

TEXTE

103/2023

Teilbericht

Vorgehen bei der Untersuchung und Bergung der gefährlichen oder wassergefährdenden Ladung von Schiffswracks aus den zwei Weltkriegen

Konzeptstudie zur Entwicklung einer Bergungsstrategie

von:

Monika Schütt, Eva-Maria Meckel, Thomas Raabe
AquaEcology GmbH & Co. KG, Oldenburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 103/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3718 25 210 0

FB001143

Teilbericht

Vorgehen bei der Untersuchung und Bergung der gefährlichen oder wassergefährdenden Ladung von Schiffswracks aus den zwei Weltkriegen

Konzeptstudie zur Entwicklung einer Bergungsstrategie

von

Monika Schütt, Eva-Maria Meckel, Thomas Raabe

AquaEcology GmbH & Co. KG, Oldenburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

AquaEcology GmbH & Co. KG
Steinkamp 19
26125 Oldenburg

Abschlussdatum:

November 2022

Redaktion:

Fachgebiet II 2.3 „Schutz der Meere und Polargebiete“
Dr. Anita Künitzer

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Vorgehen bei der Untersuchung und Bergung der gefährlichen oder wassergefährdenden Ladung von Schiffswracks aus den zwei Weltkriegen

Der vorliegende Bericht dient der Informationssammlung und Zusammenfassung in Bezug auf die Bergung von gefährlicher oder wassergefährdender Ladung aus Schiffswracks aus den zwei vergangenen Weltkriegen. Auf diese Weise soll die Grundlage für die Aufstellung einer Strategie zur systematischen Vorgehensweise bei der Identifizierung und Bergung solcher gefährlichen Ladungen aus Schiffswracks geschaffen werden. Durch weitere Vertiefung und Detaillierung kann in einem Folgeprojekt ein Handlungs- und Leitfaden ausgearbeitet werden, der für Behörden und Bergungsunternehmen verwendbar ist.

Abstract: Procedure for investigation and salvage of hazardous or water-polluting cargo of shipwrecks from the two world wars.

The objective of this report is to collect and summarise information related to the salvage and recovery of hazardous or water-polluting cargo from shipwrecks from the past two world wars. By this, a basis for the establishment of a strategy for a systematic approach to the identification and recovery of such hazardous cargoes from shipwrecks has been created. In further steps, action plans and guidelines can be elaborated in a follow-up project, which can be used by authorities and salvage/ recovery companies.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary	12
1 Einführung in das Thema.....	14
2 Arbeitsschritte für Bergungsmaßnahmen	15
2.1 Vorbereitende Schritte	15
2.2 Priorisierung von Bergungsmaßnahmen	16
2.3 Risikoanalysen.....	16
2.4 Methoden für die Inspektion der Ladung eines Wracks.....	17
2.5 Priorisierung von Bergungen	17
2.6 Techniken der Öl-Bergung	19
2.7 Kostenschätzungen	20
2.8 Tabellarische Zusammenfassung der Schritte für Öl-Bergungen.....	23
2.9 Beseitigung von Munition aus Schiffswracks.....	23
3 Datenbanken	26
3.1 Wracklisten	26
3.1.1 BSH-Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	26
3.1.2 Private Datenbank von Harald Bolten	27
3.1.3 Global Maritime Wrecks Database	27
3.1.4 Wrecks and Obstructions Database.....	27
3.1.5 WRECK Site.....	28
3.1.6 Geoportal	28
3.1.7 EU Projekt „North Sea Wrecks“	28
3.1.8 Weitere Datenbanken.....	28
3.2 Bergungsfirmen.....	30
4 Beispiele für erfolgreiche Bergungen.....	34
4.1 WK-Schiff „Prinz Eugen“	34
4.2 Tankschiff „ARGO“	35
4.3 Kriegsschiff „HMS Royal Oak“	36
4.4 SS Jacob Luckenbach.....	36
4.5 M/V Prestige	37

4.6	„USS Mississinewa“	37
5	Verwendete und weitere Quellen.....	39
6	Quellenverzeichnis	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Karte von „Unterwasserhindernissen“ in der AWZ der Nord- und Ostsee (Übersicht der Wrackpositionen, Quelle: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Vermessung_und_Kartographie/Wracksuche/Definition/definition_node.html).....	26
-------------	--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Variablen, die im Rahmen des Rankingsystems verwendet werden, um Wracks des Zweiten Weltkriegs in eine Rangfolge zu bringen (Quelle: Carter et al 2021)	18
Tabelle 2:	Ausrüstung und Personal für eine Öl-Bergung am Beispiel der ARGO (Quelle: Elliott et al 2017)	19
Tabelle 3:	Relative Kosten für eine Öl-Bergung eines durchschnittlichen Wracks in Dollar (Quelle: Michel et al (2005).....	21
Tabelle 4:	Tabellarische Zusammenfassung der Vorbereitungen einer Bergung.....	23
Tabelle 5:	Zusammenfassung Arbeitsansätze bei Munitionsbergungen ..	25
Tabelle 6:	Anschauungsbeispiel der Datenbank Harald Bolten (http://www.unterwasserwelt-history.de/html/wrackdatenbank.html)	27
Tabelle 7:	Übersicht über Datenbanken zur Suche von Schiffswracks (international und national)	29
Tabelle 8:	Behörden und Unternehmen zur Gefahrgutentfernung.....	30
Tabelle 9:	Beispielhafte Unternehmensauflistung zur Wrackbergung	32
Tabelle 10	Zusammenstellung der Beispiele für erfolgreiche Bergungen ..	38
Tabelle 11:	Zusammengefasste Quellenauswertung	39

Abkürzungsverzeichnis

AWOIS	Automated Wreck and Obstruction Information System
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
GMWD	Global Maritime Wrecks Database
GMT	Gesellschaft für Maritime Technik
HMS	Her/His Majesty's Ship – Prefix für englische Marineschiffe
ICT	Fraunhofer Institut für chemische Technologie
MSRL	Meeresschutzstrategie-Rahmenrichtlinie
M/V	Motor vessel – internationales Prefix für Motorschiffe
NCA	Norwegian Coastal Administration
ROAL	Remotely Operated Air Lifts
ROTV	Remotely Operated Towed Vehicles
ROV	Remotely Operated Vehicle (Remotely Operated Underwater Vehicle)
SS	Steam Ship – Prefix für amerikanische Dampf-/Motorschiffe
USS	United States Ship – Prefix für amerikanische Marineschiffe

Zusammenfassung

In den zwei Weltkriegen sind viele Kriegs-, aber auch Handelsschiffe gesunken, die dem Einfluss von stark salzhaltigem Wasser ausgesetzt sind. Die Ladungen und Treibstoffe dieser Schiffswracks sind potenziell umweltschädlich, aber darüber hinaus zum Teil gefährlich: Neben den Ölresten aus Treibstoffbunkern und Ladung sind in diesen Schiffen auch Chemikalien, Sprengstoff und Munition enthalten.

Die noch vorhandenen Rest-Öle und -Treibstoffe in den korrodierenden Tanks der Schiffe würden bei einer Freisetzung weitreichende Umweltbelastungen darstellen. Die Munition an Bord von gesunkenen Kriegsschiffen stellt eine weitere Bedrohung für die Meeresumwelt dar: Auch die Munitionshülsen von Granaten und Torpedohüllen korrodieren und es besteht die Gefahr der Freisetzung von verschiedenen Sprengstoffen, die toxische und kanzerogene Wirkungen haben und zum Teil in Organismen akkumuliert werden können.

Der vorliegende Bericht soll eine Grundlage für einen Handlungsfaden zur Bergung von gefährlicher Ladung bilden. In diesem Zusammenhang wurden zunächst die verschiedenen vorbereitenden Arbeitsschritte recherchiert und zusammengestellt, die für das grundsätzliche Unterfangen, gefährliche Ladungen aus Wracks in Nord- und Ostsee zu bergen, erforderlich sind. Dazu gehören die Beschaffung von möglichst detaillierten Informationen über Lage und Art des Wracks, eine Untersuchung des Schiffswracks vor Ort, Zusammenstellungen über Art und Beschaffenheit des Gefahrgutes sowie eine Ermittlung der ortsbezogenen Bedingungen, die einen Einfluss auf die Bergemöglichkeiten haben. Daran anschließend sollte eine Analyse der technischen Möglichkeiten für eine Bergung der Schadstoffe durchgeführt werden.

Da die Schiffswracks sehr unterschiedliche Erhaltungszustände aufweisen, ist eine Priorisierung von Bergungen erforderlich; diese Priorisierung sollte den Wrackzustand, die Gefährlichkeit der möglichen Freisetzung der Ladung sowie die Auswirkungen auf die Umwelt und die technische Zugänglichkeit des Wracks berücksichtigen. Hier spielen auch die möglichen Kosten für die Bergung eine Rolle, die dem Gefahrenausmaß gegenübergestellt werden müssen.

Im Vorfeld einer geplanten Bergung ist es in einem weiteren Schritt erforderlich, die Risiken abzuschätzen, die von der gefährlichen Ladung aktuell für die Meeresumwelt ausgehen und welche Gefährdungen mit dem Bergevorgang selbst verbunden sind. Neben konkreten Bestandaufnahmen der Ladung und des Zustands der Ladungsbehälter müssen dazu die örtlichen Wetter- und Strömungsverhältnisse berücksichtigt werden. Die Ergebnisse solcher Risikoanalysen sollten in Form eines standardisierten Schemas verarbeitet werden.

Für die Inspektionen des Zustands von Wrack und Ladung gibt es verschiedene Methoden, die angewendet werden können. So müssen zunächst eine Kartierung und Lokalisierung des Wracks und seines Trümmerfeldes vorgenommen werden, dann Bodenprofile und Sedimentbedingungen erfasst und die Ausrichtung der Wrackteile ermittelt werden. Dabei können Taucher oder ROVs eingesetzt werden.

Hilfreiche Information können dabei Konstruktionszeichnungen des Schiffes oder der Klasse, zeitgenössische Fotos und Berichte über Schiff und Ladung sowie frühere Wrackbesichtigungen und Berichte darstellen.

Für die Risikoeinstufung der Bergung gibt es verschiedene Ansätze für eine Unterteilung in Risikokategorien wie z.B. in „hohes“, „mittleres“ und „niedriges“ Risiko. Der vorliegende Bericht gibt verschiedene konkrete Beispiele für Risikoabschätzungen und Priorisierungen von Bergungen aus der Vergangenheit an.

Insbesondere bei den Bergungen von Öl und Treibstoffen (Bunkeröle) gibt es mittlerweile verschiedene Ansätze, die im Bericht genannt und mit der dazu notwendigen Ausrüstung aufgelistet werden.

Ein entscheidender Faktor für die Entscheidung zur Durchführung einer Bergung sind die damit verbundenen möglichen Kosten. Der Bericht gibt einen Überblick über angewendete Methoden zu Kosteneinschätzung und zeigt Beispiele bezüglich der Größenordnungen der Bergekosten. Es können dabei Preisspannen von weniger als 1 Mio. Euro bis hin zu mehr als 100 Mio. Euro Kosten auftreten.

Nach einer tabellarischen Zusammenfassung der Vorbereitungen für mögliche Öl- und Schadstoffbergungen schließt sich im Bericht ein kurzes Kapitel über die Bergung von Munition an. Die Frage, ob die bereits identifizierten Objekte teils saniert, geborgen oder am Meeresgrund verbleiben sollen, sind dabei nicht einfach zu beantworten. Es gibt hier bereits Entscheidungshilfen mittels verschiedener Portalanwendungen und Softwareprogramme, die kurz dargestellt werden.

In einem weiteren Kapitel werden verschiedene Datenbanken, die Wrackinformationen enthalten, mit Beschreibungen, Kontakt, Links und jeweiligen Zugangsbeschränkungen aufgelistet. Dazu gehören große Datenbanken wie die des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH) wie auch verschiedene kleinere, teils private Datensammlungen.

In diesem Kontext wurde auch eine erste Übersicht über Behörden und Unternehmen erstellt, die sich mit Bergungen von gefährlicher Ladung befassen. Hier gibt es verschiedene Angebote im deutschen, aber auch im europäischen und internationalen Raum.

Ein weiterer Abschnitt des Berichts zeigt eine Zusammenstellung von Beispielen für erfolgreich durchgeführte Bergungen. Beschrieben sind Bergungen von verschiedenen Kriegs- und Handelsschiffen. Dabei wurden die Art der Bergung, die Vorgehensweise, mögliche Probleme und ihre Lösungen sowie der Kostenrahmen aufgeführt. Die Beispiele geben einen Einblick in die komplexen Fragestellungen, die sich im Zusammenhang mit Bergungen von gefährlicher Ladung ergeben.

Summary

During the two world wars, many warships, but also merchant ships, sank, and are exposed to the influence of highly saline water. The cargoes and fuels of these shipwrecks are potentially harmful to the environment, but in addition, some of them are dangerous: besides the oil residues from fuel bunkers and cargo, these ships also contain chemicals, explosives, and ammunition.

The remaining oils and fuels in the corroding tanks of the ships would pose widespread environmental pollution if released. The ammunition on board sunken warships poses a further threat to the marine environment: The ammunition casings of shells and torpedo casings also corrode and there is a risk of the release of various explosives that have toxic and carcinogenic effects, some of which can accumulate in organisms.

This report is intended to form a basis for a thread of action for the salvage of hazardous cargo. In this context, the various preparatory work steps required for the basic undertaking of salvaging hazardous cargoes from wrecks in the North Sea and Baltic Sea were first researched and compiled. This includes obtaining the most detailed information possible on the location and type of wreck, an on-site examination of the shipwreck, compilations of the type and nature of the hazardous cargo, and an identification of the site-specific conditions that have an influence on the salvage possibilities. This should be followed by an analysis of the technical possibilities for salvaging the pollutants.

As shipwrecks have very different states of preservation, a prioritisation of salvage is necessary; this prioritisation should take into account the condition of the wreck, the danger of the possible release of the cargo as well as the impact on the environment and the technical accessibility of the wreck. The possible costs of salvage also play a role here, which must be set against the extent of the danger.

In the run-up to a planned salvage operation, it is necessary in a further step to assess the risks that the hazardous cargo currently poses to the marine environment and which hazards are associated with the salvage operation itself. In addition to concrete inventories of the cargo and the condition of the cargo containers, the local weather and current conditions must be taken into account. The results of such risk analyses should be processed in the form of a standardised scheme.

There are several methods that can be used to inspect the condition of the wreck and cargo. For example, first a mapping and localisation of the wreck and its debris field must be carried out, then sediment profiles and conditions must be recorded and the orientation of the wreck parts must be determined. Divers or ROVs can be used for this.

Helpful information may include construction drawings of the ship or class, contemporary photographs and accounts of the ship and cargo, and previous wreck surveys and reports.

For the risk classification of the salvage, there are different approaches for a subdivision into risk categories such as "high", "medium" and "low" risk. This report gives several concrete examples of risk assessments and prioritisations of salvage from the past.

Especially for the salvage of oil and fuels (bunker oils), there are now various approaches, which are mentioned in the report and listed with the required respective equipment.

A decisive factor for the decision to carry out a salvage operation is the possible costs involved. The report gives an overview of the methods used to estimate costs and gives examples of the magnitude of salvage costs. Prices range from less than 1 million Euros to more than 100 million Euros per salvage.

After a tabular summary of the preparations for possible oil and contaminant salvage, the report includes a short chapter on the salvage of munitions. The question of whether the objects already identified should be partly remediated, salvaged, or just left on the seabed is not easy to answer. There are already decision-making aids here by means of various portal applications and software programmes, which are briefly described.

In further chapter, various databases containing wreck information are listed with descriptions, contact, links and respective access restrictions. These include large databases such as that of the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) as well as various smaller, partly private data collections.

In this context, an initial overview of authorities and companies dealing with salvage of dangerous cargo was also compiled. Here there are various offers in the German, but also in the European and international area.

Another section of the report shows a compilation of examples of successful salvages. Salvages of various warships and merchant vessels are described. The type of salvage, the procedure, possible problems and their solutions as well as the cost framework were listed. The examples provide an insight into the complex issues that arise in connection with the salvage of dangerous cargo.

1 Einführung in das Thema

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, gemäß der in der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008) und dem daraus resultierenden Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee, festgeschrieben im deutschen Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2009) eine Grundlage zu schaffen, um Altlasten aus gefährlicher und wassergefährdender Ladung von gesunkenen Schiffen priorisieren und bergen zu können.

In den zwei Weltkriegen sind viele Kriegs-, aber auch Handelsschiffe gesunken. Diese liegen teilweise seit mehr als 100 Jahren am Meeresboden und sind dem Einfluss von stark salzhaltigem Wasser ausgesetzt. Auf der internationalen Öl-Unfall-Konferenz im Jahr 2005 berichtete ein Thesenpapier über die Mengen an Schiffswracks, welche im Nordatlantik und damit auch in der Nordsee aus den zwei Weltkriegen am Grund liegen (Michel et al., 2005). Aus den Berichten ergibt sich, dass allein in der Nordsee rund ein Viertel aller potenziell umweltschädlichen Wracks weltweit liegt. Neben den Ölresten aus Treibstoffbunkern und Ladung sind in diesen Schiffen auch Chemikalien, Sprengstoff und Munition enthalten. Andere Studien haben erstmals die weltweite Anzahl von umweltschädlichen Wracks und das noch vorhandene Öl in den Wracks abgeschätzt. Dabei wurden 8.569 Wracks weltweit gezählt mit noch 2,5 Mio. bis 20,4 Mio. Tonnen Öl an Bord (Landquist et al., 2017). Diese noch vorhandenen Rest-Öle und teilweise -Treibstoffe in den Tanks der Schiffe würden bei einer Freisetzung weitreichende Umweltbelastungen darstellen.

In der überwiegenden Zahl der Fälle wurden und werden die in den Tanks enthaltenden Gefahrenstoffe seit dem Sinken durch ein Stahlcontainment geschützt und vor dem Austritt bewahrt. Durch den Einfluss des salzhaltigen Seewassers ist dieser Stahl jedoch permanenten Korrosionsprozessen unterworfen, wodurch die Tankwände immer dünner werden, bis es schließlich zum Leck und Austritt des Öls oder anderer Gefahrstoffe kommt. Das austretende Öl ist nicht nur schädlich für marine Lebewesen (Martínez-Gómez et al., 2010), sondern ebenso schädlich für die Ökologie der Sedimente (Van Landuyt et al. 2022). Um zukünftigen Öl-Katastrophen vorzubeugen, steht dementsprechend die Bergung des noch vorhandenen Öls im Vordergrund. Sollte aufgrund der fortgeschrittenen Korrosion oder der Unzugänglichkeit der Tanks eine reine Bergung des Öls – etwa durch Abpumpen – nicht mehr möglich sein, muss eine Bergung des Wracks in Betracht gezogen werden.

Auch Munition an Bord von gesunkenen Kriegsschiffen stellt nach vielen Jahren im Salzwasser eine Bedrohung für die Meeresumwelt dar: Die Munitionshülsen von Granaten und Torpedohüllen korrodieren und es besteht die Gefahr der Freisetzung von verschiedenen Sprengstoffen, die toxische und kanzerogene Wirkungen haben und zum Teil in Organismen akkumuliert werden können.

Um hier die Grundlage für einen Handlungsfaden zur Bergung von gefährlicher Ladung zu schaffen, wurden im folgenden Bericht Herangehensweisen aus bereits stattgefundenen Bergungen miteinander verglichen und die Schritte dargestellt, die in der Literatur für die Bergung von gefährlichen Ladungen diskutiert werden. Zuletzt werden Datenbanken und Unternehmen benannt, die für eine erweiterte Informationssammlung zur Erstellung eines Leitfadens für Bergungen unterstützend sein können.

2 Arbeitsschritte für Bergungsmaßnahmen

2.1 Vorbereitende Schritte

Für das grundsätzliche Unterfangen Ladungen aus Wracks der zwei Weltkriege aus der Nordsee und Ostsee zu bergen, sollte zuerst eine Übersichtsliste erstellt werden, welche und wie viele Wracks an welchen Orten vorhanden sind. Dafür können Datenbanken genutzt werden, die in dem späteren Kapitel „Datenbanken“ aufgeführt werden. Folgende Informationen sollten dabei gesammelt werden, um auf mögliche Probleme und Schwierigkeiten bei der Bergung vorbereitet zu sein:

- ▶ **Lokalisation und Identifizierung der Schiffswracks:** Letzteres ist insbesondere deshalb erforderlich, um ggf. Ladung und mögliche Schad- und Gefahrstoffe ermitteln zu können. Diese Informationen können zum Teil aus alten Ladelisten der damaligen Reedereien bzw. der Marinebehörden entnommen werden.
- ▶ **Zusammenstellung aller Informationen über das Wrack:** Informationen über das Wrack selbst und lokale Gegebenheiten. Diese Informationen können zum Beispiel aus Militärarchiven hervorgezogen werden.
- ▶ **Untersuchung und Analyse des Schiffswracks vor Ort:** Es sollten Vorab-Tauchgänge durchgeführt werden, um den aktuellen Zustand des Wracks und mögliche Risiken zu ermitteln. Ebenfalls können die genaue Position der Tanks und mögliche Zugriffstellen lokalisiert werden.
- ▶ **Zusammenstellung der Schadstoff-/ Gefahrgutinformationen:** Dabei sollte auch die Art des Öls vorab untersucht werden. Dadurch kann die Zähflüssigkeit des Öls bestimmt werden, um die entsprechende Technik einzuplanen. Bei Munition und Sprengstoffen sollten die Arten der Behältnisse ermittelt werden, um die Gefahren bei einer Bergung zu minimieren.
- ▶ **Ermittlung ortsbedingter Faktoren:** Dazu gehören Wassertiefen, Sedimenteigenschaften, Bewuchs, Strömungsverhältnisse. Dies dient der besseren Vorbereitung und teils der Priorisierung von Arbeitsschritten. Die Auswahl der Technik, Bergungsplattform und Jahreszeit sollten an die zu erwartenden Wetter- und Strömungsverhältnisse angepasst werden.
- ▶ **Analyse der ökologischen Bedingungen:** Habitate und mögliche Einflüsse/ Beeinträchtigungen derselben durch die Bergungsmaßnahmen sollten im Vorweg der Bergung ermittelt werden. Die potenziellen Gefahren für das Ökosystem sollten auch Grundlage für eine Priorisierung von Bergungsorten sowie der einzelnen Schritte einer Bergung und die Entscheidung über die Art der technischen Durchführung sein.
- ▶ **Analyse der technischen Möglichkeiten der Bergung der Schadstoffe:** Auf Basis der technischen Voranalysen müssen die logistischen Erfordernisse für eine Bergung berücksichtigt werden. Dazu gehören die Transporte von Technik, Ausrüstung und Personal. Je nach Entfernung des Wracks von den Einsatzorten muss dies bei der zeitlichen und finanziellen Planung bedacht werden.

2.2 Priorisierung von Bergungsmaßnahmen

Bei der Gesamtzahl an Wracks aus den zwei Weltkriegen sollten Wracks mit einem hohen Risiko für Umweltschäden zuerst gesichert werden. Die norwegische Küstenadministration (NCA, Norwegian Coastal Administration) hat bereits 1993 mit der Bergung von Öl aus Schiffen begonnen, die während den zwei Weltkriegen vor der Küste Norwegens gesunken sind. Allein vor Norwegens Küste liegen 2.100 Wracks, wodurch eine Priorisierung der Bergungen unabdinglich ist (Bergstrøm et al., 2014). Die Vorgehensweise einer Priorisierung könnte aufgrund folgender Punkte durchgeführt werden, um mit der Planung von Bergungsmaßnahmen zu beginnen:

- ▶ Feststellung des Zustands des Wracks/ der Ladung durch regelmäßige Kontrollen
- ▶ Art des Gefahrguts
- ▶ Menge des Gefahrguts
- ▶ Lage des Wracks (küstennah, offshore)
- ▶ mögliche ökologischen Auswirkungen einer Freisetzung von Schadstoffen
- ▶ technische Zugänglichkeit des Wracks/ der Ladung
- ▶ Kostenaufwand

Zur Durchführung der Priorisierung ist die Erstellung von „Checklisten“ empfehlenswert, die diese Informationen enthalten und nach einem vorgegebenen Priorisierungsschema verarbeiten.

2.3 Risikoanalysen

Im Vorweg einer jeden Bergung müssen die Risiken abgeschätzt werden, die die gefährliche Ladung aktuell für die Meeresumwelt darstellt und welche Gefährdungen mit dem Bergevorgang verbunden sind. Daraus ergibt sich im idealen Fall eine eindeutige Vorgehensweise bei der Bergung des Gefahrguts. Bei Vorort-Risikoanalysen, zum Beispiel durch Tauchgänge mit Tauchern oder Tauchrobotern (ROV), die folgenden Kriterien abgeprüft werden:

- ▶ Fortschritt der Korrosion (bzw. Dicke des Metalls des Behältnisses)
- ▶ Bereits bestehende Lecks, Risse, Schäden etc.
- ▶ Restliche Inhalte der Tanks
- ▶ Evtl. Probennahme des Öls, um Zusammensetzung zu überprüfen
- ▶ Wetter- und Strömungsverhältnisse
- ▶ Abgleich der Vorverhältnisse mit den Ergebnissen der Schreibtisch-Risiko-Analyse (falls vorhanden)
- ▶ Simulationen eines möglichen Ölaustritts und dessen Auswirkungen
- ▶ Szenarien mit verschiedenen Wetter- und Strömungsverhältnissen
- ▶ Szenarien mit verschiedener Dauer und Ausmaß des Ölaustritts (chronisch oder akut)

- ▶ Kartierung und Erfassung der Lebensräume in der Wrackumgebung zur Gefährdungsabschätzung
- ▶ Berechnung der Kosten der ökologischen Schäden im Falle eines Ölaustritts bzw. der Wiederherstellung der Ökosysteme mittels Simulationen/ Modellierung

Die Ergebnisse der Risikoanalysen sollten in ein standardisiertes Schema überführt werden, um eine objektive Bewertung der Gefährdung der Umwelt zu erhalten.

2.4 Methoden für die Inspektion der Ladung eines Wracks

Die Bewertung der beschriebenen Risiken erfordert den Einsatz verschiedener Inspektionsmethoden, darunter:

- ▶ Kartierung und Lokalisierung des Wracks und seines Trümmerfeldes
- ▶ Kartierung von Bodenprofilen und Sedimentbedingungen in der Umgebung und im Gebiet Inspektion durch Taucher oder ROVs
- ▶ Erfassung der Ausrichtung der einzelnen Wrackteile
- ▶ Probenahmen von Öl und Schadstoffen
- ▶ Messungen von Wandungsdicken bei den betroffenen Stahlcontainern

Für eine effiziente Inspektion des Wracks kann es sehr hilfreich sein, Konstruktionszeichnungen des gesunkenen Schiffes einzusehen. Wenn keine Zeichnungen des betroffenen Schiffes verfügbar sind, können auch Zeichnungen eines Schiffes derselben oder einer ähnlichen Klasse herangezogen werden. Behörden, Klassifikationsgesellschaften oder Werftarchive können eine Quelle für solche Zeichnungen sein. Dazu sollten alle weiteren verfügbaren Informationen, die die spezielle Schiffs- und Ladungskonfiguration betreffen, eingeholt werden. Die resultierende Dokumentation sollte folgende Informationen enthalten:

- ▶ Konstruktionszeichnungen des Schiffes oder der Klasse
- ▶ Zeichnungen von ähnlichen Schiffen aus der Werft
- ▶ Zeitgenössische Berichte und Fotos über den Untergang
- ▶ Dokumentation der Reise, der Ladung, Bunkerungsberichte usw.
- ▶ Frühere Wrackbesichtigungen und Berichte

2.5 Priorisierung von Bergungen

Aufgrund der hohen Anzahl an Schiffswracks mit Umweltverschmutzungsrisiko, muss eine Priorisierung für die Risiko-Einschätzung festgelegt werden. In den folgenden Studien wurden Varianten der Risiko-Einschätzung diskutiert:

Lee, Jung, Park, & Choi (2020) führten Berechnungen aus, die die ökologischen Schäden und damit verbundene ökonomische Verluste erfassten, die als Folge eines Ölaustritts der „Jeh Hun“ (Korea) entstehen würden. In diesem Zusammenhang berücksichtigen die Autoren

- ▶ Einkalkulierung verschiedener Faktoren (Menge an Öl/gefährlicher Ladung an Bord, Entfernung zur Küste, Größe des Schiffs, Schiffsverkehr an der Stelle, Wahrscheinlichkeit des Öl-Austritts)
- ▶ Eine Vielzahl von Simulationen von Öl-Austritts-Szenarien (500 Simulationen); hier waren verschiedene Wassertemperaturen und -strömungen, Windrichtungen und -stärken, Gezeiten u.a. Faktoren enthalten

Carter et al. (2021) haben ein zweistufiges Konzept für die Risikobewertung von Schiffswracks allgemein und die Risikobewertung eines Wracks in Chuuk Lagoon (Mikronesien) im Speziellen erstellt.

Sie führten zunächst eine Bewertung der Risiken “am Schreibtisch” durch, um ein Ranking der Bergedringlichkeit zu erhalten. Einen beispielhaften Überblick gibt die nachfolgende Tabelle 1:

Tabelle 1: Variablen, die im Rahmen des Rankingsystems verwendet werden, um Wracks des Zweiten Weltkriegs in eine Rangfolge zu bringen (Quelle: Carter et al 2021)

	Variables				
Risk Category	Cargo	Propulsion system	Vessel type	Vessel size	Water depths
Higher risk	Heavy fuel oil	Oil powered	Tanker	> 1000 tons	< 30 metres
Medium risk	Aviation fuel	Diesel powered	Freighter	< 400-1000 tons	30-300 metres
Lower risk	Non-pollutants	Non-oil powered	Non-tank vessel	< 400 tons	> 100 metres

Danach erfolgte eine Risikobewertung im Feld. Dabei wurden folgende Tätigkeiten durchgeführt:

- ▶ Bewertung der Schäden des Wracks: Taucher machten Tausende Fotos mit hochauflösenden Unterwasserkameras; aus den Daten konnten 3D-Modelle erstellt werden. 3D-Modell und Originalpläne des Schiffbauers wurden übereinandergelegt, sodass Schäden am Wrack ermittelt werden konnten
- ▶ Korrosions-Bewertung, ebenfalls mithilfe von Tauchern: Messung der Metalldicke an den Öltanks

Ein generelles Konzept für Risikobewertungen von Schiffswracks haben Schmidt Etkin et al., (2009) entwickelt. Auch hier wurden Schreibtischanalysen mit Vorort-Messungen verbunden:

- ▶ Wrack-Bestandsaufnahme: Standort, “Identität” des Schiffes, historische Bedeutung, Art der Ladung, Besonderheiten des Schiffes, Wassertiefe, Datum der Versenkung, bekannte Hinweise auf Ölaustritt oder Vermessungsbeschreibungen
- ▶ Bewertung der Wahrscheinlichkeit eines Lecks (am Schreibtisch und vor Ort mit Tauchern): vorherrschende Wetter- und Strömungsverhältnisse, Bewertung des historischen Zustands, der Wassertiefe, des physischen Zustands und der Lage (z.B. auf einer bestimmten Seite

liegend, auf dem Kopf stehend, im Schlamm versenkt usw.), Art des verwendeten Stahls, Auswirkungen der Stahlkorrosion, Anfälligkeit des Standorts und Untersuchung der Tanks auf restliche Inhalte

- ▶ Simulationen möglicher Öl-Austritts-Szenarien (z.B. auch Szenarien mit verschiedenem Ausmaß und verschiedener Dauer des Austritts (chronisch oder akut))
- ▶ Berechnung der Kosten ökologischer Schäden im Fall eines Ölaustritts (Kosten der Wiederherstellung des Ökosystems, Entfernung der Ölteppiche etc.)

Ein ganzes Kapitel zu „Risk Assessment“ gibt es zudem in der Quelle Michel et al. (2005). Hier wurden verschiedene Wracks im Meerwasser untersucht und die Gefährdungen der Umwelt insbesondere im Hinblick auf Ölaustritte bewertet.

2.6 Techniken der Öl-Bergung

Für Öl-Bergungen können verschiedene Arten von Anzapf- und Pumptechniken verwendet werden. Unterschiede dieser Methoden können schon in der Art der Anzapfwerkzeuge sein. Das Anzapfen bezieht sich auf eine Methode, bei der ein Zugangsloch in ein unter Druck stehendes Rohr oder einen Tank geschnitten wird. Darin wird ein Rohrflansch oder ein „Zapfhahn“ installiert. Als Pumpe können Vakuumpumpen oder hydraulische Unterwasserpumpen verwendet werden. Dazu wurden häufig ROV (Remotely Operated Underwater Vehicle) eingesetzt. Diese haben sich auf Dauer als kostengünstigere Variante erwiesen, wenn mehrere Öl-Bergungen vorgenommen werden müssen, da neu auftretende Risiken schneller und flexibler beseitigt werden konnten (Bergstrøm, R. (2014)). Die Methode einen Zugang zu Öl-Tanks mittels Bohrungen und Ventilen zu schaffen, um so das Öl abzupumpen, wird „Hot-Tapping“ genannt. Da die niedrige Wassertemperatur und der dadurch bedingte zähflüssige Zustand des Öls den Abpumpprozess erschweren, können Heizgeräte den das Vorgehen erleichtern.

Um im Falle eines ungewollten Ölaustritts vorbereitet zu sein, sollten dementsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Entsprechende Ausrüstung und „Oil Spill Response Boats“, welche schnell reagieren können, sollten eingeplant werden.

Die folgende Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für die benötigte Ausrüstung bei einer Öl-Bergung genannt (Öl-Bergung der ARGO, Elliott et al., (2017)):

Tabelle 2: Ausrüstung und Personal für eine Öl-Bergung am Beispiel der ARGO (Quelle: Elliott et al 2017)

Salvage and Diving Equipment	Salvage Team
Crane Barge	Project Manager
Deck Barges	Salvage Master
Closed Receiving Tanks and Manifold	Barge Superintendent
Surface-Supplied, Shallo Water Diving	Tug and Barge Crews
Spread	Crane Operator (NCCCO Certified)
Cantaminated Water Diving Equipment	Diving Supervisor and five-member Surface-Supplied Diving Crew (ADCI Certified)
Hydraulic Power Units	Safety Officers
Hydraulic Submersible Pump	Response Supervisor

Hot Tapping System	Response Technicians
Jet Pumps	Naval Architect
Portable Fire Pump	Salvage Technicians
Air Compressors	Vapor Recovery System Technician
Air Manifolds / Hoses	Administrative Field Clerks
Patching Materials	
Lifting Straps / Rigging	
Oil Spill Response Vessels	
Dive Support Vessels	
Truck and Trailers	
Response Trailers	
Personal Protective Equipment	
Salvage Kit	
Pollution Response Equipment: Skimmers, Containment Boom and Sorbent Materials	
Personnel and Equipment Decontamination Kits	
500 CFM blower	
Vapor Recovery System electrical panel and connection cords	
4000 lbs. of US activated coal carbon	
Two 10000 lbs. carbon vessels	
Mobilde Vapor Recovery System trailer to hold treatment equipment	
Manifolds for Cargo and Vapro Recovery System	
Vapor hose package (200' of 4" hose)	
Tank connection fittings	

2.7 Kostenschätzungen

Die Kosten von Schiffswrack Bergungen oder Öl-Bergungen variieren stark in Abhängigkeit von der geschätzten Ölmenge, dem akuten Bedrohungsrisiko durch das jeweilige Schiff und auftretenden ungeplanten Komplikationen.

Schmidt Etkin et al., (2009) haben hier eine Übersicht erstellt. Dabei zeigte sich, dass für die Kostenhöhe bei der Bergung die Wassertiefe einer der wichtigsten Faktoren ist, obwohl auch andere standortspezifische Faktoren berücksichtigt werden müssen. Die Kosten für die Bergung können durch folgende Maßnahmen optimiert werden:

- ▶ Vorplanung: Eine Ölbeseitigungsmaßnahme sollte lange im Voraus auf der Grundlage einer eingehenden Schreibtischstudie und von Erhebungen vor Ort geplant werden, um einen möglichst kosteneffizienten Beseitigungsplan zu entwickeln
- ▶ Informierte Auftragsvergabe: Die Kosten lassen sich durch die Festlegung eines klaren Arbeitsumfangs und die Nutzung von Marktmechanismen wie Ausschreibungen und die geschickte Beauftragung von Subunternehmern einschließlich Leistungskriterien beeinflussen
- ▶ Effektive Projektverwaltung: Die Einrichtung eines angemessenen Managements für die Vorbereitung und Durchführung von Projekten ist wichtig für die Kostenkontrolle
- ▶ Durchführung zur richtigen Zeit im Jahr: Der Zeitpunkt der Ölbeseitigung sollte so geplant werden, dass er in die beste verfügbare Jahreszeit fällt, um Ausfallzeiten so weit wie möglich zu vermeiden und die Arbeitsfenster zu maximieren.
- ▶ Arbeit mit bewährter Technologie: Technologie und Ausrüstung, die zum Einsatz kommen sollen, sollten von den Auftragnehmern getestet und von der Projektleitung vor Beginn der Arbeiten akzeptiert werden

Bei den Kosten für die Bergungsarbeiten müssen auch die Kosten für die Vorsorgemaßnahmen für den Fall eines Unfalls berücksichtigt werden. Darüber hinaus müssen die Kosten eines eventuellen Lecks (und die geringe Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses) berücksichtigt werden.

In einer Studie von Michel et al (2005) wurde eine allgemeine Übersicht in tabellarischer Form (Tabelle 3) erstellt, die die Kosten einer Öl-Bergung bei verschiedenen Ausgangsbedingungen darstellt.

Tabelle 3: Relative Kosten für eine Öl-Bergung eines durchschnittlichen Wracks in Dollar (Quelle: Michel et al (2005))

Relative Complexity	Impact Factors on Cost	Cost Range (US \$ million)
Simple	Shallow depth (<20m) Low viscosity oil Protected water Local mobilization	< 1- 3
Moderate	Moderate depth (20-50m) Moderate viscosity oil Weather & sea restrictions Regional mobilization	2-5
Complex	Deep depth (50-250 m) High viscosity oil Poor wreck condition Open water Weather limitations Long mobilization	5-20 +

Highly complex	Extreme depth (>250 m) High viscosity oil Poor wreck condition Open water Weather limitations Long mobilization	20-100 +
----------------	--	----------

2.8 Tabellarische Zusammenfassung der Schritte für Öl-Bergungen

In der folgenden Tabelle 4 werden die bereits ausführlich beschriebenen Vorbereitungsschritte für eine Bergung von Gefahr-/ Schadstoffen noch einmal als Übersicht dargestellt:

Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung der Vorbereitungen einer Bergung

Phase	Kriterien für Risikobewertung, hauptsächlich Öl
„Schreibtisch“-Risiko-Analysen	Art, Größe, Identität und Besonderheiten des Schiffs Art und (geschätzte) Menge der Ladung Standort und Lage des Wracks (Wassertiefe, Entfernung zur Küste, Schiffsverkehr an der Stelle, auf der Seite/auf dem Bauch liegend...) Datum/ Jahr der Versenkung Vorgeschichte des Wracks (bereits Öl ausgetreten? Auffälligkeiten?) Art des verwendeten Stahls Bekannte Wetter- und Strömungsverhältnisse
Risikoanalysen vor Ort (Kamerafahrten, Tauchgänge)	Fortschritt der Korrosion (bzw. Dicke des Metalls) Bereits bestehende Lecks, Risse, Schäden etc. Restliche Inhalte der Tanks Evtl. Probennahme des Öls, um Zusammensetzung zu überprüfen Wetter- und Strömungsverhältnisse überprüfen Generelle Überprüfung der Schreibtisch-Risiko-Analyse (falls vorhanden)
Simulation eines möglichen Schadstoffaustritts und dessen Auswirkungen	Szenarien mit verschiedenen Wetter- und Strömungsverhältnissen Szenarien mit verschiedener Dauer und Ausmaß des Ölaustritts (chronisch oder akut) Mithilfe der Simulationen können auch die Kosten ökologischer Schäden im Falle eines Ölaustritts berechnet werden bzw. die Kosten der Wiederherstellung der Ökosysteme
Technische Analysen	Entfernung des Schadstoffgutes Bergung oder Verbleiben des Wracks
Kostenermittlung nach technischen Analysen	Sehr variabel (1->100 Mio US\$) Abhängig von Wassertiefe, Zustand des Wracks, Entfernung, Öl Art, Ölauslaufgefahr usw.

Aus der Literatur und den in den Vorbereitungen gesammelten Informationen ergeben sich folgende typische Schritte für eine Öl-Bergung (siehe auch Michel et al 2005):

1. Erstmobilisierung (Team Aufstellung zur Informations-Zusammenstellung)
2. Wrackbewertung / Leckageprävention
3. Beseitigung Mobilisierung (Team Aufstellung und Beschaffung des Equipments zur Öl Beseitigung)
4. Beseitigung von Öl
5. Stabilisierung des Wracks
6. Beseitigung und Demobilisierung des Wracks, falls möglich

2.9 Beseitigung von Munition aus Schiffswracks

Neben Öl haben Schiffe – insbesondere Marineschiffe – aus den zwei Weltkriegen ebenso oft Munition gelagert, welche beim Sinken des Schiffes mit gesunken sind. Teils kann die Munition oder andere Kampfmittel auch kürzerer Distanz zu den Wracks gefunden werden. Dazu gibt es von Dipl.-Ing. Josef Traxl aus dem Jahr 2020 bereits eine Konzeptstudie zu „Optionen zur Sanierung von ‚Hot Spots‘, Determinanten einer Vernichtung von Explosivstoffen auf See“.

Kampfmittel wurden während den zwei Weltkriegen nicht nur in Schiffen transportiert, ebenso wurde die Ostsee und Nordsee teils als Deponie für Kampfmittel verwendet. Wodurch Kampfmittel nicht nur gesammelt in Wracks, sondern auch einzeln verteilt zu finden sind. Auch an diesen Stellen kommt es zu einer ständigen Freisetzung von Schadstoffen, entweder durch Korrosion der Behälter/ Hülzen oder durch anthropogene Einwirkungen (Fischerei u.a.). Ein vom EU INTERREG Baltic Sea Region Programme 2014-2020 finanziertes Projekt „Daimon Project“ befasst sich mit der Frage, wie mit den identifizierten Unterwasser-Kriegsobjekten zu verfahren ist. Ob die bereits identifizierten Objekte teils saniert, geborgen oder am Meeresgrund verbleiben sollen, sind dabei nicht einfach zu beantwortende Fragen. Davor haben bereits Projekte (CHEMSEA und MODUM) Risiken für die Umwelt gesammelt und in Studien veröffentlicht. Das „Daimon Project“ hat dabei frei zugängliche Software entwickelt, um Entscheidungshilfen für Regierungen und Unternehmen zu stellen. Darunter sind:

- ▶ Munitionsdatenbank für die Ostsee
- ▶ Katalog der Munitionstypen in der Ostsee
- ▶ EcoTox Toolbox für den Nachweis von Kampfstoffen
- ▶ Standardarbeitsanweisungen
- ▶ Management-Strategien und technologische Verfügbarkeit
- ▶ Verfahren zur Risikokategorisierung (Risikomatrix)

Weitere Informationen und die zur Verfügung gestellte Software sind unter folgender Seite zu erreichen: <http://www.daimonproject.com>. Es existiert ebenso bereits ein sehr umfangreicher Guide „UDEMM Practical Guide for Environmental Monitoring Conventional Munition in the Seas“ herausgegeben aus einem BMBF geförderten Projekt UDEMM aus dem Jahr 2019 (siehe Quellenverzeichnis: Greinert (2019)).

Tabelle 5: Zusammenfassung Arbeitsansätze bei Munitionsbergungen

Phase	Besonderheiten bei Munition
„Schreibtisch“-Risiko Analysen	<ul style="list-style-type: none"> • Fundkataster anlegen (telemetrisch) • Analyse zur Bergung mit Robotern, Kameras, Sonar • Art der Munition (mit/ohne Zünder), häufig alles durcheinander, zusammen geklumpt, korrodiert • Analyse der Anschlagtechnik • Logistik, Bergungs- und Entsorgungskonzepte (Transportwege, Kranroboter, welche Form der Entsorgungsplattform, Mutterschiff) • Sicherheitskonzept • Entsorgungsanlagen an Land (Kapazität, Entfernung)
Risiko Analysen vor Ort (Tauchgänge)	<ul style="list-style-type: none"> • Fundorte mit Tauchern oder Robotern überprüfen und ergänzen • Zustand der Munition (chemische Veränderung über die Zeit, inert, träge, explosiv) • Wo irgend möglich mit ferngesteuerten Maschinen arbeiten • Analyse der Schlag- und Reibefestigkeit feststellen (Problem beim Anschlagen) • mit Tieren und Pflanzen besiedelt? Beseitigung • Delaborierung der Munition
Kosten	mindestens ein hoher dreistelliger Millionenbetrag [€] ohne Vorarbeit

3 Datenbanken

3.1 Wracklisten

Im Folgenden werden verschiedene Datenbanken mit Beschreibungen, Kontakt, Links und jeweiligen Zugangsbeschränkungen aufgelistet. Diese Liste ist bisher beispielhaft und muss auf internationaler Basis weiter ergänzt werden.

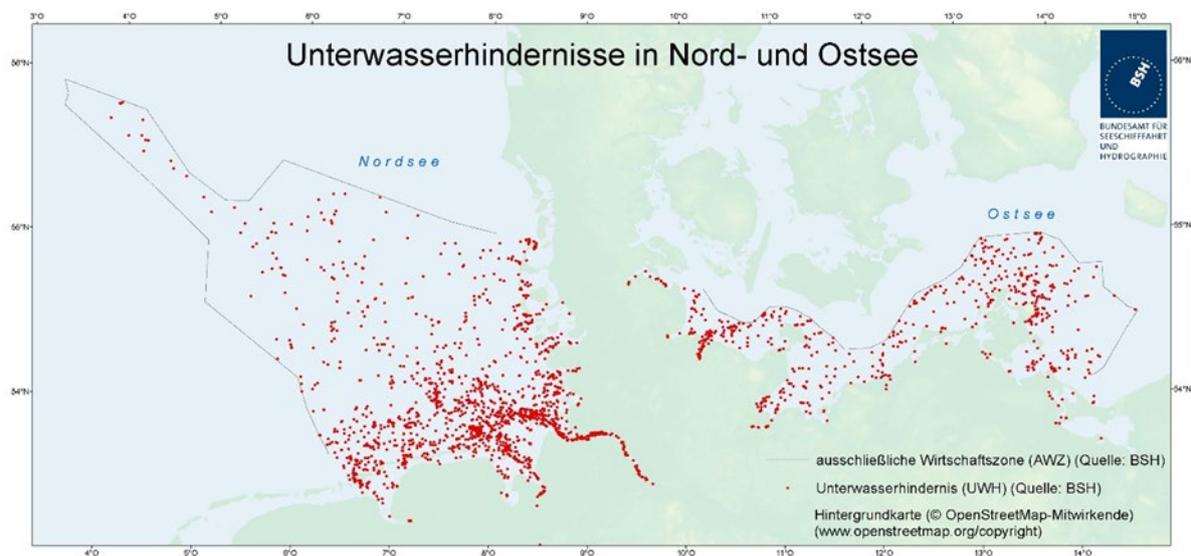
3.1.1 BSH-Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Ansprechperson: Cindy Niemeyer (cindy.niemeyer@bsh.de)

Das BSH führt eine Datenbank zu Unterwasserhindernisse mit etwa 2500 verzeichneten Positionen. Unterwasserhindernisse (Steine, Wracks, Unterwasserberge etc.) sind grundsätzlich als Gefahrenstellen anzusehen, die es zu meiden und in sicherem Abstand zu passieren gilt. Die Wrackinformationen, die für die Schifffahrt von Bedeutung sind, werden in den Seekarten veröffentlicht. Es handelt sich um keine frei zugängliche Datenbank.

Eine Übersichtskarte über Unterwasserhindernisse in Nord- und Ostsee inklusive der ausschließlichen Wirtschaftzone (AWZ) zeigt die nachfolgende Abbildung 1:

Abbildung 1 Karte von „Unterwasserhindernissen“ in der AWZ der Nord- und Ostsee (Übersicht der Wrackpositionen)



Quelle: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Vermessung_und_Kartographie/Wracksuche/Definition/definition_node.html

Zusätzlich existiert noch das GeoSeaPortal vom BSH, in dem viele Kartendienste und Daten zu bestimmten Geoinformationen in Nord- und Ostsee angeboten werden, so zum Beispiel zu Gewässerverunreinigungen:

https://www.bsh.de/DE/DATEN/GeoSeaPortal/geoseaportal_node.html

3.1.2 Private Datenbank von Harald Bolten

Kontakt: HBBolten@aol.com

<http://www.unterwasserwelt-history.de/html/wrackdatenbank.html>

Es bestehen hier auch Möglichkeiten über Informationen per Mail, über die eine kostenlose Bereitstellung von Daten über ein bestimmtes Wrack erfolgen kann. Das Angebot lautet:

„Nachforschungen und Wrackforschung für mehrere Wracks oder bestimmte Gebiete. Per Mailanfrage, kann ein Preisangebot geschickt werden entsprechend dem Umfang der gefundenen Informationen. Die resultierenden Wracklisten werden Ihnen Excel- oder HTML-Datei per E-Mail zur Verfügung gestellt.“

Die nachfolgende Tabelle 6 zeigt ein Beispiel aus der Datenbank:

Tabelle 6: Anschauungsbeispiel der Datenbank Harald Bolten

Entry number	Name	Type	Country	Year sunk	Ocean	Place	Latitude	N	Longitude	W	Sunk by	Freight
10270	Carl F. Cressy	Schooner	USA	1917	Atlantic	180 miles northwest of Cape Finisterra, Spain					German submarine U-93	
3	Carl Fritzen	Cargo ship	Germany	1939	Atlantic	Rio Grande do Sul / Brazil	33,220000	S	48,500000	W	cruiser Ajax	
6738	Carl Henry	Ship			Atlantic		41,295190	N	66,565026	W		
6739	Carl O	Ship			Atlantic		18,281350	N	66,075800	W		
9301	Carl Tottie	Sailing ship		1877	Atlantic	Fjaltring, Denmark	56,200000	N	8,000000	E		Ballast
9302	Carl und Conrad	Schooner		1902	Atlantic	Haurvig, Denmark		N		E		Pibeler
20419	Carlene	Fishing Boat		1959	Pacific	SE Port MacDonnell, South Australia					lost	
22295	Carlingford	Schooner		1881	Great Lakes	off the beach a few miles East of Port Colborne, Ontario, Lake Erie	42,393430	N	79,285930	W	collision with freighter Brunswick	

Quelle: <http://www.unterwasserwelt-history.de/html/wrackdatenbank.html>

3.1.3 Global Maritime Wrecks Database

Zugang: <https://cmr.earthdata.nasa.gov/search/concepts/C1214613883-SCIOPS>

Die Global Maritime Wrecks Database (GMWD) ist ein weltweites ArcView-Punkt-Shapefile mit mehr als 250.000 Wrackstandorten. Jedes Wrack ist mit einer Vielzahl von Informationen versehen. Zu den Informationen gehören unter anderem: Wrack-Name, Wrack-Nationalität, Datum des Untergangs, Tiefe des Wracks, Schiffskategorie, Bruttotonnen, Versenkungsfaktor, Nominale Genauigkeit der Wrackposition, Quelle des Wracks und Nationalität des Schiffes.

Unter der oben genannten URL kann ein Earth-Data-Login erstellt werden; damit ist es möglich, Daten zu suchen und herunterzuladen.

3.1.4 Wrecks and Obstructions Database

Zugang: <https://nauticalcharts.noaa.gov/data/wrecks-and-obstructions.html>

Das „Automated Wreck and Obstruction Information System“ (AWOIS) der Coast Survey enthält Informationen über mehr als 10.000 Wracks und Hindernisse in den Küstengewässern der

Vereinigten Staaten. Die Informationen umfassen den Breiten- und Längengrad jedes Objekts sowie kurze historische und beschreibende Details.

- ▶ Die AWOIS-Aufzeichnungen sind nicht vollständig. Es gibt Wracks in AWOIS, die nicht auf der Seekarte erscheinen, und Wracks auf der Seekarte, die nicht in AWOIS erscheinen
- ▶ Im Jahr 2016 hat das Office of Coast Survey die Aktualisierung der AWOIS-Datenbank eingestellt
- ▶ Gemeldete Wracks, die geborgen oder durch weitere Untersuchungen als nicht vorhanden identifiziert wurden, sind nicht in AWOIS enthalten.
- ▶ Die vorhandenen Daten sind nicht für die Navigation bestimmt

3.1.5 WRECK Site

Zugang: <https://www.wrecksite.eu/wrecksite.aspx>

Die Wreck-Site ist die weltweit größte Online-Wrack-Datenbank, mit 206.530 Wracks, 176.220 Positionen, 73.110 Bildern, 2568 Seekarten, 32.850 Schiffseignern und -bauern und weitere Informationen. Um mehr Informationen zu erhalten, ist eine Anmeldung erforderlich.

3.1.6 Geoportal

Zugang: <https://www.geoportal.de/Info/91fe385e-46fc-49c3-8831-944757a5bd77>

Das Geoportal enthält Daten der Schifffahrtshindernisse aus dem Nautisch Hydrographischen Informationssystem (NAUTHIS). Unter dem Reiter „Karten“ oben rechts können Wracks unter verschiedenen Kategorien („General“, „Coastal“ etc. ausgewählt werden).

3.1.7 EU Projekt „North Sea Wrecks“

Zugang: <https://amucad.org/map>

Es handelt sich bei diesem Zugang um eine Karte basierend auf dem EU Projekt „North Sea Wrecks“. Über den Reiter „Datenbanken“ kann mit einer Lizenz die Position einzelner Schiffe angezeigt werden.

3.1.8 Weitere Datenbanken

Weitere Datenbanken zur Suche von Schiffswracks sind in der folgenden Tabelle 7 zusammengefasst:

Tabelle 7: Übersicht über Datenbanken zur Suche von Schiffswracks (international und national)

Name der Datenbank	Geographische Abdeckung	Historischer Datensatz	Akurate position des Wracks	Zugänglichkeit auf Karten	Thematische Orientierung	Private oder öffentliche Initiative	Nutzung von Crowd Sourcing	Schutz Status	Daten zugänglich
Wreck.eu	International	Ja	Ja	Ja	Nein	Privat	Ja	Nein	Nein
NADL	International	Ja	Ja	Ja	Ja	Privat	Ja	Ja	Ja
MASS	International	Ja	Nein	Ja	Ja	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Shipintex.org	International	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Nein
UBOAT.net	International	Ja	Ja	Ja	Ja	Privat	Ja	Nein	Ja
Royal Navy wooden shipwrecks database	International	Ja	Nein	Nein	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
Brasil Mergulho	National	Ja	Nein	Ja	Nein	Privat	Ja	Nein	Ja
Shipwreck Investigations Database	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Nautical Museum of the Atlantic	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
NAVIS II	Kontinental	Ja	Nein	Nein	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
NAVIS I	Kontinental	Ja	Nein	Nein	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
EU Atlas of the Sea	Kontinental	Nein	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
MACHU	National	Nein	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
EMODNET	Kontinental	Nein	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Ja
Inventories of the DRASSM	National	Ja	Nein	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
l'Atlas archéologique des 2 Mers	Regional	Nein	Nein	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
National Maritime Museum of Norway	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Nein
Irish Wreck Database	National	Ja	Ja	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
INFOMAR	National	Nein	Ja	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Wreck Inventory of Ireland Database	National	Ja	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Ja
Archeomar Project	National	Ja	Ja	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Nein
Archeosub	Regional	Nein	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Baltacar	Regional	Ja	Nein	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Britain National Archives	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
UK Diving	National	Ja	Ja	Ja	Nein	Privat	Ja	Nein	Ja
UK South Coast WWI Shipwrecks	National	Ja	Nein	Ja	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
The Oxford Roman Economy Project	National	Ja	Nein	Nein	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
NOAA	National	Ja	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
MBNMS	Regional	Nein	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Gulf of the Farallones National Marine Sanctuary and Cordell Banks Marine Sanctuary Shipwreck	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Olympic Coast National Marine Sanctuary Shipwreck	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
California State Lands Commission	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Wisconsin Shipwreck Database	Regional	Ja	Ja	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Minnesota's Historic Shipwrecks	Regional	Ja	Nein	Nein	Ja	Privat	Nein	Nein	Ja
Florida's Underwater Archaeological Preserves	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Ja
Underwater HistoricPreservesVermont	Lokal	Ja	Ja	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Delaware New Jersey Maritime Museum's Shipwreck Database	Regional	Ja	Ja	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
38 BOEM	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
Alaska Shipwrecks	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Australasian Underwater Cultural Heritage Database	National	Ja	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Ja	Ja	Ja
NSW database	Regional	Ja	Ja	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Ja
Western Australian Regional Museum database	Regional	Ja	Nein	Ja	Nein	Öffentlich	Nein	Nein	Ja
The Red Sea Continental Wreck Project	Kontinental	Ja	Ja	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Shipwreck Asia	Kontinental	Nein	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Shipwreck Registry	International	Ja	Ja	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Nein
New Jersey maritime museum	Regional	Nein	Ja	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Baltic and Nordic wrecks and shipfinds	National	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Permanent list of declared archeological sites and monuments of Greece	National	Nein	Ja	Nein	Nein	Öffentlich	Nein	Ja	Ja
Grafas Diving Database	Regional	Ja	Nein	Nein	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Samos Scuba Divers Association	Lokal	Nein	Nein	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja
Dive Planet Blue	Lokal	Nein	Nein	Ja	Nein	Privat	Nein	Nein	Ja

Quelle: Koutsi & Stratigea (2021)

3.2 Bergungsfirmen

In den folgenden Tabellen finden sich Inventarlisten von möglichen Bergungsfirmen, die für die verschiedenen Anforderungen in Bezug auf die Bergung von Gefahrgut geeignet sind:

Tabelle 8: Behörden und Unternehmen zur Gefahrgutentfernung

Unternehmen	Kontakt	Quelle/Link	Fahrzeuge/Technik
Baltic Taucherei und Bergungsbetrieb GmbH	Eyk-Uwe Pap (Geschäftsführer)	https://baltic-taucher.com/ https://klimastiftung-mv.de/sprengstoff-fuer-die-umwelt-munitionsbergung-in-der-ostsee/	ROV's (Remotely Operated Vehicles)
Sea Terra GmbH	Dipl. Geophys. Edgar Schwab (Geschäftsführer) Dieter Guldin (Leiter Projektmanagement)	https://seatterra.de/web/UXO/start/index.php	ROV's (Remotely Operated Vehicles), ROAL's (Remote Operated Air Lifts) Unterwasserbagger Entwicklung "Crawler": Kann greifen und verlagern
Thyssenkrupp Marine Systems	Eugen Witte (Head of communications) Tommy Kaltoven (Projektmanager)	https://www.thyssenkrupp-marinesystems.com/en	Entwicklung Ofen, der die geborgene Munition vernichtet (3,6 Tonnen pro Tag)
Atlas Electronic	Dr. Geronimo Dzaack (Leiter Technologie, Innovation und Nachhaltigkeit)	https://www.atlas-elektronik.com/	Entwicklung Ofen, der die geborgene Munition vernichtet (3,6 Tonnen pro Tag)
Hagenuk Marinekommunikation (GmbH)		https://www.hmk.atlas-elektronik.com/index.html	
Munitionsbergungsdienst Mecklenburg-Vorpommern (Sonderordnungsbehörde vom Landesamt für Zentrale Aufgaben und Technik der Polizei, Brand und	Robert Mollitor (Leiter)	https://www.brand-kats-mv.de/Munitionsbergung/	Offshore Support Vessel, ROV's (Remotely Operated Vehicles), Elektromagneten u.a.

Katastrophenschutz (LPBK)			
Kampfmittelräumfirma Heinrich Hirdes EOD Services	Jan Kölbel (Technischer Leiter)	https://hirdes.boskalis.com/aktivitaeten/eod-services/bergung-kampfmittel.html https://hirdes.boskalis.com/projekte/eod-services.html	ROTV's (Remote Operated Towed Vehicles) ROV's (Remotely Operated Vehicles) Elektromagneten RoBEMM (Entwicklung und Erprobung eines robotischen Unterwasser- Bergungs- und Entsorgungsverfahrens)
Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT)		https://www.ict.fraunhofer.de/	Munition unschädlich machen auf Munitionsbergungs- plattformen
Dynasafe Environmental Systems GmbH		https://dynasafe.com/	
GMT Gesellschaft für Maritime Technik e.V.	Petra Mahnke (Geschäfts- führerin)	https://www.maritime-technik.de/	

Tabelle 9: Beispielhafte Unternehmensauflistung zur Wrackbergung

Unternehmen	Kontakt	Quelle/Link	Fahrzeuge/Technik
The Grab Specialist B.V.		https://tgs-grabs.nl/de/ https://tgs-grabs.nl/de/produkte/bergungsausruestungen/wrackengreifer/	"Wrackgreifer" (Kapazität: 1000 Tonnen)
SMIT Salvage Experts		https://www.smit.com/#view/map	
Barthel GmbH & Co.KG		https://www.tauchen-und-bergen.de/	
Otto Wulf: Maritime Dienstleistungen im nordeuropäischen Seegebiet		https://www.wulf-tow.de/	
Schiffsbergung Yachtbergung Bergungsunternehmen Boot Bergen Schiff		https://www.saartaucher.de/bergung-suchen.html	
Bugsier-, Reederei- und Bergungs-Gesellschaft mbH & Co KG		http://www.bugsier.de	
Resolve Marine		https://resolvemarine.com/	
Tsavliris Salvage (International) Ltd.		http://www.tsavliris.com/services.php?title=Wreck-removal%20Services&service=3	
Ardentia Marine		https://ardentiamarine.eu/wreck-removal/	
Red Marine		https://www.medmarine.com.tr/index.html	
Atlantic Towage & Marine Ltd.		https://www.atlantictowage.com/service/salvage-wreck-removal/	
Disa International		https://www.disa-international.com/wreck-removal	
Neri Group		https://www.nerigroup.net/services/salvage-and-wreck-removal/	

Scaldis Salvage & Marine Contractors N.V.	https://www.scaldis-smc.com/en/activities/salvage-bruin/
Spanopoulos Group	https://www.spanopoulos-group.com/activities/salvage-and-wreck-removal

4 Beispiele für erfolgreiche Bergungen

4.1 Kreuzer „Prinz Eugen“

Art der Bergung:

Dabei handelte es sich um eine Öl-Bergung von insgesamt fast 229.000 Gallonen; 7.900 davon Schmierturbinenöl, 3.500 Diesel-Öl, 217.500 Spezial-Öl der Marine. Das Schiff lag laut Angaben im „seichten Wasser“. Die Dauer der Bergung hat 2 Monate im Jahr 2018 in Anspruch genommen (Moffatt, Ludi and Bocek, 2019). Die Bergung wurde durchgeführt von der U.S. Navy.

Vorbereitung:

Das Wrack wurde vor Ort besichtigt, um örtliche Unterstützung und Notdienste ausfindig zu machen und den Umfang des Projektes zu überprüfen. Es wurden Taucheinsätze geplant (insgesamt 17 an 5 Tagen), um den Zustand des Metalls zu überprüfen. Es sollte herausgefunden werden, ob die Tankhüllen noch stabil genug waren, um die Bohrungen für das Anbringen der Ventile und das Anschließen der Pumpen auszuhalten. Ebenso wurde eine Öl-Probe entnommen, um durch eine spätere Analyse im Labor die Entsorgung des Öls herauszufinden. Mit der Erstellung eines 3D-Modells des Schiffs am Computer konnte die Reihenfolge, in der die Tanks ausgepumpt wurden, festgelegt werden. Die an der Bergung beteiligten Schiffe wurden so ausgewählt, dass eines der Schiffe für die Besatzung war und eines der Schiffe für das geborgene Öl zur Verfügung stand. Das Öl-Bergungsschiff sollte genug Speicherkapazität haben, um das maximal geschätzte Volumen an Öl transportieren zu können. Um auch im schlimmsten Fall des Öl-Austrittes Sicherheitsvorkehrungen treffen zu können, wurde eine Simulation eines möglichen Austritts erstellt.

Durchführung:

Die Tanks des Wracks wurden an der höchsten Stelle angebohrt. An diese Bohrstellen wurden Ventile angebracht, um das Öl mittels Pumpen und Schläuchen aus dem Tank befördern zu können.

Sicherheitsvorkehrungen:

Als zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen wurde noch „Oil Spill Response Boats“ mit eingeplant. Diese sollten nur im äußersten Fall zum Einsatz kommen, falls es zu vereinzelt Ölaustritten kommt. Im Endeffekt waren diese Boote bei der Bergung ständig im Einsatz. Ebenfalls gab es ein Ölkatastrophen-Team an Land, welches für einen Notfall mit dem entsprechenden Equipment bereits vor Ort war.

Probleme und Lösungen:

In den Öltanks war unerwarteterweise Luft eingeschlossen, welche zunächst entweichen musste. Dies hatte teils mehrere Stunden gedauert, weshalb Taucher dementsprechend länger im Einsatz waren. Zudem war das Metall bereits sehr porös. Durch Löcher und Risse im Metall waren die Tanks teilweise miteinander verbunden. Dadurch mussten bereits leergepumpte Tanks mehrmals ausgepumpt werden, welches mit einem Mehraufwand verbunden war. Als vorherige Informationsquelle wurde bei der Prinz Eugen lediglich angemerkt, dass das Wrack in 1974 bereits inspiziert wurde und die Kosten der Bergung damals auf 7,5 Mio. US-Dollar geschätzt wurden. Die Bergung wurde als nicht rentabel angesehen und nicht durchgeführt, da der Verschrottungswert des Wracks auf 1,5 Mio. US-Dollar geschätzt wurde. (Moffatt et al., 2019). Es ging also bei der Bewertung/ Priorisierung um das Material des Wracks und nicht speziell darum, das enthaltene Öl zu bergen.

4.2 Tankschiff „ARGO“

Art der Bergung:

Hierbei ging es ebenso um eine Öl-Bergung von einem 50/50 Benzol-Rohöl-Gemisch, aus dem 1937 gesunkenen Tankschiff „ARGO“. Die Bergung wurde 2015 abgeschlossen. Das Tankschiff hatte geschätzte 200.000 Gallonen an Bord (Elliott, 2017). Die Bergung wurde durchgeführt von der T&T Marine Salvage Inc. Das Schiff ist im Lake Erie gesunken an der Position 41-38.359 N und 082-29.599 W in einer Tiefe von ungefähr 15 m.

Vorbereitung:

Mit Tauchgängen wurde vor Ort die Lage bewertet und der Zustand des Schiffes. Dabei wurde ein Leck entdeckt welches direkt verschlossen wurde. Dabei wurde eine extreme Toxizität entdeckt und die Bergung des Öl umgehend eingeleitet.

Durchführung:

Als Prozedur wurde wieder das „Hot-Tapping“ verwendet. Dabei wurden folgende Schritte nacheinander abgearbeitet:

1. Säuberung der Rumpffläche
2. Verbinden der Bodenflansch durch Teflondichtung mit dem Rumpf unter Verwendung des Magnetbohrers, um selbstschneidende Schrauben mit Teflonumwicklung einzutreiben
3. Auftragen von Epoxidharz auf die innere Schnittstelle zwischen Basisflansch und Rumpf, um Leckagen zu verhindern
4. Einbau einer 4"-Kugelhahnbaugruppe
5. Einführen des Heißwasserhahns durch die Ventilbaugruppe und Schneiden der Rumpfdurchdringung
6. Entfernen des Rumpfkupons und des Heißwasserhahns
7. Sichern des Kugelventils

Sobald der Heißwasserhahn entfernt und das Ventil gesichert war, wurde die hydraulische Tauchpumpe an die Baugruppe angeschlossen.

Sicherheitsvorkehrungen:

Es wurden ebenfalls wieder „Oil spill response boats“ eingesetzt, welche jederzeit einsatzbereit waren. Für genügend „Oil spill response equipment“ sowie Ausrüstung für eventuelle Brände (bei einem hochentzündlichen Öl-Gemisch) wurde gesorgt.

Probleme/ Lösungen:

Die vorgefundene Öl-Ladung war so giftig, dass normale Tauchausrüstung nicht ausreichend schützend war. Es war entsprechende Sicherheits-Ausrüstung nötig. Durch die hohe Toxizität des Öls gab es während der gesamten Bergungsaktion ein hohes Gesundheitsrisiko. Es wurden keine Kosten genannt.

Die folgenden Informationen über die Bergungen sind der Studie: "Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters - An Issue Paper Prepared for the 2005 International Oil Spill Conference" von Michel et al. (2005) entnommen worden.

4.3 Kriegsschiff „HMS Royal Oak“

Art der Bergung:

Es handelte sich um eine Öl-Bergung aus dem britischen Kriegsschiff „HMS Royal Oak“, welches 1939 gesunken war. Die Verantwortlichen für die Bergung waren das Ministry of Defence. Das Schiff liegt bei den Koordinaten 58° 55' 0" N und 2° 59' 0" W in 30 m Tiefe.

Vorgehen:

Für der Vorbereitung wurde eine Risikobewertung durchgeführt, um die ökologischen Auswirkungen zu bewerten. Dafür wurden zunächst kurzfristige Lösungen gesucht und umgesetzt. Durch Voruntersuchungen gefunden Lecks wurden mit Metallplatten abgedeckt. Mit Sandsäcken wurden Stellen abgedeckt, aus welchen Öl austrat. Zum Abfangen des Öls wurde mit einem „Schirm“ aus Edelstahl gearbeitet. Dieses Unterfangen hat aufgrund der Strömungen nicht gut funktioniert. Ebenso wurden ölabsorbierende Materialien über den gefundenen Lecks angebracht. Diese kurzfristigen Maßnahmen haben nicht ausreichend funktioniert, es wurde auf die Technik des „Hot-Tapping“, das Abpumpen des Öls zurückgegriffen.

Probleme/Lösungen:

Es handelte sich bei dem Kriegsschiff „HMS Royal Oak“ um eine Kriegsgrabstätte. Aus ethischen Gründen sollte die Ruhe der Toten nicht gestört werden. Die zwingenden ökologischen Gründe zur Sicherung des Meeres und der Umwelt machten die Arbeiten jedoch erforderlich. Trotz der stattgefundenen Abspumparbeiten befanden sich zum Ende der Maßnahmen geschätzt immer noch 1.500 t Öl an Bord.

Kosten:

Die ersten geplanten kurzfristigen Lösungen (Edelstahl-Schirm) kosteten ca. 300.000 US-Dollar. Weitere kurzfristige Lösungen erzeugten Kosten von mehreren Tausend US-Dollar. Das darauffolgende Abspumpen des Öls hat mehrere Millionen Dollar gekostet.

4.4 SS Jacob Luckenbach

Art der Bergung:

Bei der SS Jacob Luckenbach wurden 350 t Öl geborgen. Das Schiff war 1953 in Kalifornien gesunken und befindet sich in einer Wassertiefe von 56 m. Die Dauer der Öl-Bergung hatte 4 bis 5 Monate in Anspruch genommen. Verantwortlich für die Bergung waren die U.S. Coast Guard, welche eine private Bergungsfirma beauftragt hatten.

Durchführung:

Um die Bergungsarbeiten zu planen, wurde das Wrack vorerst untersucht. Für die Bergungsarbeiten wurde eine Bergungsplattform im Meeresboden verankert. Die Bergungsplattform hatte sowohl Arbeits-/ Unterkunftsraum und Raum für Öl-Ladetanks geboten. Das Öl wurde mittels der „Hot-Tapping“-Methode geborgen.

Probleme/ Lösungen:

Die Untersuchungstauchgänge mussten unter schlechten Bedingungen durchgeführt werden. Die Tauchgänge fanden in einer Tiefe von 55 m statt. Neben den kalten Wasserverhältnissen gab es zusätzlich auch starke Strömungen. Schlechtes Wetter und damit einhergehende schlechte Sicht machten die Untersuchungen zusätzlich schwierig. Durch eine Wassertemperatur von 6 °C war das Öl zähflüssig und damit schwer zu bergen. Es musste erst auf 78 °C erhitzt werden. Die Bergungsarbeiten wurden während der Brutzeit durchgeführt, weshalb Beobachter eingesetzt wurden, um Auswirkungen auf die Tierwelt zu vermeiden.

Kosten:

Die Kosten für die Öl-Bergung beliefen sich auf 19,2 Mio U.S.-Dollar und wurden aus dem Oil Spill Liability Trust Fund gezahlt.

4.5 M/V Prestige

Art der Bergung:

Bei dem Wrack „M/V Prestige“ handelt es sich ebenfalls um eine Öl-Bergung von 13.600 t Öl. Die M/V Prestige war 2002 vor Spanien gesunken. Sie liegt auf einer Wassertiefe von 3500 m. Die Bergung des Öls dauerte 5 Monate.

Vorgehen:

Für die extreme Wassertiefe von 3.500 m, musste die bisher verwendete Technologie angepasst werden, um dem extremen Druck von 3500 m standzuhalten. Dabei wurden mithilfe von 3 ROVs (Remotely operated vehicle), welche zeitgleich unter Wasser gearbeitet haben, zunächst alle Lecks abgedichtet. Mit der angepassten Technologie konnte ein Loch in den Tank gebohrt werden mit einem Durchmesser von 70 cm. Daran wurde ein 25 m hoher, zylinderförmiger Tank angebracht, um das austretende Öl aufzufangen.

Probleme/Lösungen:

Aufgrund der extremen Wassertiefe und dem einhergehenden Druck musste Technologie speziell angepasst werden.

Kosten:

Die Kosten der Öl-Bergung beliefen sich auf 120 Mio. US-Dollar. Durch aufkommende Aufräumarbeiten und bereits entstandener Schaden für lokale Unternehmen sind die Gesamtkosten auf insgesamt 538 Mio US Dollar gestiegen.

4.6 „USS Mississinewa“

Art der Bergung:

Es handelt sich um eine Öl-Bergung von 6.000 t Öl aus der „USS Mississinewa“. Das Schiff war 1944 gesunken und liegt auf einer Wassertiefe von 38 m vor Mikronesien. Die Verantwortung für die Bergung hatte die U.S. Navy. Das Schiff liegt an der Position 8° 45' 9,9" N und 167° 40' 59,2" O im seichten Wasser.

Vorgehen:

Als Vorbereitung für das Unterfangen wurde vorher das Wrack besichtigt und eine Risikoanalyse des Wracks und der Bergung vorgenommen. Bei der Bergung waren ein Schlepper

und ein Tankschiff im Einsatz, welche am Meeresboden verankert wurden. Die Öl-Bergung erfolgte mit dem „Hot-Tap-System“. Bei der Entsorgung des Öls wurde die Wiederverwendbarkeit in Betracht gezogen. Nicht wiederverwendbares Öl wurde umweltgerecht entsorgt und das wiederverwendbare Öl in Singapur verkauft.

Probleme/Lösungen:

Bei dem Wrack der „USS Mississinewa“ handelt es sich ebenfalls um eine Kriegsgrabstätte. Da das Wrack verkehrt herum auf dem Meeresboden lag, war ein Zugang zu den Tanks möglich, ohne Kontakt zu den Opfern zu haben.

Kosten:

Die Kosten der Bergung beliefen sich auf 4 bis 5 Mio U.S.-Dollar.

Tabelle 10 Zusammenstellung der Beispiele für erfolgreiche Bergungen

Wrackname	Tiefe	Meeres- gebiet	Abgepumpter Schadstoff	Kosten	Dauer	Jahr der Bergung
Kreuzer Prinz Eugen	Seichtem Wasser	8°45'9,9" N 167° 40'59,2"O	7900 Gallonen Schmierturbinenöl 3500 Diesel-Öl 217,5 Spezialöl der Marine	7,5 Mio US-Dollar	2 Monate	2018
Tankschiff ARGO	15 m	Lake Erie	Benzol-Rohöl-Gemisch	-	-	2015
Kriegsschiff „HMS Royal Oak“	30 m	58°55'0" N 2°59'0" W Scapa Flow	Öl-Bergung	300.000 US-Dollar	2006- 2010	-
SS Jacob Luckenbach	56 m	Vor Kalifornien	350 t Öl Bergung	192 Mio US-Dollar	4-5 Monate	2002
M/V Prestige	3500 m	Vor Spanien	13.600 t Öl-Bergung	538 Mio US-Dollar	5 Monate	2004
USS Mississinewa	38 m	Mikronesien	6000 t Öl	4-5 Mio US-Dollar	-	-

5 Verwendete und weitere Quellen

Die folgende Tabelle 10 gibt einen Gesamtüberblick über die für diesen Bericht geprüften Quellen:

Tabelle 11: Zusammengefasste Quellenauswertung

Quelle	Stichwort	Inhalt
Faksness et al., (2016)	Relevant für Risiko Analysen	Analyse der Toxizität und somit Ermittlung des Umweltrisikos von Öl aus verschiedenen gesunkenen 2.Weltkriegs-Schiffen vor der Küste Norwegens (Schiffe: britische HMS „Bittern“ mit Bunkerölen, britischer Tanker RFA „Boardale“ mit Bunkerölen, deutscher Zerstörer „Erich Giese“ mit Braunkohleöl und deutsches Frachtschiff MS „Nordvard“ mit Mischung aus synthetischem und natürlichem Diesel) https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2449062/A27827%2bShipwreck%2boils.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Hölterhoff et al., (2020)	Technologie für Bergung	Ab Seite 64: „Technologiekatalog Mobile Robotik der Meerestechnik“; nicht speziell für Munitions-/Schiffswrackbergung, aber evtl. trotzdem nützlich (z.B. Erklärung ROV, AUV, Crawler etc.)
Xue et al., (2018)	Öl-Bergung	Konzept für Öl-Bergung aus der Tiefsee (bis zu 6000m), eventuell zu tiefer Anwendungsbereich für Nordsee und Ostsee https://www.wjta.org/images/wjta/Proceedings/Papers/2019/C3.pdf
Bergstrøm (2014)	Öl-Bergung	Übersicht von Ölbergungen aus Schiffswracks hauptsächlich aus dem 2. Weltkrieg in den norwegischen Gewässern. Norwegen hat bereits 1993 begonnen diese Wracks zu Bergen und deren Risiko einzustufen. Diese Studie beschreibt das Vorgehen und Verbesserungen bei Bergungen.
Lloyd's (2013)	Bergung kürzlich aufgelaufener Schiffe (Veröffentlichung von Versicherungsunternehmen) Übersicht zu weltweiten Schiffsbergungen	Thema: Bergung kürzlich aufgelaufener, stecken gebliebener oder gesunkener Schiffe/Tanker, die zeitnah geborgen werden mussten, um die entstehenden Kosten für den/die Eigentümer/in so gering wie möglich zu halten. (Veröffentlichung von Versicherungsunternehmen) Zu der Bergung von Öl wird lediglich ausgeführt: “Bunker fuel can be the biggest potential pollution hazard in wreck removal operations. Managing the threat of pollution and removing bunkers [...] is often the first significant cost to occur when dealing with a wreck. [...] bunker removal costs are rising: the Large Casualty Working Group suggests that in the early 2000s a typical bunker removal operation might have cost between \$1m and \$4m. By 2012 that cost [...] might be more than \$20m.” Zu den Arten von Bergungsunternehmen: “These organisations can be put into one of three categories: 1)Small local operators with limited equipment but good local experience, contacts and knowledge. 2)Regional players with considerable experience and some of their own assets. 3)Major international organisations (often subsidiaries of larger groups) that are well-capitalised, own and operate substantial assets, and have extensive experience of a wide range of projects.”

Genannte Methoden der Wrackbergung (Wrackbergung, nicht Öl-Bergung!):

“The removal of each wreck requires a bespoke solution, which will generally be variants of a number of standard approaches outlined below:

- 1) Refloating the vessel intact – possibly requiring the righting of a capsized vessel in the first instance. This may require strengthening and patching to make the vessel watertight. Refloating may be achieved simply by lightening and pulling from the grounding site using powerful tugs or ground tackle. This may require buoyancy improvements using air bags, buoyancy aids or compressed air in the holds.
- 2) Partial removal leaving some portion of the wreck in place. For example, removing superstructure and cranes to leave a safe water depth above the vessel in a navigable channel. Wrecks may also be buried deeper into the sea bed by dredging a hollow next to the wreck and settling it in. Partial removal might require only the extraction of potential pollutants. Modern technology enables this to be conducted remotely at considerable depth.
- 3) Pulling ashore using ground tackle and dismantling for recycling.
- 4) Parbuckling – inserting strops under the wreck and pulling the vessel upright using heavy lift sheerlegs or a crane.
- 5) Piecemeal removal – cutting up in situ into small sections which are removed by crane, or other means, including helicopter, for disposal.
- 6) Cutting up in situ into large sections using chain cutting or explosives which are lifted on to deck barges, or making watertight, floating and towing for disposal.
- 7) Lifting complete for smaller wrecks.”

Benötigtes Equipment für Wrackbergung (Wrackbergung, nicht Öl-Bergung!):

“The equipment required to undertake wreck removals includes a large number of portable items, substantial assets and craft and, in some cases, heavy lift equipment. The more remote and the more complex the job, the longer the equipment will be required and the greater the costs.”

A typical inventory of portable equipment might include:

pumps and hoses; welding equipment; drilling and cutting equipment – grinders and flame cutters; inert gas generators; compressors; hydraulic systems; generators, cabling and distribution boards; diving gear including decompression systems; ‘hot tapping’ systems; chains and shackles; air lift systems; winches; lighting; pollution control equipment such as oil booms and fenders.

Heavy equipment might include:

powerful tugs; dive support vessels; standby vessels; deck barges; hold barges; work barges; accommodation units; lightering craft; utility jack-up rigs; heavy lifting gear including sheerlegs and heavy lift crane barges; a chartered heavy lift helicopter; remotely operated vehicles; large-scale cutting gear – chain pullers, abrasive wire and hydraulic rams; mechanical grabs and industrial magnets.”

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj2xaWlL30AhVgR_EDHcmVda4QFnoECA4QAQ&url=https://www.loyds.com/media/loyds-reports-emerging-risk-reports-wreck-report-final-version-aw.pdf&usg=AOvVaw3QM3jWbp3mGeNaMXpoiITj

Moffatt et al., (2019)	Bergung	Leckende, gesunkene "Prinz Eugen" (ehemaliges deutsches Kriegsschiff) --> 229.000 Gallonen Öl wurden von der US-Marine erfolgreich geborgen Standort: Marshallinseln https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070946298&origin=inward&txGid=79b2ce214fe497f56352f19afb8c9533
Elliott (2017)	Bergung, Benzol	Bergung hochgiftiger Ladung (Benzol) des Tankschiffs ARGO; Beschreibung des Vorgehens; Technik: tauchergesteuertes Anzapf- und Pumpsystem; Bergungsunternehmen <u>T&T Marine Salvage Inc.</u> Lake Erie (ISA, Kanada) Webseite von T&T Marine Salvage Inc.: https://teichmangroup.com/ https://meridian.allenpress.com/iosc/article/2017/1/478/198094/Recovery-of-a-Toxic-Cargo-from-a-Sunken-Tank-Barge
Michel et al., (2005)	Überblick, Risiko Analyse	Studie, bei der erstmals die Anzahl von versunkenen Schiffen aus dem 2. WK gezählt und das darin enthaltene Öl geschätzt wurde: https://www.researchgate.net/publication/273992051_Potentially_polluting_wrecks_in_marine_waters_an_issue_paper_prepared_for_the_2005_international_oil_spill_conference
Lee et al., (2020)	Simulation, Modellierung	Schiffswrack Jeh Hun: Simulation von 500 verschiedenen Öl-Austritts-Szenarien, um potenzielle ökologische und ökonomische Schäden und ideale Bergungsbedingungen zu berechnen Südkorea: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20302605?via%3Dihub
Carter et al., (2021)	Relevant für Risikoanalysen	Konzept für Bewertung des Risikos, welches von gesunkenen Schiffen aus dem 2. WK und austretendem Öl ausgeht; Bsp. Chuuk Lagoon Federated States of Micronesia https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X21001211
Schmidt Etkin et al., (2009)	Risiko Analyse	Herangehensweise für Priorisierung (Schiffe, die schneller ausgepumpt werden sollten): Einbeziehung der Wahrscheinlichkeit eines Lecks und der möglichen Auswirkungen https://interspillarchive.com/previous-events/2009/13-May/pdf/1430_etkin.pdf
Hölterhoff et al., (2020)	Testzentrum, Technologie	Projekt Abschlussbericht für eventuelles Testzentrum in der Nordsee (Testzentrum = Fläche im Meer für das Ausprobieren verschiedenster Technologien): https://www.dmz-maritim.de/wp-content/uploads/2021/01/Studie-Marktpotenzial-Testzentrum-2020.pdf
Casoli et al., (2017)	Schiffswrackbergung, ökol. Auswirkungen	Bergung der gesunkenen Costa Concordia: Auswirkungen auf Korallenriffe Standort: Giglio Island (Italien) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X17302467?via%3Dihub Bergung der Costa Concordia kostete laut eines Berichts von "EU-Recycling" 1,5 Mrd. € --> https://eu-recycling.com/Archive/31180

Mayer (2017)	Schiffswrack- bergung	Vorgehen bei Bergung des Schiffswracks "Spirit of Sacramento" durch das Unternehmen Global Salvage and Diving Inc. Standort: USA Webseite von Global Salvage and Diving Inc.: https://www.gdiving.com/ https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85026636944&origin=inward&txGid=3fb41d191155a069cc6b02466d338e14
Velayudhan (2019)	Technologie, Modellierung	Modell zur Bergung von Schiffen mithilfe von Auftriebssystemen: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801818320791?via%3Dihub
Lee et al., (2020)	Schiffswrack- bergung, Technologie, Simulation	Bewertung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Hebemethoden bei Schiffswrackbergung (mithilfe von Simulation): https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445302.2019.1701814
Zilakos et al., (2020)	Technologie	Auftriebssystem, um Schiffe vor Kentern/Sinken zu bewahren und Wrackteile vom Meeresboden zu heben --> Projekt "SuSy" (Surfacing System for Ship Recovery): https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20464177.2018.1508629
Zilakos and Toullos (2018)	Technologie	Auftriebssystem, um Schiffe vor Kentern/Sinken zu bewahren und Wrackteile vom Meeresboden zu heben --> Projekt "SuSy" (Surfacing System for Ship Recovery): https://asmedigitalcollection.asme.org/offshoremechanics/article-abstract/140/6/061303/472642/On-Modeling-and-Simulation-of-Innovative-Ship?redirectedFrom=fulltext
Chen et al., (2018)	Schiffswrack- bergung, Technologie, Simulation	Simulation von Bohrung bei Schiffswrackbergung zum Durchfädeln eines Bergungsseils mit entsprechender Technik (keine Taucher benötigt): https://ieeexplore.ieee.org/document/8458128
Cong (2021)	Technologie, Tiefsee	Entwicklung eines Systems für verbesserte Tiefsee-Bergung und - Rettung (deep-sea emergency response system): https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-63784-2_103
Shi et al., (2021)	Technologie	Verbesserung der Stabilisierung von Unterwasser-Robotern: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1905/1/012017
Zhang et al., (2021)	Technologie, Rückbau	Technologie für Rückbau von Offshore-Anlagen unter Wasser: https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0029801821003371?token=4D2B84E5D44D4116C4403B6C20AE4F21A157600872AB227CEACDE8E29B255879166D5CF244939F600C1981150096752F&originRegion=euro-west-1&originCreation=20211130090902
Chiu et al., (2017)	Schiffswrack- bergung, Kosten	Schätzung der Kosten einer Schiffsbergung aus Perspektive des Besitzers: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85043519715&doi=10.6119%2fJMST-017-1226-15&origin=inward&txGid=8b488b3758033ea1ec08c8b02c1ccdba

Idaas (1995)	Vorbereitung Öl-Bergung	Planungen und Vorgehensweisen zum Norwegischen Plan "Wreck Program" durchgeführt von Norwegian Pollution Control Authority's (NPCA): https://meridian.allenpress.com/iosc/article/1995/1/733/203607/NORWEGIAN-POLLUTION-CONTROL-AUTHORITY-WORK-ON
Bergstrøm (2014)	Durchführung Öl-Bergung, Komplikationen	Zusammenstellung und Fehleranalyse: Was sollte bei Öl-Bergungen beachtet werden. https://meridian.allenpress.com/iosc/article/2014/1/804/198495/Lessons-learned-from-Offloading-Oil-from
GEOMAR Report (2019)	Monitoring, Munition, Sprengungen	Monitoring bei Sprengungen; Empfohlenes Vorgehen vor, während und nach der Räumung (2019). Practical Guide for Environmental Monitoring of Conventional Munitions in the Seas - Results from the BMBF funded project UDEMM "Umweltmonitoring für die Delaboration von Munition im Meer". GEOMAR Report, Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. 54: 88. Monitoring bei Sprengungen; Empfohlenes Vorgehen vor, während und nach der Räumung
Internetseite: EU-Recycling		https://eu-recycling.com/Archive/31180 Schiffswracks: Umweltschädiger oder Recyclingmaterialien?
Dokumentation auf Youtube	Informationen Öl-Bergung	Schwarze Tränen, Bericht/Dokumentation über die momentane Lage. "Vergessene Wracks Schwarze Tränen der Meere Doku ARTE: https://www.youtube.com/watch?v=N99leg2RYoU&ab_channel=GermanDocumentary-%D9%88%D8%AB%D8%A7%D8%A6%D9%82%D9%8A%D8%A3%D9%84%D9%85%D8%A7%D9%86%D9%8A

6 Quellenverzeichnis

- Bergstrøm, R. (2014): Lessons learned from Offloading Oil from Potentially Polluting Ship Wrecks from World War II in Norwegian Waters. In: International Oil Spill Conference Proceedings (2014), 1, S. 804–813
- Casoli, E., Ventura, D., Cutroneo, L., Capello, M., Jona-Lasinio, G., Rinaldi, R., Criscoli, A., Belluscio, A., Ardizzone, G.D. (2017): Assessment of the impact of salvaging the Costa Concordia wreck on the deep coralligenous habitats. In: Ecological Indicators, 80, S. 124-134
- Carter, M., Goodsir, F., Cundall, P., Devlin, M., Fuller, S., Jeffery, B., . . . Talouli, A. (2021): Ticking ecological time bombs: Risk characterisation and management of oil polluting World War II shipwrecks in the Pacific Ocean. In: Marine Pollution Bulletin, 164, S. 112087
- Chen, Y., Liu, H., Zhang, Z., Hou, J., Gong, Y. (2018): Nonlinear Dynamics Modeling and Analysis of Underwater Mud-Penetrator Steering System. In: IEEE Access, 6, S. 51206-51216
- Chung-Sheng, C., Chung-Ping, L., Ki-Yin, C., Wen-Jui, T., Yung-Wei, C. (2017): COST OF SALVAGE?€“ A COMPARATIVE FORM APPROACH. In: Journal of Marine Science and Technology, 25,6
- Cong, W. (2021): Design and Implementation of Deep-Sea Emergency Response System. In: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 1304, S. 847-856
- Elliott, J. (2017): Recovery of a Toxic Cargo from a Sunken Tank Barge: Lessons Learned and Policy Implications. In: International Oil Spill Conference Proceedings, 2017, 1, S. 478-497
- Faksness, L., Altin, D., Daling, P., & Rist Sørheim, K. (2016):. Potential oil product leakages from World War II shipwrecks - Assessment of possible environmental risk. In: Sintef
- Greinert, J. (2019): Practical Guide for Environmental Monitoring of Conventional Munitions in the Seas - Results from the BMBF funded project UDEMM “Umweltmonitoring für die Delaboration von Munition im Meer” Version 1.1. In: GEOMAR Report, 54 . GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany, S. 88 ff.
- Hölterhoff, M., Malik, F., Canzler, M., Hüls, D., & Schütte, T. (2020): Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore-Testzentrum in der Nordsee: zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter anwendungsnahen Bedingungen. Retrieved from <https://www.dmz-maritim.de/wp-content/uploads/2021/01/Studie-Marktpotenzial-Testzentrum-2020.pdf>
- Idaas, K. (1995): Norwegian Pollution Control Authority. Work on shipwrecks. In: International Oil Spill Conference Proceedings. 1995, 1, S. 733–735
- Koutsis, D., Stratigea, A. (2021): Shipwrecks’ Underwater Mysteries—Identifying Commonalities Out of Globally-Distributed Knowledge. Heritage 2021, 3949-3969; <https://doi.org/10.3390/heritage4040217> (zuletzt aufgerufen 02.03.2023)
- Landquist H., Norrman J., Lindhe A., Norberg T., Hassellöv I. M., Lindgren J. F., et al. (2017): Expert elicitation for deriving input data for probabilistic risk assessment of shipwrecks. In: Mar. Pollut. Bull. , 125, S. 399–415
- Lee, M., Jung, J. Y., Park, K. C., & Choi, S. H. (2020): Environmental and economic loss analyses of the oil discharge from shipwreck for salvage planning. In: Marine Pollution Bulletin, 155
- Lee, J. P., Roh, M., Lee, H.-W., Ham, S.-H. (2020): Design of a wreck removal method considering safety and economy. In: Ships and Offshore Structures, 15, 10, S. 1037-1056
- Lloyd's (2013): The challenges and implications of removing shipwrecks in the 21st century.

Martínez-Gómez C., Vethaak A. D., Hylland K., Burgeot T., Köhler A., Lyons B. P., et al. (2010): A guide to toxicity assessment and monitoring effects at lower levels of biological organization following marine oil spills in European waters. In: ICES J. Mar. Sci., 67, S. 1105–1118

Mayer, L. (2017): Vessel Salvage with environmental concerns: Spirit of sacramento salvaged with eye on pollution prevention. In: Sea Technology , 58, 7, S. 28-30

Michel, J., Gilbert, T., Waldron, J., Blocksidge, C. T., Schmidt Etkin, D., & Urban, R. (2005): Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters - An Issue Paper Prepared for the 2005 International Oil Spill Conference.

Moffatt, C. O., Ludi, R. E., & Bocek, S. (2019): Oil recovery from the wreck of the WWII German heavy-cruiser Prinz Eugen Kwajalein Atoll, Republic of the Marshall Islands, August-October 2018.

MSRL (2008): Richtlinie 2008/56/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie), 22 S.

Schmidt Etkin, D., French McCay, D., & van Rooji, J. A. C. (2009): Risk Assessment Modeling Approach for the Prioritization Of Oil Removal Operations from Sunken Wrecks. In: 2009 Effects of Oil on Wildlife Conference

Shi, H., Wang, X., Zhang, W. (2021): Research and Application of Attitude Control and Stability Adjustment Technology for Underwater Robot Platform, IOP Publishing Ltd. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1905

Van Landuyt J, Kundu K, Van Haelst S, Neyts M, Parmentier K, De Rijcke M and Boon N (2022): 80 years later: Marine sediments still influenced by an old war ship. In: *Front. Mar. Sci.* 9, S. 1017136.

Velayudhan, A. K. D. (2019): Design of a supervisory fuzzy logic controller for monitoring the inflow and purging of gas through lift bags for a safe and viable salvaging operation. In: *Ocean Engineering*, 171, S. 193-201

WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist, 67 S.

Xue, S., Chen, Z., Ren, Q., Wang, Y., Cao, S., Han, C., & Zhang, D. (2018): Technical countermeasures research on deep sea shipwreck water cutting engineering.

Zhang, W., Hu., Z., Li., X, Tian, X., Wang, A., Liu, X., Sun, H. (2021): Development of an experimental system for the twin-lift decommissioning operation. In: *Ocean Engineering*, 234

Zilakos, I., Chatzidouros, E., Tsouvalis, N. (2020): An innovative ship salvage concept and its effect on the hull structural response. In: *Journal of Marine Engineering & Technology*, 19, 4, S. 266-277

Zilakos, I. and M. Toullos (2018): On modeling and simulation of innovative ship rescue system. In: *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 140, 6