dem Wasser mit ungefähr einem Meter ermittelt und dieser Abstand für die Wasserlinie gewählt. Das ermittelte  $\overline{KB}$  beträgt aus diesem Spant nur  $1,5 \text{ m}$  bei einem Tiefgang von  $2,5 \text{ m}$ .

Für das  $\overline{BM}$  muss zunächst das verdrängte Volumen berechnet werden. Aus zwei vergleichbaren Tauchsafarischiffen wird ein Blockkoeffizient errechnet, um das verdrängte Volumen der „Carlton Queen“ abschätzen zu können:

$$c_B = \frac{V}{L * B * T} \quad (7.5)$$

Die Vergleichsschiffe hierfür sind die „Karibik Explorer II“ mit einem Blockkoeffizienten von  $c_B = 0,136$  [2] und die „Seahorse“ mit einem Blockkoeffizienten von  $c_B = 0,176$  [3]. Hierzu muss angemerkt werden, dass diese Schiffe beide einen größeren Tiefgang als die „Carlton Queen“ aufweisen und für die Blockkoeffizienten die Länge und Breite über Alles anstatt der Länge und Breite der Wasserlinie verwendet wird, da dies den Werten entspricht, welche für die „Carlton Queen“ bekannt sind. Der Mittelwert ist  $0,156$ . Damit ist das Volumen der „Carlton Queen“  $139 \text{ m}^3$ .

Für die Ermittlung des Wasserlinienträgheitsmoments wird die Wasserlinie des unteren Decks verwendet. Da der Deckplan verzerrt wurde und nicht zur Länge und Breite des Schiffs passt, wird dieser zurück transformiert, so dass Länge und Breite des Umrisses für das Top Deck zu den tatsächlichen Werten des Schiffs passen. Aus diesem Plan wird die Wasserlinie verwendet und mit einem Flächenträgheitsmoment von  $1244 \text{ m}^4$  gemessen (Abb. 23). Hieraus

und aus dem verdrängten Volumen wird ein  $\overline{BM}$  von 8,9 m berechnet. Das resultierende  $\overline{KG}$  beträgt 10,4m. Daraus resultiert ein  $\overline{KG}$  also die Höhe des Gewichtsschwerpunktes von 10,1 m. Dies ist bei einer Gesamthöhe von 14,3 m sehr hoch. Der Gewichtsschwerpunkt liegt ungefähr auf Höhe der Reling des ersten Oberdecks. Ein so hoher Gewichtsschwerpunkt ist unwahrscheinlich, da die Ausrüstung zum Tauchen und für den Betrieb des Schiffs und die Beiboote zum Großteil auf den unteren beiden Decks liegen. Der Gewichtsschwerpunkt kann sich allerdings auch durch das Verwenden von Treibstoff im Tankdeck nach oben verschoben. Allerdings muss das  $\overline{GM}$  deutlich größer sein, um die Krängung zu reduzieren, was eine Analyse des krängenden Moments durch den Wind zeigt.

Für die Abschätzung des krängenden Moments aus Wind wurde die Seitenlateralfäche aus einer Seitenaufnahme der „Carlton Queen“ ermittelt (Abb. 15).

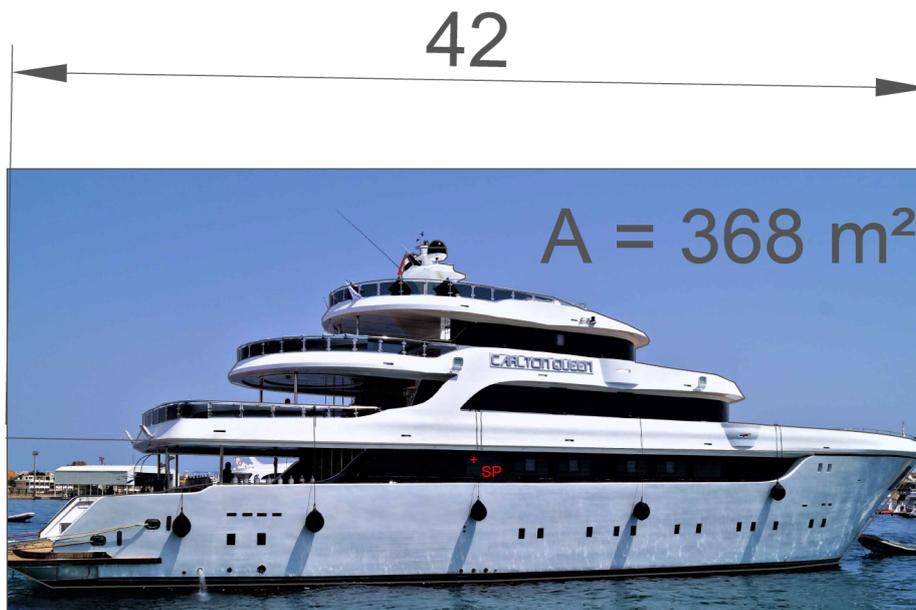


Abbildung 15: Seitenlateralfäche aus AutoCAD ermittelt

Die ermittelte Fläche ist nur grob mit der tatsächlichen Fläche zu vergleichen, da die Perspektive eine Ermittlung deutlich erschwert. Der Aufnahmewinkel von achtern verkürzt das Schiff optisch und bringt eine Verkleinerung des Bugs durch Tiefe hinzu. Zusätzlich können die oberen Decks nicht gut abgebildet werden, da die überdachten Decksflächen durch den Blick von unten größer dargestellt werden. Diese wurden mit einer größeren Fläche abgebildet, da so der Effekt der Bildtiefe verringert wird. Der rot markierte Flächenschwerpunkt liegt bei 5,8 m Höhe. Diese Position ist aufgrund der eben genannten Problematik nicht genau. Allerdings beeinflusst die Verzerrung die Lage entlang der Schiffslänge deutlich stärker. Daher wird mit dieser Fläche und Schwerpunktlage ein geschätzter Wert für das Windmoment berechnet. Hierbei wird mit einem Winddruck von 115 Pa bzw. 38 Pa gerechnet, was einer Windstärke von 6 bft bzw. 4 bft entspricht [101]. Diese Windstärken wurden gewählt, da 4 bft der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit am Unfalltag entspricht und 6 bft in einer Böe für diesen Tag noch realistisch ist. Für den durchschnittlichen Wind erhält man daraus ein krängendes Moment von 81 kN und für Böen 245 kN. Das entspricht mit der

zuvor berechneten Verdrängung krängenden Hebeln von 0,569 m bzw. 1,72 m nach Meyer-Bohe [100, S. 39]. Diese führen bei dem angenommenen  $\overline{GM}$  von 0,3 m zu Winkeln an denen die Kleinwinkelnäherung [100, S. 13] nicht mehr anwendbar ist.

$$h = \overline{GM} * \sin \varphi \quad (7.6)$$

Daher wäre eine Hebelarmkurve nötig. Diese kann aus den limitierten Daten allerdings nicht berechnet werden. Um den Krängungswinkel auf  $16^\circ$  zu reduzieren, wie es der IS-Code verlangt [43, Chapter 2.3.1.2], muss das  $\overline{GM}$  in der Kleinwinkelnäherung (7.6) 2 m bzw. 6,2 m betragen. Diese Werte werden definitiv nicht eingehalten, auch wenn das geschätzte  $\overline{GM}$  um einen Faktor von 6 zu niedrig ist.

Aus der Heckansicht mit dem Spant für das  $\overline{KB}$  (Abb. 24) kann auch ein Mindestwinkel berechnet werden, bei dem die Fenster zu Wasser kommen, wobei Wellen nicht beachtet werden. Dafür wird ein gekrängter Spant gezeichnet. Dieser hat die gleiche Fläche wie der Spant ohne Krängung und hat auf der Steuerbordseite die Höhe bis zu der Unterkante der Fenster (4,3 m), wie aus Abb. 11 durch Pixelmessung ermittelt werden kann. Die Fläche muss gleichbleiben, damit auch die Verdrängung sich nicht ändert. Dabei werden Änderungen durch die Schiffsform ignoriert, welche auch Trimmwinkel oder einen minimal anderen Winkel hervorbringen kann. Um diese Änderungen zu ermitteln, wären Pantokarenen und eine umfangreichere Stabilitätsrechnung nötig, für welche die Daten fehlen. Der Winkel, der aus dieser Analyse resultiert liegt bei  $27^\circ$  (Abb. 16). Dies kann durch Wellen deutlich resultiert werden, da diese die Höhe über dem Wasser zum Teil überwinden. Dies ist für Fenster welche zu öffnen sind bei der geringen Anfangsstabilität der „Carlton Queen“ niedrig.

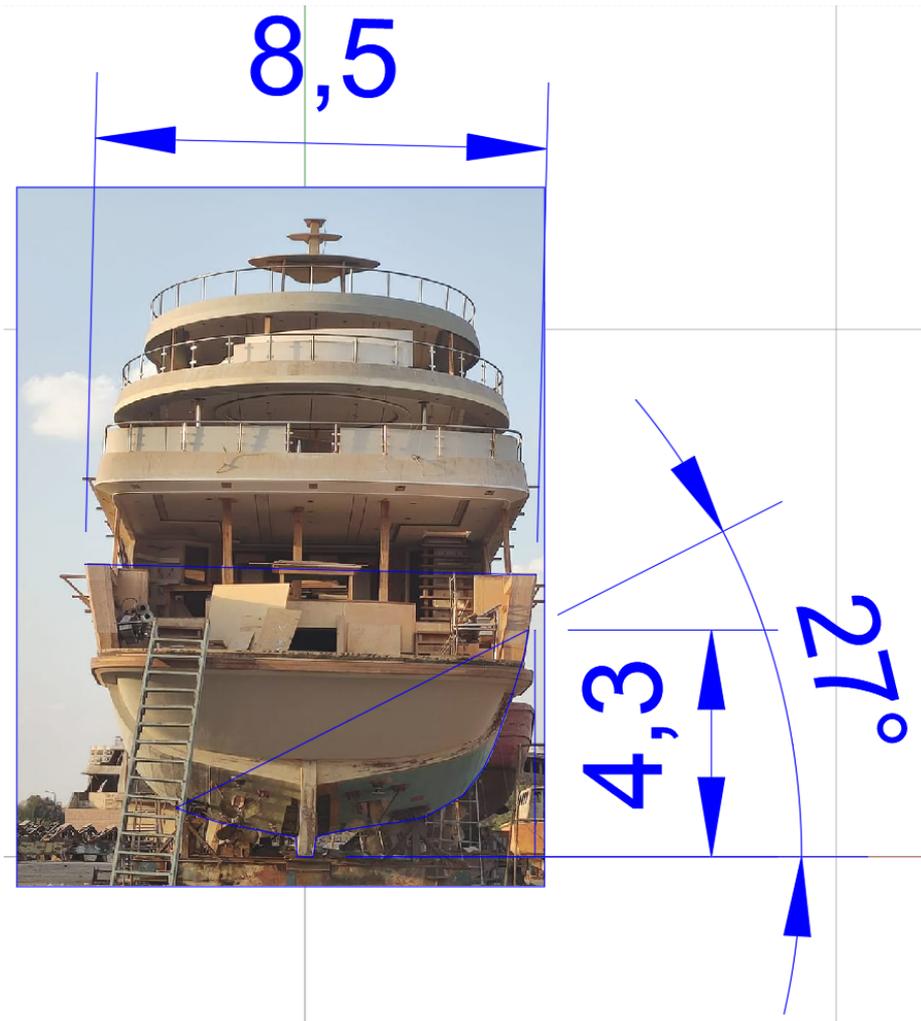


Abbildung 16: Seitenlateralfäche aus AutoCAD ermittelt

Die extreme Krängung hat schnell dazu geführt, dass die Treppe nur schwer zugänglich wurde. Diese und weitere Probleme werden nun betrachtet.

#### 7.4. Probleme bei der Evakuierung und Rettung

Die fehlenden Anweisungen der Besatzung haben dazu geführt, dass die Rettungsmittel zum Teil wahrscheinlich falsch eingesetzt wurden. Da die Rettungsinseln nicht mit einer Automatik für das Aufblasen in einer bestimmten Tiefe ausgerüstet waren [87, Chapter 4.1.6], wurden die Rettungsinselcontainer in das Wasser geworfen, ohne dass jemand darüber informiert war, wie diese zu öffnen sind und dass die Fangleine an Bord befestigt werden muss. Durch diese fehlenden Informationen verzögerte sich das Aufblasen der Rettungsinseln. Zusätzlich waren die Rettungsinseln auch nicht mit einer Leine an dem Schiff befestigt, welche gelöst wird, wenn das Schiff tatsächlich sinkt. Daher können die Rettungsinseln ungehindert abtreiben. Es sind im Normalfall Instruktionen als Piktogramm auf den Containern dargestellt. Allerdings können ungeschulte Personen solche Anweisungen in einer Notsituation

leicht übersehen oder nicht ausreichend Umsetzen.

Laut LAS-Code müssen Rettungsinseln in ruhiger See von nur einer Person von der Kopflage in die korrekte Lage gedreht werden können [87, Chapter 4.2.5]. Dementsprechend hätte das Umdrehen der zuerst ausgelösten Rettungsinsel mit zwei Personen möglich sein sollen, auch wenn das Wetter nicht ruhig war. Zumindest mithilfe des Schlauchbootes hätte man die Verwendbarkeit dieser Rettungsinsel sicherstellen können müssen. Es wurde allerdings nur von zwei nicht ausgebildeten Personen versucht die Inseln umzudrehen und diese haben nach kurzer Zeit aufgegeben. Das beschädigte Beiboote wurde nicht zur Unterstützung verwendet. Wenn man nicht in der richtigen Technik geschult ist, könnte sich das Aufrichten einer Rettungsinsel schwierig gestalten. Es ist somit wahrscheinlich, dass die Rettungsinsel aufzurichten gewesen wäre, wenn dies durch geschulte Personen versucht worden wäre.

Aus Kapazitätssicht reichten gemäß SOLAS-Konvention die vorhandenen Rettungsinseln aus, wenn man die Beiboote als Rettungsboote zu Wasser lassen kann [54, Chapter III Part B Regulation 21]. Da auf den Beiboote jedoch keinerlei Ausrüstung, wie Signalmittel, ein Suchlicht, Erste-Hilfe-Ausrüstung und Ausrüstung gegen Unterkühlung sowie Sicherheitsmesser vorhanden war, können diese nicht als Rettungsboote eingesetzt werden, sodass auch hier die Kapazität nicht ausreicht.

Die Besatzung hätte alle Kabinen durchsuchen müssen, so wie es laut dem STCW-Übereinkommen auch in der Ausbildung geübt werden muss. Ebenso wurde berichtet, dass die Besatzung zum Teil nicht schwimmen konnte, sodass diese auch nicht unbehindert zur Rettung beitragen konnten [88].

Die unzureichende Sicherheitseinweisung für die Gäste hat dazu beigetragen, dass diese keine Sammelpunkte kannten. Zusätzlich wurde der Gebrauch der vorhandenen Rettungsmittel nicht erklärt. Möglicherweise war diese Sachkenntnis auch bei der Besatzung nicht vorhanden, da sonst die Besatzung gewusst hätte, wie man eine auf dem Dach schwimmende Rettungsinsel umdreht. Diese fehlende Sachkenntnis deutet auf erhebliche Ausbildungsmängel bei der Besatzung hin.

Die Einrichtung des Schiffes war nur zum Teil ordentlich befestigt, sodass bei der Kenterung einige Möbelstücke im Salon durch den Raum gerutscht sind (Abb. 21). Dies führte zu Verletzungen und erschwerte die Fortbewegung durch das Schiff. Anhand des Deckplans (Abb. 12) sieht man, dass die Treppe zum Unterdeck durch Kenterung nach Steuerbord, da sie nicht mittschiffs liegt, sehr schwer zugänglich wird. Zusätzlich ist kein Handlauf an der Treppe installiert und nur die Stufen sind mit Matten gegen Rutschen ausgelegt (Abb.22). Auch an den Seiten des Ganges fehlen Handläufe, welche die Fortbewegung im Schiff bei starken Schiffsbewegungen erleichtern. Derartige Handläufe sind auf anderen Seeschiffen üblich.

Den Notausstieg im Bug konnten drei Personen unter gemeinsamer Anstrengung nicht öffnen [88]. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Luke zum Zeitpunkt der Öffnungsversuche bereits unter Wasser lag und so durch den Wasserdruck verschlossen wurde. Es könnte jedoch auch sein, dass die Luke durch etwas Anderes blockiert wurde. Die Luke war auf dem Vordeck nicht besonders gekennzeichnet, da sie sonst wahrscheinlich von den Gästen bemerkt worden wäre. Daher ist es auch denkbar, dass jemand etwas darauf abgelegt hatte. Fluchtwege sind an Bord von Tauchsafarischniffen häufig mangelhaft gestaltet. Bei der „Emperor Elite“ war der Spiegel oberhalb des Waschbeckens in der Bugkabine der Notausstieg (Abb. 25). Dies widerspricht der Forderung, dass keine Hindernisse auf dem Weg sein sollen [54, Chapter II Part D Regulation 13], da man über das Waschbecken klettern muss,

um den Ausgang zu benutzen.

Im nachfolgenden Kapitel werden die Erkenntnisse aus dieser Arbeit zusammengefasst.

## 8. Zusammenfassung

Für eine statistische Analyse wurden 31 Unfälle aus den Jahren 2009 bis August 2023 analysiert. Diese Analyse hat eine hohe Varianz und relativ geringe Aussagekraft. Die schlechte Datenlage aufgrund von fehlenden Unfallberichten und damit fast nur Medienartikeln als Quellen hat keine zuverlässige Analyse erlaubt. Deswegen fokussiert sich die Analyse auf die schweren Unfälle, welche ein Medienecho hervorgerufen haben.

Feuer, Grundberührung und Stabilitätsmangel konnten als Hauptunfallursachen identifiziert werden. Der hohe Anteil von Grundberührungen kann durch das Fahrgebiet in der Nähe von Riffen zum Teil erklärt werden. Der größte Teil der Schiffe sinkt nach dem Unfall.

Jedes Jahr gibt es im arithmetischen Mittel 1,7 Unfälle mit steigender Tendenz. Pro Unfall sterben dabei im Schnitt 1,8 Personen. Sofern der Unfall der „Conception“ als Ausreißer nicht berücksichtigt wird, reduzieren sich die Werte deutlich. Trotz der hohen Anzahl an Unfällen, die auf Grundberührung zurückzuführen sind, gab es bei den berücksichtigten Unfällen keine Todesopfer. Alle Todesopfer im Rahmen dieser Analyse traten bei Bränden oder Kenterungen auf. Insbesondere bei Stabilitätsmangel starb bei über der Hälfte der Unfälle auch mindestens eine Person.

Bei der Analyse der Unfallorte ergaben sich schnell zwei Konzentrationspunkte: das Rote Meer vor Ägypten und die Inseln Südostasiens. Besonders in Ägypten gibt es eine Häufung der Unfälle.

Im Vergleich mit der Handelsschifffahrt erkennt man, dass es in der Tauchsafarischifffahrt mehr als doppelt so viele Unfälle pro Schiff gibt. Auch bei der Analyse der Unfallursachen ergibt sich ein deutlicher Unterschied in der Häufigkeit von Bränden, welche 2,6 mal so häufig auf Tauchsafarischiffen zu gesunkenen Schiffen führen. Dahingegen sind Kenterungen in der weltweiten Schifffahrt für mehr Verluste von Schiffen verantwortlich. In der Handelsschifffahrt sterben nur wenige Personen bei Bränden. Durch Kenternde Schiffe sterben auf großen Schiffen im Vergleich deutlich weniger Personen. Allerdings lässt sich aufgrund unklarer Datenlage zu Personen auf Schiffen und der unterschiedlichen Betrachtungszeiträume der Statistiken keine genauen Vergleiche anstellen.

In der Analyse von zwei Unfällen werden auch deutliche Mängel bei der Sicherheitsausrüstung gefunden. Die Rettungsinseln waren teilweise nicht korrekt gewartet. Rettungsboote wurden an Bord durch Beiboote ersetzt, die nicht korrekt ausgerüstet waren, sodass auch die Kapazität gemäß SOLAS-Konvention nicht erreicht wurde. Da diese nicht für Tauchsafarischiffe verpflichtend ist, ist dies ein Problem der fehlenden Vorschriften. Weitere Ausrüstung wie Rettungsringe sind häufig nicht in ausreichender Anzahl an Bord, werden nicht korrekt angebracht oder entsprechen nicht den üblichen Standards, wie Rettungswesten. Es werden an Bord meistens die zwei geforderten Fluchtwege aus den Räumen eingehalten. Allerdings ist die Verwendbarkeit dieser nicht immer gegeben, sodass in Notfallsituationen häufig nur ein Ausgang zur Verfügung steht. Teilweise kann dieser ebenfalls nur schwer erreicht werden. Auch zeigen die Unfälle einen Mangel an Ausbildung und Fehler in der Schiffsführung. So werden scheinbar keine korrekte Evakuierung oder Nachtwachen durchgeführt.

Im Anschluss werden Vorschriften von internationalen und regionalen Organisationen im

Hinblick auf Brandschutz und Stabilität untersucht. Dies dient der Identifikation möglicher Lösungsansätze, um entsprechende Unfälle zukünftig zu verhindern. Dabei wird auf die mögliche Anwendbarkeit und Gültigkeit im Bezug auf Tauchsafarischiife beurteilt. Diese Vorschriften werden hier in zwei Tabellen zusammengefasst (Tabelle 5 u. 6). Dabei wurde erkannt, dass fast keine Vorschriften für Tauchsafarischiife verpflichtend gelten.

Vorschrift	Feuermelder	feste Löscheinrichtungen	bewegliche Löscheinrichtungen
SOLAS	jeder Raum außer leere Räume, Sanitär-räume o.ä.	zwei Löschwasser-pumpen und Hydranten, Schlauch muss gesamtes Schiff erreichen können; Löschesystem in Maschinenräumen	Feuerlöscher für jeden Raum für Gäste
SCV-Code	alle nicht bemannten Räume und Gäste-zimmer	eine Löschwasserpum-pe, Schlauch muss gesamtes Schiff erreichen können; Löschesysteme in Maschinenräumen	ein Feuerlöscher pro 232,3 m <sup>2</sup> , einer je Brücke, Maschinen-raum, Kombüse, Vorratskammer
BV	alle Räume, die kein besonderes niedriges Brandrisiko haben, Fluchtwege	Löschwasserpumpen nach Durchflussrate u.a.; Löschesystem in Maschinenräumen	min 3 Feuerlöscher alle 10m einer
DNV	alle Räume, die kein besonderes niedriges Brandrisiko haben	eine Löschwasserpum-pe und Hydranten + Schlauch muss gesamtes Schiff erreichen können	Feuerlöscher nach nationalen Regelungen
EU EN ISO 9094:2022	alle Maschinenräume und Wohnbereiche	Löschesystem für jeden Motor	ein Feuerlöscher pro 20 m <sup>2</sup> maximal 5 m entfernt von Schlaf-plätzen
BG Verkehr 2009/45/EG	alle Gänge und Fluchtwege sowie ein Maximalabstand von 11 m	Löschwasserpumpen nach Volumenstrom, Schlauch muss gesamtes Schiff erreichen können, Sprinkler-anlage im gesamten Schiff	ein Feuerlöscher pro 10 m, ein Feuerlöscher auf der Brücke, und an anderen gefährde-ten Orten

Tabelle 5: Zusammenfassung der Vorschriften zum Brandschutz

Vorschrift	Intaktstabilität	Leckstabilität
SOLAS	IS-Code	probabilistische Leckrechnung für neue Schiffe, Betrachtung von Schotten in alter Vorschrift
SCV-Code	Stabilitätsversuch	Kollisionsschott + weitere Schotten nach berechneter Distanz
BV	IS-Code mit $\cos^2$ für Windmoment	Flutung einer beliebigen Abteilung + Beurteilung der Schwimmelage
DNV	nahe an den IS-Code + Stabilitätsversuch	Flutung einer beliebigen Abteilung durch ein definiertes Leck, Beurteilung der Schwimmelage
EU EN ISO 12271-1:2021	konstantes Windmoment ähnlich zu Wetterkriterium	Freibord und Auftriebsreserve bei berechneter Flutungshöhe
BG Verkehr	IS-Code + freie Oberflächen/ Betriebskrängungsversuch	verweis auf SOLAS-Konvention

Tabelle 6: Zusammenfassung der Vorschriften zur Stabilität

Vorschriften aus Ländern den relevanten Ländern konnten nicht untersucht werden, da diese trotz mehrfacher Nachfragen keine Informationen bereitgestellt haben. Um dieser unbefriedigenden Sicherheitsaufsicht zu begegnen, gibt es Bestrebungen der Tauchtourismusbranche sich selbst zu regulieren. So erstellt die ADTO derzeit ein Qualitätssiegel, das eine jährliche Überprüfung vorsieht.

Danach wurden die Ausbildungsstandards der IMO zusammengefasst. Das STCW-Übereinkommen definiert Ausbildungsstandards für den Umgang mit Gästen und das Verhalten in Notfällen. Die wichtigsten Teile beinhalten Wissen über Fluchtwege und Kommunikation. Ebenso werden Vertrautheit mit der Ausrüstung an Bord, persönliche Überlebensausrüstung und Kenntnis über das Entstehen von Bränden gefordert.

Die Vorschriften zu Rettungsmitteln wurden als nächstes behandelt. Es müssen 8 Rettungsringe und 5% mehr Rettungswesten als Personen an Bord auf Passagierschiffen einer relevanten Größe verlangt. Außerdem müssen zwei Rettungsinseln für insgesamt alle Personen an Bord sein. Das eine Rettungsboot, das die SOLAS-Konvention verlangt, fehlt meistens auf Tauchsafarischniffen. Auch die Anker ausrüstung wird betrachtet.

Bei der Untersuchung des Brands der „Conception“ zählt die NTSB ein Feuer durch das Aufladen von akkubetriebenen Geräten und Batterien im Salon oder den Brand einer Mülltonne zu den wahrscheinlichsten Orten, an denen das Feuer ausgebrochen ist. Die NTSB hat daraufhin eine Verschärfung der Richtlinien zum Brandschutz und Fluchtwe gen besonders für alte Schiffe gefordert, was die US Küstenwache mittlerweile umgesetzt hat.

Im Anschluss wurde die Kenterung der „Carlton Queen“ selbst analysiert. Der Hergang der Kenterung weist auf eine sehr geringe Stabilität des Schiffs hin. Der Wind war zum Unfallzeitpunkt nicht stark genug, um ein korrekt ausgelegtes Schiff zum Kentern zu bringen. Wellen werden in Verbindung mit den zu öffnenden Fenstern im Unterdeck als wahrscheinliche Ursache angesehen. Durch die Wellen hat das Schiff angefangen zu rollen und Wasser könnte durch ein undichtes Fenster in das Schiff gelangt sein, was die Stabilität weiter reduziert hat. Der Wind hat wahrscheinlich auch zu einer deutlichen Krängungen beigetragen, da das Schiff eine sehr große Windangriffsfläche besaß.

Die Kapazität der Rettungsmittel war ungenügend, da ein Rettungsboot fehlte. Die Rettungswesten und Rettungsinseln waren in korrekter Ausführung an Bord. Die Evakuierung wurde nicht geplant durchgeführt. Die Fluchtwege aus dem Unterdeck war nur einer verwendbar und der Zugang zu diesem deutlich erschwert.

Auf Basis dieser Zusammenfassung werden nachfolgend kurz- und langfristige Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen. Welche auch zusammengefasst in Tabelle 7 zu finden sind.

## 9. Empfehlungen

Da die SOLAS-Konvention aufgrund der nationalen Fahrtgebiete und Größe für Tauchsafarischniffe freiwillig ist und die Zusammenarbeit mit Klassifikationsgesellschaften nur sporadisch erfolgt, müssen klare verpflichtende Vorschriften auf nationaler Ebene oder durch die Industrie selbst eingeführt werden. Die Anfänge werden durch die ADTO derzeit gemacht.

Zu den Vorschriften zur Brandbekämpfung gibt es bei den internationalen und den nationalen Richtlinien einen Konsens, dass mindestens in allen Bereichen für Gäste Feuermelder angebracht werden müssen. Dazu kommen die Maschinenräume, in denen auch ein Meldesystem installiert werden sollte. Dabei sollte kurzfristig auf Feuermelder in allen Bereichen für Gäste geachtet werden. Das Feuer kann sich vor der Entdeckung nicht so weit ausbreiten, weshalb es noch leichter zu löschen ist und weniger Wege an Bord versperrt. So können solche Vorschriften durch eine frühe Branderkennung Unfälle wie den der „Conception“ abmildern oder verhindern. Zusätzlich zu den Brandmeldeanlagen muss auch die Löschausrüstung klar definiert werden. Dabei ist kurzfristig die Installation von Feuerlöschern geboten. Die Anzahl und Position dieser kann man nach Fläche wie im SCV-Code oder über Abstände wie beim BV auslegen. Dabei ist es sinnvoll aus den Richtlinien der EU-Norm zu Fahrgastschiffen die Regelung zu übernehmen, dass Feuerlöscher nicht in Kabinen angebracht werden dürfen, da der Zugang zu diesen nicht immer gegeben ist. Durch diese Feuerlöscher können kleinere Feuer wie Entstehungsbrände schnell gelöscht werden, bevor diese gefährlich werden. Längerfristig ist eine fest eingebaute Löscheinrichtung eine sinnvolle Erweiterung, um auch größere Feuer löschen zu können. Fest eingebaute Löschwasserpumpen oder Sprinklersysteme sind teuer in der Nachrüstung und würden durch das zusätzliche Gewicht eine bedeutende Veränderung der Stabilität verursachen. Solche Systeme sind daher vermutlich nur für neue Schiffe anwendbar und somit langfristig zu planen. Doch fast alle Vorschriften bestehen auf Feuerlöschpumpen, die das gesamte Schiff mit Schläuchen abdecken können. Diese Vorschriften sollten auch für neue Tauchsafarischniffe verpflichtend werden.

Analog gibt es auch zur Stabilität einige Vorschriften, die sinnvoll sind. Die Vorschriften halten sich zum Großteil an den IS-Code. Dieser ist eine sehr gute Grundlage für Schiffe aller Größen ohne Besegelung. Eine Betrachtung des krängenden Moments durch Wind mit genaueren Methoden wie einen Kosinus oder quadratischen Kosinus sollte verwendet werden (Tabelle 6), da hiermit die Realität besser abgebildet wird und die konservativen Reserven aus dem IS-Code kleiner werden. Das größte Problem bei der Erstellung eines Stabilitätshandbuchs sind die fehlenden digitalen Modelle für Tauchsafarischniffe. Eine Berechnung, die sich an andere geltende Vorschriften anlehnt ist die beste Lösung. Eine Berechnung der Stabilität aus Zeichnungen kostet grob 35.000 Euro bei einer deutschen Werft [102]. Falls die Unterlagen zu einem Schiff für eine Berechnung nicht ausreichend sind auch die Ausmessung über einen 3D-Scan möglich. Mit diesem kann ebenfalls eine Berechnung durchgeführt

werden [103]. Ein Stabilitätsversuch ist eine andere Möglichkeit die Stabilität eines Schiffes einzuschätzen. Dies würde bei einer deutschen Werft etwa 20.000 Euro kosten [102]. Vom DNV werden beide verlangt, doch um eine Aussage über die Stabilität treffen zu können, reicht eine von beiden Methoden aus. Daher sollte der Nachweis der Stabilität für jedes Schiff entweder über eine Berechnung oder über einen Test erfolgen. Dies kann viele Unfälle aus Stabilitätsgründen verhindern.

Aufgrund der Nähe zu Riffen bei Tauchsafaris müssen ausreichende Vorkehrungen zur Vermeidung von Grundberührungen und Sinken nach Wassereinbruch getroffen werden. Dabei ist eine probabilistische Betrachtung der Leckrechnung deutlich zu komplex, um eine erste Verbesserung aufzubauen, da hierfür ein digitales Modell erforderlich ist. Daher ist eine Betrachtung der Unterteilung und Platzierung von Schotten für das erste ausreichend. Allerdings ist eine Nachrüstung von Schotten sehr teuer, je nachdem was umgebaut werden muss. Hier können die Kosten auch über 200.000 Euro liegen. Die Preise sind jedoch stark vom Schiff und der nötigen Arbeit abhängig [102]. Es werden die Vorschriften des BV empfohlen, da dieser bereits das Tauchsafarischiif „Royal Evolution“ zertifiziert hat. Doch dies ist aufgrund der hohen Kosten wahrscheinlich nicht für bestehende Tauchsafarischiife umsetzbar. Um Grundberührungen abzuwenden, kann auch ein Echolot verwendet werden, welches vorausschaut. Diese können aufgrund der beschränkten Reichweite allerdings nur bei sehr langsamer Fahrt genug Zeit bieten um Grundberührung zu verhindern [104].

Die Ausbildungsstandards der IMO sind kurzfristig schwer zu erfüllen, da die Ausbildung mindestens 12 Monate benötigt. Allerdings reicht die Ausbildung der Besatzung in Ägypten offenbar nicht aus oder der Ausbildungsstand wird nicht hinreichend überwacht. Dies lässt sich ohne weitere Informationen zu den in Ägypten laufenden Ausbildungen nicht überprüfen. Eine Ausbildung nach STCW-Übereinkommen ist allerdings auf lange Sicht nötig, um die Durchführung von Evakuierungen und den Umgang mit Notfällen zu verbessern.

Die Menge und Qualität der vorhandenen Rettungsmittel an Bord der Tauchsafarischiife ist zu Teil nicht ausreichend. Auf korrekte Zertifikate und ausreichende Wartung muss geachtet werden. Dies lässt sich durch regelmäßige Überprüfung leicht sicherstellen. Die Anbringung ist oft mangelhaft. Auf die leichte Einsetzbarkeit von Rettungsinseln und anderer Ausrüstung muss geachtet werden. So sollten die schweren Container von Rettungsinseln auf Gestellen befestigt werden, von denen sie nur herabgerollt werden müssen oder über Davits zu Wasser gelassen werden können. Die Position und Ausführung muss gut bedacht werden, weshalb die Umsetzung dieser Maßnahme nicht auf jedem Tauchsafarischiif möglich ist. Doch muss der Umgang mit dieser Ausrüstung sowohl von der Besatzung beherrscht werden als auch mit den Gästen besprochen oder geübt werden. Die Sicherheitseinweisungen müssen mindestens einen Rundgang enthalten, bei dem Sammelpunkte, Fluchtwege und die Ausrüstung gezeigt werden. Die Verwendung der Rettungswesten muss vorgeführt und am besten auch mit den Gästen geübt werden. Zu der Ausrüstung zur Sicherheit gehört auch die Anker-ausrüstung. Dabei sind die Vorschriften des BV zu empfehlen. In diesen sollten die Vorschriften zu Yachten verwendet werden, um eine bessere Auslegung als die grobe Einschätzung der Handelsschiife zu verwenden.

Obwohl es oft mehrere Notausgänge gibt, wie es die meisten Vorschriften fordern, können diese nicht immer genutzt werden. Die Verwendbarkeit von Fluchtwegen muss auch in Notfallsituationen sichergestellt sein. Dies muss regelmäßig kontrolliert und durch geeignete Markierungen sichergestellt werden. Auch die Einrichtung der Schiffe muss so befestigt werden, dass sie nicht zu einer Gefahr werden kann, solange dies möglich ist. Ebenso sind

Handläufe für die freie Bewegung im Schiff in starkem Seegang nötig. Die relevantesten Punkte werden noch einmal in einem Fazit zusammengefasst.

Diese Empfehlungen sind auch in Tabelle 7 zu finden. Langfristig sollte die Zertifizierung durch Klassifikationsgesellschaften angestrebt werden. Damit würden Tauchsafarischiffe die gleiche Sicherheit wie große international fahrende Schiffe bieten.

## 10. Fazit

Es gibt fast keine verpflichtend geltenden Vorschriften, die Tauchsafarischiffe einhalten müssen. Aus vorhandenen Vorschriften können jedoch eigene für Tauchsafarischiffe sinnvolle Reglementierung erstellt werden. Aufgrund des heutigen schlechten Sicherheitsniveaus und in oft ineffektiver nationaler Sicherheitsaufsicht, erscheint ein Handeln der Tauchindustrie zur Selbstregulierung hier dringend geboten. Sollten die derzeitige Unfallserie sich fortsetzen, ist mit dem Ausbleiben von Gästen zu rechnen. Die Initiative der ADTO zur Verbesserung der Sicherheit auf Tauchsafarischiffen sendet hierbei ein wichtiges Signal. Für weitere Vorschriften werden Feuermeldung und Feuerlöscher in allen Räumen für Gäste zum Brandschutz und Stabilitätsversuche oder Berechnungen der Stabilität mit Mindestanforderungen nach dem IS-Code für erhöhte Stabilität ausgesprochen. Mittelfristig sollten feste Feuerlöscheinrichtungen, wie Löschwasserpumpen und Schotten für Leckfälle in neue Schiffe eingebaut werden. Langfristig ist eine offizielle Zertifizierung der Tauchsafarischiffe durch Klassifikationsgesellschaften anzustreben.

In einer längeren Untersuchung mit Zugang zu einigen Schiffen und Einsicht in deren Unterlagen könnte man auch die Konstruktion beurteilen und genauere Aussagen zu Verbesserungen treffen. Im Rahmen dieser Arbeit konnten aufgrund der schlechten Datenlage und fehlender Einsicht in relevante Konstruktionsunterlagen nur grobe Empfehlungen gegeben werden. In weiteren Arbeiten müssen diese Empfehlungen weiter ausgearbeitet werden, sodass diese auch direkt angewendet werden können. Dies erfordert den Diskurs mit mehr Betreibern und Eignern von Tauchsafarischiffen sowie Personen mit mehr Erfahrung im Schiffbau. Aus solchen Aktivitäten sollten klare Richtlinien für die Stabilitätstests bzw. -berechnungen sowie auch ein Zeitrahmen zur Erfüllung kurz- und langfristiger Sicherheitsverbesserungen hervorgehen. Zusätzlich muss geklärt werden, wie die Umsetzung der Empfehlungen in die normalen Wartungszyklen und Werftaufenthalte eingebaut werden können.

Mit dieser Arbeit liegt ein erster Ansatzpunkt für diese weiteren Arbeiten vor. Die nötigen Sicherheitsmaßnahmen werden umfangreiche weitere Arbeiten erfordern, um diese Verbesserungen flächendeckend umzusetzen.

## 11. Danksagung

Bei dieser Arbeit haben mich viele Personen unterstützt. Diesen möchte ich hier kurz meinen Dank aussprechen.

Maik Solf muss ich für seine Daten über Anzahl, Bau und Betrieb von Tauchsafarischiffen sowohl in seiner Funktion als Veranstalter von Tauchsafarireisen als auch als Miteigner eines Tauchsafarischiffs danken. Ebenso möchte ich die Unterstützung bei der Klärung der Vorschriftenlage durch Hans-Josef Braun von der BG-Verkehr hier würdigen. In Zusammenarbeit mit der ADTO erarbeitet er momentan eine Checkliste für Tauchsafarischiffe.

Auch Monika Hofbauer von Omneia danke ich für ein Interview. Ebenso geht mein Dank an meine Betreuer Jan-Philipp Lauer und Armin Süß, die mich durch regelmäßige Denkanstöße unterstützt haben. Armin Süß danke ich besonders für die vielen guten Kontakte für Interviews. Vielen Dank auch an Dominik, einen Betroffenen der Kenterung der „Carlton Queen“, für die hilfreichen Auskünfte zu diesem Schiff und dem Unfallhergang.

## A. Anhang

### BIBLIOGRAPHY

---

### Quellenverzeichnis

- [1] International maritime Organization. *IMO identification number schemes*. 2023. URL: <https://www.imo.org/en/ourwork/msas/pages/imo-identification-number-scheme.aspx> (besucht am 04.10.2023).
- [2] Explorer Ventures Fleet®. *Caribbean Explorer II | OFFICIAL | Saba & St. Kitts Liveboard Diving*. 3.02.2023. URL: <https://www.explorerverventures.com/saba-st-kitts/caribbean-explorer-vessel-layout/> (besucht am 17.10.2023).
- [3] Wallacea Dive Cruises. *MSY Seahorse luxury Liveboard - Wallacea Dive Cruise*. 2023. URL: <https://www.wallacea-divecruise.com/liveboard/msy-seahorse> (besucht am 17.10.2023).
- [4] taucher.net. *M/Y Dolce Vita - Bericht von wirbelwind bei Taucher.Net*. 2006. URL: [https://taucher.net/liveboard-m\\_y\\_dolce\\_vita-bericht-blz30290](https://taucher.net/liveboard-m_y_dolce_vita-bericht-blz30290) (besucht am 02.08.2023).
- [5] taucher.net. *Eilmeldung: Heaven Diamond abgebrannt! - Diveinside News*. 2008. URL: [https://taucher.net/diveinside-eilmeldung\\_\\_heaven\\_diamond\\_abgebrannt\\_-\\_kaz3525](https://taucher.net/diveinside-eilmeldung__heaven_diamond_abgebrannt_-_kaz3525) (besucht am 02.08.2023).
- [6] N-TV. “Boot in Thailand gesunken: Europäerin tot geborgen”. In: *n-tv NACHRICHTEN* (2009-03-10). URL: <https://www.n-tv.de/panorama/Europaeerin-tot-geborgen-article59932.html> (besucht am 03.08.2023).
- [7] CDWS. *Update: liveboard incident in Sharm el Sheikh*. 2009. URL: <https://cdws.travel/news/update-liveboard-incident-in-sharm-el-sheikh> (besucht am 03.08.2023).
- [8] CDWS. *Red Sea liveboard Emperor Fraser sinks*. 2009. URL: <https://cdws.travel/news/red-sea-liveboard-emperor-fraser-sinks> (besucht am 03.08.2023).
- [9] Matt J. Weiss. *Siren Fleet Tragically Loses Mandarin Siren To Fire – Nobody Injured*. 2012. URL: <https://www.divephotoguide.com/underwater-photography-scuba-ocean-news/siren-fleet-loses-mandarin-siren-fire-nobody-injured/> (besucht am 03.08.2023).
- [10] Vanessa Richardson. *Problems with the Siren Fleet: Undercurrent 07/2012*. 2012. URL: [https://www.undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2012/ProblemsSirenFleet201207.html](https://www.undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2012/ProblemsSirenFleet201207.html) (besucht am 03.08.2023).
- [11] Tanyaluk Sakoot. “Phuket dive boat drama”. In: *The Phuket News* III.No 15 (2013-04-19), S. 2. URL: [https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing\\_archive\\_id=19-04-2013&Page=02#p2](https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing_archive_id=19-04-2013&Page=02#p2) (besucht am 03.08.2023).
- [12] The Phuket News. “All safe after dive boat sinks near Koh Tachai”. In: *The Phuket News* IV.No 6 (2014-02-07), S. 3. URL: [https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing\\_archive\\_id=07-02-2014&Page=01#p1](https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing_archive_id=07-02-2014&Page=01#p1) (besucht am 03.08.2023).

- [13] Alasdair Forbes und Claire Connel. “Third Dive Boat Sinks”. In: *The Phuket News* IV.No 7 (2014-02-14), S. 1–2. URL: [https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing\\_archive\\_id=14-02-2014&Page=01#p1](https://www.thephuketnews.com/archive-view.php?listing_archive_id=14-02-2014&Page=01#p1) (besucht am 31.07.2023).
- [14] John Bantin. *Fire Aboard!: Undercurrent 08/2014*. 2014. URL: [https://undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2014/FireAboard201408.html](https://undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2014/FireAboard201408.html) (besucht am 03.08.2023).
- [15] Bangkok Post Public Company Limited. *Dive boat burns, sinks in Phuket*. 2014. URL: <https://www.bangkokpost.com/thailand/politics/431878/dive-boat-burns-sinks-in-phuket> (besucht am 03.08.2023).
- [16] Under Current. *A Bad Night on the Wind Dancer: Undercurrent 06/2015*. 2015. URL: [https://www.undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2015/WindDancer201506.html](https://www.undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2015/WindDancer201506.html) (besucht am 07.08.2023).
- [17] Ben Davidson. *Palau Siren Grounds and Floods: Undercurrent 09/2015*. 2015. URL: [https://www.undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2015/PalauSiren201509.html](https://www.undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2015/PalauSiren201509.html) (besucht am 03.08.2023).
- [18] Divernet. “Red Sea liveaboard fire left divers stranded”. In: *Divernet* (2017-05-23). URL: <https://divernet.com/scuba-diving/red-sea-liveaboard-fire-left-divers-stranded/> (besucht am 03.08.2023).
- [19] Bangkok Post Public Company Limited. *Five die when snorkelling boat sinks in storm*. 2017. URL: <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/1294935/five-die-when-snorkelling-boat-sinks-in-storm> (besucht am 03.08.2023).
- [20] Maika Bolatiki Suva. *Fiji Siren Not To Be Salvaged*. 2017. URL: <http://fijisun.com.fj/2017/11/18/fiji-siren-not-to-be-salvaged/> (besucht am 03.08.2023).
- [21] Rebecca Strauss. *Waow Liveaboard in Indonesia Lost to a Fire • Scuba Diver Life*. 2018. URL: <https://scubadiverlife.com/waow-liveaboard-indonesia-lost-fire/> (besucht am 03.08.2023).
- [22] Marc Patry. *Luxury ship Majestic Explorer Runs Aground – and Sinks*. 2019. URL: <https://www.cnhtours.com/news/2019/6/1/luxury-ship-majestic-explorer-runs-aground-and-sinks/> (besucht am 07.08.2023).
- [23] National Transportation Safety Board. *Marine Accident Report*. 2020.
- [24] Michael Houben. *Ägypten - Feuer auf Safarischiiff: Der Untergang der Red Sea Aggressor 1 - Diveinside News*. 2019. URL: [https://taucher.net/diveinside-aegypten\\_-\\_feuer\\_auf\\_safarischiiff\\_der\\_untergang\\_der\\_red\\_sea\\_aggressor\\_1\\_-kaz8118](https://taucher.net/diveinside-aegypten_-_feuer_auf_safarischiiff_der_untergang_der_red_sea_aggressor_1_-kaz8118) (besucht am 03.08.2023).
- [25] The Scuba News Press Team. “Red Sea Liveaboard Destroyed By Fire”. In: *The Scuba News* (2022-04-20). URL: <https://www.thescubanews.com/2022/04/20/red-sea-liveaboard-destroyed-by-fire/> (besucht am 03.08.2023).
- [26] Ian Bongso-Seldrup. *Socorro Vortex Runs Aground Near Socorro Island*. 2022. URL: <https://www.divephotoguide.com/underwater-photography-scuba-ocean-news/breaking-news-socorro-vortex-runs-aground-near-socorro-island-mexico> (besucht am 03.08.2023).

- [27] taucher.net. *Rotes Meer: Unfall Seawolf Felo - Diveinside News*. 2022. URL: <https://taucher.net/diveinside-rotedes-meer-unfall-seawolf-felo-kaz8898> (besucht am 03.08.2023).
- [28] taucher.net. *Kurzanalyse zur Kenterung des Tauchsafaribootes M/Y Carlton Queen - Diveinside News*. 2023. URL: <https://taucher.net/diveinside-kurzanalyse-zur-kenterung-des-tauchsafaribootes-m-y-carlton-queen-kaz8984> (besucht am 03.08.2023).
- [29] John Eric Mendoza. "Two Edca sites used during rescue efforts to find divers in Tubbataha Reef — AFP". In: *INQUIRER.net* (2023-05-02). URL: <https://globalnation.inquirer.net/214196/two-edca-sites-used-during-rescue-effort-to-find-divers-in-tubbataha-reef-afp> (besucht am 03.08.2023).
- [30] Martin Sandongdong. *What is a squall, the cause of Dream Keeper's sinking in Palawan?* 2023. URL: <https://mb.com.ph/2023/5/2/what-is-a-squall-the-cause-of-dream-keeper-s-sinking-in-palawan> (besucht am 03.08.2023).
- [31] Mark Evans. "Egyptian dayboat runs aground". In: *Scuba Diver Mag* (2023-05-18). URL: <https://www.scubadivermag.com/egyptian-dayboat-runs-aground/> (besucht am 03.08.2023).
- [32] taucher.net. *Taucher.Net - Ui. Der ging völlig an uns vorbei. Vor 10 Tagen:... / Facebook*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/Taucher.Net/posts/682990113839049> (besucht am 03.08.2023).
- [33] taucher.net. *Taucher.Net - Infos zum Unfall mit der Omneia Soul: Am 29.5.... / Facebook*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/Taucher.Net/posts/pfbid02gEU5QGTR89pCZ42TC5fKWzx5KiAGz88PtcpdA9tSP78nx7YSLTduz6qfLpU4SDvhl> (besucht am 03.08.2023).
- [34] taucher.net. *Update und Interview zur Kenterung der M/Y Carlton Queen - Diveinside News*. 2023. URL: <https://taucher.net/diveinside-update-und-interview-zur-kenterung-der-m-y-carlton-queen-kaz8994> (besucht am 03.08.2023).
- [35] Emperor Divers. *Emperor Divers - In the late hours of Saturday, October 28th;... / Facebook*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/emperordiversofficial/posts/pfbid0nAKfjCxAV1bqFy7A5arkxArFZwJBF993iUXr4tCkzW1QPnDU6fSYewPA9dNGqxYX1> (besucht am 30.10.2023).
- [36] Marine Department. *Marine Department*. o.J. URL: <https://md.go.th/en/> (besucht am 17.08.2023).
- [37] Egyptian Authority for Maritime Safety. *Home page - EGYPTIAN AUTHORITY FOR MARITIME SAFETY*. 2023. URL: <https://eams.gov.eg/IndexEN> (besucht am 25.08.2023).
- [38] Justus Schiszler. *Anfrage EAMS*. 2023-10-31.
- [39] Justus Schiszler. *Anfrage Unfallregister MDT*. 2023-10-31.
- [40] International maritime Organization. *Casualty investigation code*. 2008 ed. IMO publication. London: IMO, 2008. ISBN: 978-9280114980.
- [41] Statista. *International tourism receipts worldwide from 2006 to 2022*. 2023. (Besucht am 17.08.2023).

- [42] Günter Bamberg et al. *Statistik*. 14., korrigierte Aufl. Oldenbourg Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. München und Wien: Oldenbourg, 2008. ISBN: 978-3-486-58565-0.
- [43] International maritime Organization. *International code on intact stability, 2008*. 2009 ed., 3rd. ed. IMO publication. London: IMO, 2009. ISBN: 9280115065. DOI: Sales.
- [44] Gunter Heim. *Winddruckformel*. 24.09.2023. URL: <https://www.rhetos.de/html/lex/winddruckformel.htm> (besucht am 07.10.2023).
- [45] Omneia. *Safarischiiff Soul of Omneia - Ägypten, Rotes Meer*. 2023. URL: <https://www.omneia.de/tauchsafaris/safarischiiffe/soul-of-omneia--ss109.php> (besucht am 08.09.2023).
- [46] Eurostat. *Maritime passenger statistics*. 2022. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Maritime\\_passenger\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Maritime_passenger_statistics) (besucht am 07.10.2023).
- [47] Julius. “Die 10 besten Tauchsafari Reiseziele 2023 - Social Diving”. In: *Social Diving* (2022-06-09). URL: <https://www.social-diving.com/de/beste-tauchsafari-reiseziele/> (besucht am 25.08.2023).
- [48] PADI Travel. *Ghazala Explorer | Tauchsafari | PADI Travel*. 2023. URL: <https://travel.padi.com/de/tauchsafari/egypt/ghazala-explorer/> (besucht am 02.11.2023).
- [49] Maik Solf. *Anzahl Tauchsafarischiiffe*. 2023-09-06.
- [50] Shamika N. Sirimanne. *Review of Maritime Transport*. Erscheinungsort nicht ermittelbar: United Nations, 2022. ISBN: 978-92-1-002147-0. URL: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210021470>.
- [51] *Safety and Shipping Review 2023*. München, 2023.
- [52] European Maritime Safety Agency. *ANNUAL OVERVIEW OF MARINE CASUALTIES AND INCIDENTS 2022*. Lissabon: European Maritime Safety Agency, 2022. URL: <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/4867-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2021.html>.
- [53] ScubaBoard. *Accidents & Incidents*. 2023. URL: <https://scubaboard.com/community/forums/accidents-incidents.286/> (besucht am 01.09.2023).
- [54] SOLAS. Consolidated edition 2020, seventh edition. London: IMO International Maritime Organization, 2020. ISBN: 9789280116908.
- [55] International maritime Organization. *SOLAS, Consolidated Version 2012*. 2012. URL: [http://www.merle-arbeitsmedizin.de/wp-content/uploads/2018/01/app7\\_290115.pdf](http://www.merle-arbeitsmedizin.de/wp-content/uploads/2018/01/app7_290115.pdf).
- [56] International maritime Organization. *ISM code*. 4th. ed. IMO publication. London: International Maritime Organization, 2014. ISBN: 9789280115901.
- [57] Peter Moth, Hrsg. *SCV code*. Hayling Island, Hants: Foreshore, 2005. ISBN: 1901630048.

- [58] Bureau Veritas Marine & Offshore. *Rules for the classification and the certification of yacht*. Paris, 2022.
- [59] Royal Evolution. *Liveaboard - Enjoy your Diving trip with Royal Evolution*. 2023. URL: <https://royalevolution.com/liveaboard/#specifications-11> (besucht am 17. 10. 2023).
- [60] DNV. *DV-RU-YACHT*. Det Norske Veritas, 2021.
- [61] Red Ensign Group. *Yacht Code*. 2019.
- [62] Kristin Omholt-Jensen. *Global Sulphur regulations / ECA / SECA Zones*. Hrsg. von Shipintel. 2021. URL: <https://www.maritimeoptima.com/blog/global-sulphur-regulations-eca-seca-zones> (besucht am 20. 09. 2023).
- [63] Hans-Josef Braun. *Vorschriften zu Tauchsafarischniffen*. 2023-09-20.
- [64] European Union. *DIRECTIVE 2013/53/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 November 2013*. 2013-11-20. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02013L0053-20131228> (besucht am 20. 09. 2023).
- [65] European Union. *BESCHLUSS Nr. 768/2008/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*. 2008. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32008D0768> (besucht am 21. 09. 2023).
- [66] Europäisches Komitee für Normung. *Kleine Wasserfahrzeuge - Brandschutz*. Berlin, 2022-12-02. URL: <https://www.iso.org/standard/78242.html>.
- [67] Europäisches Komitee für Normung. *Kleine Wasserfahrzeuge - Stabilitäts- und Auftriebsbewertung und Kategorisierung*. Berlin, 2021-01-08. URL: <https://www.iso.org/standard/79072.html> (besucht am 21. 09. 2023).
- [68] European Union. *EG Fahrgastschiffrichtlinie, Richtlinie 2009/45/EG*. 2009. (Besucht am 22. 09. 2023).
- [69] BG-Verkehr. *Schiffssicherheitshandbuch*. Dienststelle Schiffssicherheit BG Verkehr, 2010.
- [70] Egyptian Authority for Maritime Safety. *Flag state requirements*. 2023.
- [71] Liveaboard.com. *83 Egypt liveaboards available*. 2023. URL: <https://www.liveaboard.com/search/egypt> (besucht am 02. 11. 2023).
- [72] CDWS. *CDWS Blacklist*. 2023. URL: <https://www.cdws.travel/blacklist> (besucht am 25. 09. 2023).
- [73] CDWS. *First Aid for Safari Boats*. 2018.
- [74] CDWS. *Safari Boats Standards*. 2023.
- [75] Justus Schiszler. *Anfrage MDT 1*. 2023-10-04.
- [76] Justus Schiszler. *Anfrage Bakamla*. 2023-10-08.
- [77] Association of Dive Tour Operators. *start*. 2018. URL: <https://adto.de/> (besucht am 25. 09. 2023).
- [78] Association of Dive Tour Operators. *Qualitätssiegel*. 2019. URL: <https://adto.de/qualitaetssiegel/> (besucht am 25. 09. 2023).

- [79] International Air Transport Association. *IATA Operational Safety Audit (IOSA)*. 2023. URL: <https://www.iata.org/en/programs/safety/audit/iosa/> (besucht am 25.09.2023).
- [80] International maritime Organization. *STCW Code - Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping*. 2021.
- [81] Center Arab Academy for Science Technology and Maritime Transport. *Maritime Education & Training-Alexandria | AASTMT*. 2023. URL: [https://aast.edu/en/maritime/contenttemp.php?page\\_id=51900039](https://aast.edu/en/maritime/contenttemp.php?page_id=51900039) (besucht am 30.10.2023).
- [82] Galileo Maritime Academy |. *STCW Courses | Galileo Maritime Academy*. 2023. URL: <https://galileomaritimeacademy.com/stcw-courses/#stcw> (besucht am 30.10.2023).
- [83] The Maritime Training Center of the Philippines. *The Maritime Training Center of the Philippines, Inc. (TMTCP) - Course Types Basic Safety Courses*. 2023. URL: <http://tmtcp.org/course-type/basic-safety-courses/> (besucht am 30.10.2023).
- [84] CDWS. <https://cdws.travel/info/1training/technical-manager-diving>. 7.10.2023. URL: <https://cdws.travel/info/1training/technical-manager-diving> (besucht am 07.10.2023).
- [85] Justus Schiszler. *Anfrage Vorschriften MDT*. 2023-10-08.
- [86] CDWS. <https://cdws.travel/info/1training/training-safari-daily-crew>. 7.10.2023. URL: <https://cdws.travel/info/1training/training-safari-daily-crew> (besucht am 07.10.2023).
- [87] International maritime Organization. *Life-saving appliances*. 2017 edition. IMO publication. London: IMO, 2017. ISBN: 9789280116540.
- [88] taucher.net. *Taucher.Net Talk Nr. 4 - Kenterung der Carlton Queen*. 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=nUONBmC0yAg> (besucht am 27.09.2023).
- [89] Bureau Veritas Marine & Offshore. *Rules for the classification of steel ships*. Paris, 2023.
- [90] Liveaboard.com. *Carlton Queen*. 2023. URL: <https://www.liveaboard.com/diving/egypt/carlton-queen> (besucht am 25.09.2023).
- [91] Tapiwa Shabani et al. "A comprehensive review of the Swiss cheese model in risk management". In: *Safety in Extreme Environments* (2023). ISSN: 2524-8170. DOI: 10.1007/s42797-023-00091-7.
- [92] Stefanie Dazio. *Four years after fire engulfed California scuba dive boat killing 34 people, captain's trial begins*. 2023. URL: <https://www.columbian.com/news/2023/oct/24/four-years-after-fire-engulfed-california-scuba-dive-boat-killing-34-people-captains-trial-begins/> (besucht am 25.10.2023).
- [93] Justus Schiszler. *Anfragen zur Carlton Queen*. 2023.
- [94] Tauchsport Leeb-Lange. *Von 21. bis 28. Oktober 23 sind wir auf Tauchsafari in Ägypten - Tauchsport Leeb-Lange*. 2023. URL: <https://www.tauchsport-leeblange.de/tauchsafari-aegypten-oktober-2023.html> (besucht am 28.09.2023).

- [95] meteoblue. *Wetterarchiv 27.38°N 33.99°O - meteoblue*. 2023. URL: <https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/weatherarchive/27.380N33.990E?fcstlength=15&year=2023&month=4> (besucht am 28.09.2023).
- [96] Adrian B. Biran und Rubén López-Pulido. *Ship hydrostatics and stability*. Second edition. Amsterdam u. a.: Butterworth-Heinemann an imprint of Elsevier, 2014. ISBN: 9780080982878.
- [97] Storyful News & Weather. *Carlton Queen Passengers 'Thrown Over Board' and Left 'Clinging to Debris' as Yacht Capsizes*. 2023. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=FS3A\\_r87C1M](https://www.youtube.com/watch?v=FS3A_r87C1M) (besucht am 12.10.2023).
- [98] Sabique Langodan et al. “The climatology of the Red Sea – part 2: the waves”. In: *International Journal of Climatology* 37.13 (2017), S. 4518–4528. ISSN: 0899-8418. DOI: 10.1002/joc.5101.
- [99] International maritime Organization. *Load lines convention 1966*. 2021 Edition. IMO-publication. London: International Maritime Organization, 2021. ISBN: 9789280117325.
- [100] Andreas Meyer-Bohe. *Schwimmfähigkeit & Stabilität von Schiffen*. 1. Aufl. Schiffbau. Göttingen: Cuvillier, 2011. ISBN: 9783869556888.
- [101] Gunter Heim. *Winddruck-Tabelle (N/m<sup>2</sup>)*. 2023. URL: <https://www.rhetos.de/html/lex/winddruck-tabelle.htm> (besucht am 16.10.2023).
- [102] Martin Conrad. *Preise Umbau*. 2023-11-02.
- [103] Otto Heunecke. “Ermittlung von Stabilitätshebelarmkurven aus 3D-Punktwolken”. In: *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* 2/2017 (2017), S. 88–97. ISSN: 1618-9050. DOI: 10.12902/zfv-0157-2016.
- [104] Sönke Roever. “Erfahrungsbericht: Vorausschauendes Echolot von GARMIN (Panoptix)”. In: *BLAUWASSER.DE* (2022-05-30). URL: <https://www.blauwasser.de/erfahrungsbericht-vorausschauendes-echolot-garmin-panoptix> (besucht am 13.11.2023).
- [117] PADI Travel. *all Trips in the World | PADI Travel*. 2023. URL: [https://travel.padi.com/s/liveboards/all/?crid=619285875&page=5&utm\\_campaign=ww-en-travel-pros-search-travel2021&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google.com&utm\\_term=ww-en-travel-pros-search-listings-diving](https://travel.padi.com/s/liveboards/all/?crid=619285875&page=5&utm_campaign=ww-en-travel-pros-search-travel2021&utm_medium=cpc&utm_source=google.com&utm_term=ww-en-travel-pros-search-listings-diving) (besucht am 07.10.2023).
- [121] Orangemarine. *Feststoff-Rettungsweste SOLAS für Erwachsene von Lalizas*. 2023. URL: <https://www.orange-marine.de/rettungswesten-erwachsene/4871-rettungsweste-solas-erwachsene.html#technical-information> (besucht am 11.11.2023).

## nicht zitierte Quellen

- [105] Aftonbladet TV. *Svenskar i drama när turistbåt sjönk i Thailand - Aftonbladet TV*. 2014. URL: <https://tv.aftonbladet.se/video/32350/svenskar-i-drama-nar-turistbaat-sjonk-i-thailand> (besucht am 03.08.2023).

- [106] Martin Sandongdong. *PCG turns to retrieval of 4 missing passengers of sunken M/Y Dream Keeper*. 2023. URL: <https://mb.com.ph/2023/5/7/pcg-turns-to-retrieval-of-4-missing-passengers-of-sunken-m-y-dream-keeper> (besucht am 03.08.2023).
- [107] Karolin Schäfer und Helmi Krappitz. *Touristen-Yacht geht vor Ägypten in Flammen auf – drei Urlauber tot*. 2023. URL: <https://www.merkur.de/welt/vermisst-urlauber-reisen-grossbritannien-news-brand-yacht-aegypten-boot-touristen-92335098.html> (besucht am 03.08.2023).
- [108] Justus Schiszler. *Anfrage Anzahl Tauchsafarischiffe CDWS*. 2023-10-07.
- [109] Mark 'Crowley' Russell. "Conception liveaboard fire victims were trying to escape when they died – report". In: *Dive Magazine* (2023-01-05). URL: <https://divemagazine.com/scuba-diving-news/conception-fire-victims-were-trying-to-escape> (besucht am 03.08.2023).
- [110] Dominic Schmitt und Zoe Josephine Schmitt. *Schiffsunglück - Taucher brauchen eure Hilfe [GER], organisiert von Dominic Schmitt*. 2023. URL: <https://www.gofundme.com/f/3180vhrtko> (besucht am 03.08.2023).
- [111] ScubaBoard. *Vortex sank in Socorro?* 2022. URL: <https://scubaboard.com/community/threads/vortex-sank-in-socorro.620739/> (besucht am 03.08.2023).
- [112] ScubaBoard. *Liveaboard Sinks Off Tubbataha Reef*. 2023. URL: <https://scubaboard.com/community/threads/liveaboard-sinks-off-tubbataha-reef.632881/> (besucht am 03.08.2023).
- [113] Justus Schiszler. *Anfrage Trainingstandards CDWS*. 2023-10-08.
- [114] Seawolf Safari. *Seawolf Felo Boat*. o.J. URL: <https://www.seawolf-safari.de/boat/seawolf-felo> (besucht am 03.08.2023).
- [115] news.com.au. "Terrifying moment tourists jumped for their lives". In: *news.com.au – Australia's leading news site* (2014-01-31). URL: <https://www.news.com.au/travel/travel-updates/dramatic-video-footage-as-an-illegally-operating-boat-sinks-in-thailand/news-story/8e2b72ce59ff0105555e4f3b27f09e03> (besucht am 11.08.2023).
- [116] N-TV. "Deutscher unter Vermissten: Boot in Thailand gesunken". In: *n-tv NACHRICHTEN* (2009-03-09). URL: <https://www.n-tv.de/panorama/Boot-in-Thailand-gesunken-article59764.html> (besucht am 03.08.2023).
- [118] Chris Pechmann. "Feuer auf Touristenboot: Drei Tauchgäste kommen ums Leben". In: *TAG24 NEWS Deutschland GmbH* (2023-06-12). URL: <https://www.tag24.de/thema/unglueck/feuer-auf-touristenboot-drei-tauchgaeste-kommen-ums-leben-2862062> (besucht am 03.08.2023).
- [119] Pedder. "Marine-Behörden sprechen bei dem gesunkenen Tauchboot Aladdin von einem „Unfall“". In: *ThailandTIP* (2014-01-31). URL: <https://thailandtip.info/2014/01/31/marine-behoerden-sprechen-bei-dem-gesunkenen-tauchboot-aladdin-von-einem-unfall/> (besucht am 16.08.2023).

- [120] Red Sea DTA Team. “M/Y Scuba Scene: Official Statement”. In: *Red Sea Dive Adventures* (2022-04-25). URL: <https://redseadiveadventures.com/m-y-scuba-scene-official-statement/> (besucht am 11.08.2023).
- [122] taucher.net. *Video / Facebook Hurricane*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/watch/?v=644429177545061> (besucht am 03.08.2023).
- [123] The Bali Times. “Two Injured as Tourist Dive Boat Sinks off Komodo”. In: *The Bali Times* (2010-09-16). URL: <https://www.thebalitimes.com/arts-entertainment/bali-diveboat-sinking/> (besucht am 03.08.2023).
- [124] Travel The World. *Red Sea Emperor Fraser Sinks - Everyone Safe*. 2009. URL: <https://www.dive-the-world.com/blog/red-sea-emperor-fraser-sinks-everyone-safe/> (besucht am 03.08.2023).
- [125] Under Current. *Flotsam & Jetsam: Undercurrent 06/2019*. 2019. URL: [https://www.undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2019/FlotsamJetsam201906.html](https://www.undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2019/FlotsamJetsam201906.html) (besucht am 07.08.2023).
- [126] United Nations. *Navigating stormy waters*. Bd. 2022. Review of maritime transport / United Nations Conference on Trade and Development, Geneva. Geneva: United Nations, 2022. ISBN: 978-92-1-113073-7.
- [127] Steve Weinman. “Divers escape Red Sea liveaboard blaze”. In: *Divernet* (2022-04-20). URL: <https://divernet.com/scuba-news/divers-escape-red-sea-liveaboard-blaze/> (besucht am 03.08.2023).
- [128] Steve Weinman. “4 missing as Philippines dive liveaboard sinks”. In: *Divernet* (2023-04-30). URL: <https://divernet.com/scuba-news/4-missing-as-philippines-dive-liveaboard-sinks/> (besucht am 03.08.2023).
- [129] Under Current. *Raja Ampat Liveaboard Goes Down in Flames: Undercurrent 02/2012*. 2012. URL: [https://www.undercurrent.org/UCnow/dive\\_magazine/2012/RajaAmpatLiveaboard201202.html](https://www.undercurrent.org/UCnow/dive_magazine/2012/RajaAmpatLiveaboard201202.html) (besucht am 13.08.2023).
- [130] taucher.net. *Taucher.Net - Heute morgen ist die M/Y New Dream in der Nähe... / Facebook*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/Taucher.Net/posts/pfbid02oGo bi3QkJDqRFVovjzWaJ6fmK9w1gBiGBfj8BBFksLpCcjrM8iN9m1HBuqXiPrCil> (besucht am 03.08.2023).
- [131] Rebecca Strauss. *Breaking News: Socorro Vortex Runs Aground • Scuba Diver Life*. 2022. URL: <https://scubadiverlife.com/breaking-news-socorro-vortex-runs-aground/> (besucht am 03.08.2023).
- [132] Kamal Tabikha. “36 passengers rescued after speed boat capsizes in Egypt’s Red Sea”. In: *The National* (2023-06-07). URL: <https://www.thenationalnews.com/mena/egypt/2023/06/07/36-passengers-rescued-after-speed-boat-capsizes-in-egypts-red-sea/> (besucht am 03.08.2023).
- [133] TAUCHEN.de. *Heaven Diamond nach Brand gesunken*. 2008. URL: <https://www.tauchen.de/archiv/heaven-diamond-nach-brand-gesunken/> (besucht am 02.08.2023).
- [134] taucher.net. *Palau Siren gesunken - Diveinside News*. 2015. URL: [https://taucher.net/diveinside-palau\\_siren\\_gesunken-kaz5800](https://taucher.net/diveinside-palau_siren_gesunken-kaz5800) (besucht am 03.08.2023).

- [135] taucher.net. *Thailand: Fünf Taucher sterben bei Schiffsunglück - Diveinside News*. 2017. URL: [https://taucher.net/diveinside-thailand\\_fuenf\\_tauber\\_sterben\\_bei\\_schiffsunglueck\\_\\_kaz7075](https://taucher.net/diveinside-thailand_fuenf_tauber_sterben_bei_schiffsunglueck__kaz7075) (besucht am 03.08.2023).
- [136] taucher.net. *Malé, Malediven: Safarischiff „Nautilus One“ sinkt nach Feuer an Bord - Diveinside News*. 2021. URL: [https://taucher.net/diveinside-mal\\_\\_\\_malediven\\_safarischiff\\_\\_\\_nautilus\\_one\\_\\_\\_sinkt\\_nach\\_feuer\\_an\\_bord\\_-kaz8448](https://taucher.net/diveinside-mal___malediven_safarischiff___nautilus_one___sinkt_nach_feuer_an_bord_-kaz8448) (besucht am 03.08.2023).
- [137] taucher.net. *Katastrophe auf Safarischiff im Rooten Meer: Feuer auf der M/Y Hurricane - Diveinside News*. 2023. URL: [https://taucher.net/diveinside-katastrophe\\_auf\\_safarischiff\\_im\\_rooten\\_meer\\_feuer\\_auf\\_der\\_m\\_y\\_hurricane-kaz9034](https://taucher.net/diveinside-katastrophe_auf_safarischiff_im_rooten_meer_feuer_auf_der_m_y_hurricane-kaz9034) (besucht am 03.08.2023).
- [138] taucher.net. *M/Y New Dream: Safari Schiff im Roten Meer gesunken - Diveinside News*. 2023. URL: [https://taucher.net/diveinside-m\\_y\\_new\\_dream\\_safari\\_schiff\\_im\\_roten\\_meer\\_gesunken-kaz9030](https://taucher.net/diveinside-m_y_new_dream_safari_schiff_im_roten_meer_gesunken-kaz9030) (besucht am 03.08.2023).
- [139] taucher.net. *Taucher.Net - Gestern ist der ausgebrannte Rumpf im Hafen von... | Facebook*. 2023. URL: <https://www.facebook.com/Taucher.Net/posts/pfbid02aLrjzKePBZHjBrsafZm3nqcwjcvwSNWrXX9QkFLurzkj9oQPjHR2i9sibdNifRzl> (besucht am 03.08.2023).
- [140] Welt. “Noch sechs Vermisste: Tote Touristin nach Bootsunfall in Phuket geborgen”. In: *WELT* (2009-03-10). URL: <https://www.welt.de/vermishtes/article3348826/Tote-Touristin-nach-Bootsunfall-in-Phuket-geborgen.html> (besucht am 03.08.2023).
- [141] Der Spiegel. “Touristen vermisst: Ägyptisches Tauchboot sinkt im Roten Meer”. In: *DER SPIEGEL* (2009-11-19). URL: <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/touristen-vermisst-aegyptisches-tauchboot-sinkt-im-roten-meer-a-662235.html> (besucht am 03.08.2023).
- [142] DivePhotoGuide. *Red Sea Aggressor I Sinks After Fire, Killing One Diver*. 2019. URL: <https://www.divephotoguide.com/underwater-photography-scuba-ocean-news/red-sea-aggressor-sinks-after-fire-killing-one-diver> (besucht am 03.08.2023).
- [143] CDWS. *Breaking news: Boat sinks in Naama Bay, 2 missing divers*. 2009. URL: <https://cdws.travel/news/breaking-news-boat-sinks-in-naama-bay-2-missing-divers> (besucht am 03.08.2023).
- [144] Blue O. TWO. “Electrical fire on board M/Y blue Melody...”. In: *The Scuba News* (2014-08-08). URL: <https://www.thescubanews.com/2014/08/08/electrical-fire-on-board-my-blue-melody/> (besucht am 03.08.2023).
- [145] Michael Bode. “Tauchschiff brennt ab”. In: *Bodeweb* (2011-12-29). URL: <https://bodeweb.de/blog/tauchschiff-brennt-ab/> (besucht am 03.08.2023).
- [146] Michael Bode. “Mandarin Siren gesunken”. In: *Bodeweb* (2012-01-03). URL: <https://bodeweb.de/blog/mandarin-siren-gesunken/> (besucht am 03.08.2023).
- [147] Michael Bode. “Ein bisschen Notfall”. In: *Bodeweb* (2012-07-09). URL: <https://bodeweb.de/blog/ein-bisschen-notfall/> (besucht am 03.08.2023).

- [148] Kroftman. *Windgeschwindigkeit und daraus resultierende horizontale Windlast (Druck) auf Bauwerke*.
- [149] Kühlmeyer und Kottusch. *Statistische Auswertungsmethoden für Ingenieure*. [Place of publication not identified]: Springer Berlin Heidelberg, 2001. ISBN: 3-540-41097-x.
- [150] John Liang. “Scuba Scene Liveaboard Destroyed By Fire - DeeperBlue”. In: *DeeperBlue.com* (2022-04-20). URL: <https://www.deeperblue.com/scuba-scene-liveaboard-destroyed-by-fire/> (besucht am 03.08.2023).
- [151] Liveaboard.com. *All Star Scuba Scene*. o.J. URL: <https://www.liveaboard.com/de/diving/egypt/all-star-scuba-scene> (besucht am 03.08.2023).
- [152] Liveaboard.com. *Die zehn besten Tauchsafari-Ziele für Anfänger*. 2018. URL: <https://www.tauchen.de/reise/reiseberichte/die-zehn-besten-tauchsafari-ziele-fuer-anfaenger/> (besucht am 25.08.2023).
- [153] Liveaboard.com. *WAOW Sinks*. 2018. URL: <https://www.liveaboard.com/news/waow-sinks> (besucht am 03.08.2023).
- [154] Marine Accident Investigation Branch. *Anfrage zu Hurricane*. 2023-10-16.
- [155] European Union. *European statistics on accidents at work (ESAW)*. Theme: Population and social conditions. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. ISBN: 978-92-79-28419-9.
- [156] Mark Evans. “Luxury liveaboard lost in Fiji, guests and crew safe and well”. In: *Scuba Diver Mag* (2017-11-15). URL: <https://www.scubadivermag.com/luxury-liveaboard-lost-in-fiji-guests-and-crew-safe-and-well/> (besucht am 03.08.2023).
- [157] Joachim Hahne. *Handbuch Schiffssicherheit*. Hamburg: Seehafen Verlag, 2006. ISBN: 3-87743-815-6.
- [158] Sam Helmy. “Fiji Siren Lost At Sea - DeeperBlue”. In: *DeeperBlue.com* (2017-11-15). URL: <https://www.deeperblue.com/fiji-siren-lost-sea/> (besucht am 03.08.2023).
- [159] ICS-shipping. *Shipping and World Trade: Global Supply and Demand for Seafarers*. 2021. URL: <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-global-supply-and-demand-for-seafarers/> (besucht am 16.08.2023).
- [160] Master Liveboards. *Palau Siren liveaboard*. o.J. URL: <https://masterliveboards.com/boats/palau-siren/> (besucht am 03.08.2023).
- [161] Fathmath Zunaam. *Nautilus One safari sinks after catching on fire*. 2021. URL: <https://timesofaddu.com/2021/01/25/nautilus-one-safari-sinks-after-catching-on-fire/> (besucht am 03.08.2023).

Bilder

---



Abbildung 17: Rettungsring mit Kabelbindern befestigt auf der „Emperor Elite“



Abbildung 18: Schwimmweste auf der „Emperor Elite“





Abbildung 21: Messe der „Carlton Queen“



Abbildung 22: Treppe von Unterdeck auf der „Carlton Queen“

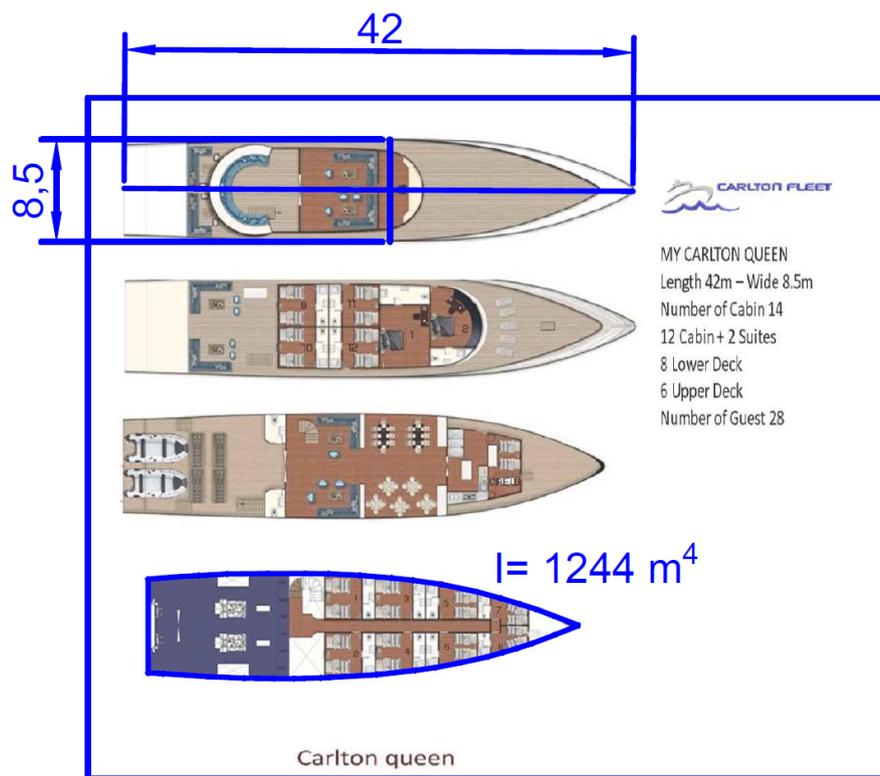


Abbildung 23: Wasserlinie aus AutoCAD ermittelt

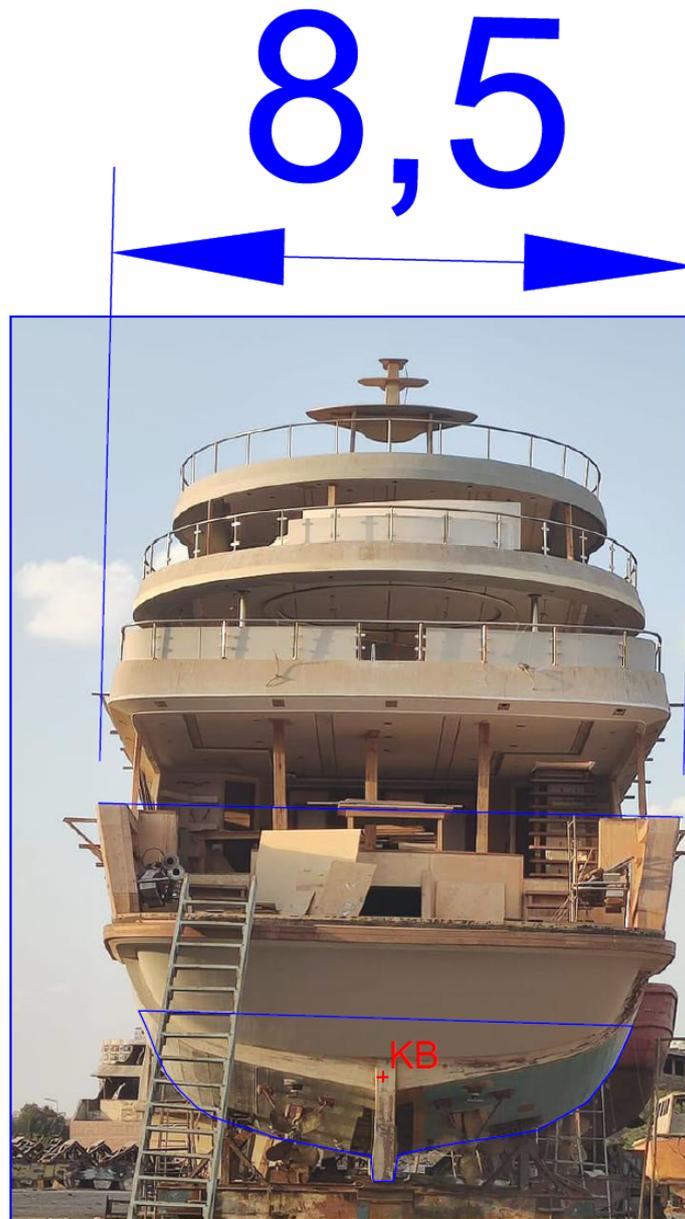


Abbildung 24: KB aus AutoCAD ermittelt



Abbildung 25: Spiegel als Notausgang auf der „Emperor Elite“



Abbildung 26: Anker auf der „Ghazala Explorer“ (Ausgeschnitten aus einem Bild von [117])

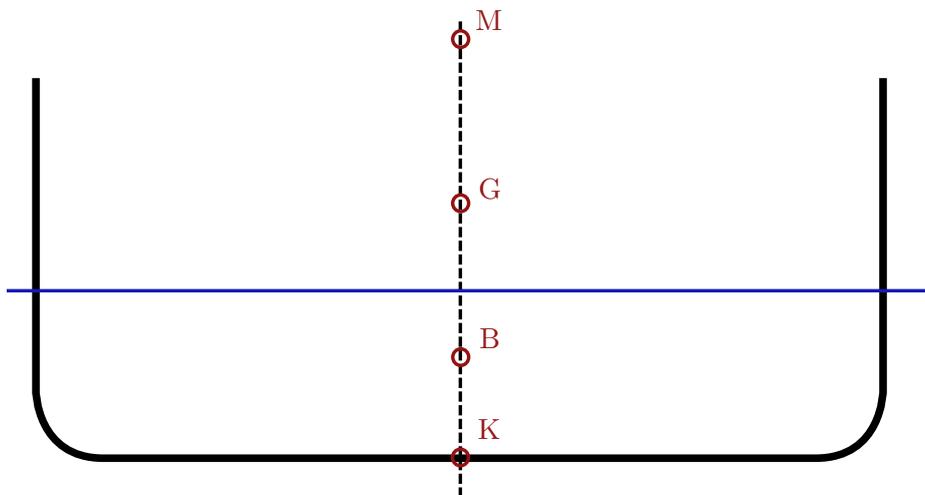


Abbildung 27: Darstellung der für die Stabilität relevanten Punkte (K: tiefster Punkt in Schiffsmitte; B: Auftriebsschwerpunkt; G: Gewichtsschwerpunkt; M: Metazentrum)

Thema	Kurzfristig	Langfristig
Brandschutz	Feuermelder in Gästebereichen und Maschinenräumen; tragbare Feuerlöcher nach BV oder SCV-Code außerhalb von Kabinen	Fest eingebaute Löscheinrichtungen; Löschpumpen nach beliebiger Vorschrift
Stabilität	Nachweis über Stabilitätsversuche oder Berechnung nahe dem IS-Code mit Kosinus <sup>2</sup>	Beurteilung der Leckstabilität über Schotten nach BV
Ausbildung	Sicherheitseinweisungen mit Rundgängen und Übung	Ausbildung nach STCW-Übereinkommen
Ausrüstung	Korrekte Zertifikate an der Ausrüstung & regelmäßige Wartung	Anbau von Gestellen für Rettungsinseln; Auslegung der Anker nach BV
Fluchtwege	Verwendbarkeit vorhandener Fluchtwege sicherstellen	Handläufe in allen Gängen

Tabelle 7: Empfehlungen zusammengefasst

# Korrekturen zu einer Untersuchung einer Reihe an Unfällen von Yachten für Tauchurlaube

Justus Schiszler

15. Januar 2024

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Fehler in 7. Analyse zur Kenterung der „Carlton Queen“</b>	<b>2</b>
1.1 Fehler in 7.3. Mögliche Ursachen für die Kenterung . . . . .	2

# 1 Fehler in 7. Analyse zur Kenterung der „Carlton Queen“

## 1.1 Fehler in 7.3. Mögliche Ursachen für die Kenterung

Die Gleichung 7.3 auf Seite 44 muss korrekt lauten:  $\overline{KG} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{GM}$ . Das errechnete  $\overline{KG}$  von 10,1 ist korrekt durch die Formel errechnet worden. Die folgende Analyse bleibt gleich.

Bei dem errechneten Hebel wurde in der Rechnung die Gravitationsbeschleunigung nicht korrekt berücksichtigt. Daher sind die berechneten Ergebnisse falsch. Die korrekten krängenden Momente sind 95 kNm bei 4 bft. Windstärke und 288 kNm. Daraus ergeben sich mit krängende Hebel von 0,068 m bzw. 0,206 m. Das nötige  $\overline{GM}$ , um den IS - Code zu erfüllen, beträgt damit 0,25 m bzw. 0,747 m. Dies führt dazu, dass man möglicherweise ein  $\overline{GM}$  von unter 0,3 m annehmen müsste, da die „Carlton Queen“ bereits bei einer Windstärke von 4 bft. gekentert ist. Doch die Kenterung kann auch, wie in der Arbeit besprochen, durch andere Faktoren herbeigeführt werden.