

Leuphana Universität Lüneburg Fakultät III – Umwelt und Technik

Subaquatische Kampfmittelaltlasten in der Ostsee
– Neubewertung des Status Quo,
Risikopotenziale und resultierende Handlungsszenarien –

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von
Marc Koch
MSc Dipl.-Ing. (FH)
Lüneburg 2009

Durch den Fachbereich Umweltchemie der Fakultät III – „Umwelt und Technik“ der
Leuphana Universität Lüneburg als Dissertation angenommen.

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ruck
Zweitgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Ralf Ebinghaus
Externer Gutachter: Dr. rer. nat. Thomas Stock

Tag der mündlichen Prüfung: 27. April 2010

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt in erster Linie meinen Betreuern, namentlich Herrn Prof. Wolfgang Ruck (Leuphana Universität Lüneburg), Herrn Prof. Ralf Ebinghaus (GKSS) sowie Herrn Dr. Thomas Stock (Dynasafe), die sich mit einem enormen Vertrauensvorschuss bereit erklärt hatten, diese Arbeit mehr als dreieinhalb Jahre lang zu betreuen. Rückblickend kann ich mir kein besseres Betreuerteam wünschen, das mir einerseits jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand und mich tatkräftig unterstützte, mir andererseits aber bei und während der Erarbeitung der vorliegenden Dissertation alle Freiheiten ließ. Ihnen gilt von Herzen mein Dank.

Ebenso möchte ich meiner Familie danken, ohne deren Unterstützung diese Arbeit so nicht möglich gewesen wäre. Besonders danken möchte ich meiner Mutter u.a. für ihre unermüdlige Lektorentätigkeit sowie meinem Bruder Michael für die Unterstützung bei der programmiertechnischen Umsetzung von FRATSAD. Simone danke ich für ihr Durchhaltevermögen und ihre Liebe insbesondere in den manchmal nicht ganz leichten dreieinhalb Jahren bis zum letzten Abschluss der Arbeit.

Mein großer Dank gilt allen, die diese Arbeit durch fachlichen Austausch oder sonstige Hilfestellungen unterstützt haben. Dies sind namentlich insbesondere: Dr. Helmut Albert (LfV Saarland), James Barton (UOR), Claus Böttcher (Innenministerium Schleswig-Holstein), Geoffrey Carton (CALIBRE Systems, Inc.), Stuart Combes (Britisches Verteidigungsministerium), Theodor Dorgeist, Dr. Rainald Häber (Mull & Partner), Dr. Clivia Häse (GKSS), Dr. Thomas Krämer (Umweltbundesamt), Dr. Andreas Kunz (Institut für Europäische Geschichte Mainz), Terry Long (EODT), Dr. Tine Missiaen (Universität Gent), Robert Mollitor (LPBK Mecklenburg-Vorpommern), Dr. Stefan Nehring (AeT Umweltplanung), Martina Plettendorff (BSH), Helmut Preugschat (Innenministerium Schleswig-Holstein), Prof. Niels-Peter Rühl (BSH), Dr. Jürgen Schulz-Ohlberg (BSH), Dr. Oliver Schweder (Universität Bremen), Aase Mari Opstad (FFI), Dr. Volker Starrock, Dr. Norbert Theobald (BSH), John Tørnes (FFI), Dr. Thomas Vögele (DFKI Bremen), Robert Zellermann (Pegasus OHG), Sybille Ziemann (GKSS).

Des Weiteren möchte ich Frau Ministerin Annegret Kramp-Karrenbauer und Frau Marianne Lück für ihre Bemühungen im Kontext der Nutzung des Baltic Sea Ordnance Pilot herzlich danken.

Abschließend möchte ich den Vertretern des Führungsstabes Marine im Bundesministerium der Verteidigung danken. Durch das erzielte Einvernehmen hinsichtlich der aus dem Baltic Sea Ordnance Pilot (BOP 2000) zu veröffentlichenden Daten und der dabei gleichzeitig einzuhaltenden, dem effektiven Schutz Dritter dienenden Grundsätze der allgemeinen Gefahrenabwehr, wurde doch noch eine – wenn auch eingeschränkte – Nutzung dieser Unterlage in der publizierten Fassung dieser Arbeit möglich.

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse.....	22
2	Einleitung	30
3	Material und Methoden	32
4	Historischer Rückblick und Einführung in die Thematik	35
4.1	Zur Geschichte der chemischen Kampfstoffe bis nach dem Zweiten Weltkrieg.....	35
4.2	Produktion chemischer Kampfstoffe im Ersten und Zweiten Weltkrieg	41
4.2.1	Die Produktion chemischer Kampfstoffe im Ersten Weltkrieg	41
4.2.2	Die Produktion chemischer Kampfstoffe im Zweiten Weltkrieg.....	44
4.3	Grundlagen zum Umgang mit Überschuss- und Beutearsenalen nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg.....	48
4.3.1	Grundsätzliche Handlungsoptionen	48
4.3.2	Der Umgang mit chemischen Kampfmitteln nach dem Ersten Weltkrieg.....	49
4.3.3	Der Umgang mit chemischen Kampfmitteln nach dem Zweiten Weltkrieg....	53
4.4	Überblick über die Versenkungsaktivitäten in der Ostsee und dem Skagerrak	65
4.5	Detailbetrachtung der relevanten Hauptversenkungsgebiete	71
4.5.1	Bornholm.....	71
4.5.2	Gotland	83
4.5.3	Kleiner Belt und benachbarte Gebiete	88
4.5.4	Skagerrak, Masekaer & Kattegat	91
4.5.5	Sonstige Versenkungsgebiete in der Ostsee sowie „en route dumping“	99
5	Neubewertungen subaquatischer Kampfmittelaltlasten in der Ostsee	104
5.1	Stoffliche Charakteristika der versenkten Kampfmittelinhaltsstoffe	104
5.1.1	Vorbemerkungen.....	104
5.1.2	Hauptcharakteristika einiger chemischer Kampfstoffe	106
5.1.3	Hauptcharakteristika einiger konventioneller Kampfmittelinhaltsstoffe	119
5.1.4	Zusammenfassung und Fazit im Rahmen der stofflichen Betrachtungen.....	121

5.2	Die russische Kampfstoffproduktion, deutsche Beutebestände und potenziell versenkte Mengen	123
5.2.1	Die russische Kampfstoffproduktion und diesbezügliche Diskrepanzen.....	123
5.2.2	Russische Versenkungen von deutschen Beutekampfstoffen	128
5.2.3	Resultierende Schlussfolgerungen hinsichtlich der in russischem Besitz befundenen Arsenale	129
5.3	Die Versenkungen der „Westmächte“ USA, Großbritannien und Frankreich.....	133
5.3.1	Vorbemerkungen und Einführung.....	133
5.3.2	Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1945	137
5.3.3	Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1946	141
5.3.4	Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1947 und 1948	147
5.3.5	Nicht zuzuordnende Wracks & weitere offene Fragen	149
5.3.6	Versenkungsaktivitäten Frankreichs	152
5.3.7	Fazit zu den Versenkungsaktivitäten der „Westmächte“	153
5.4	Listung aller bekannter Ostsee-Versenkungsgebiete	159
5.4.1	Nördliche Ostsee (Bottnischer & Finnischer Meerbusen)	162
5.4.2	Zentrale Ostsee & Gotland (Rigaischer Meerbusen bis Westküste Litauens) 164	
5.4.3	Südliche Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt)	167
5.5	Zustand der chemischen und konventionellen Kampfmittel	178
5.6	Aus dem Status Quo resultierende Gefährdungspotenziale	182
5.6.1	Kontinuierlicher Eintrag von toxischen Substanzen in die marine Umwelt ..	182
5.6.2	Ausbildung von „Hot Spots“ sowie Kontaminationsfahnen mit akut oder chronisch toxischen Stoffkonzentrationen	185
5.6.3	Einbindung von toxischen Substanzen in die Nahrungskette	189
5.6.4	Auffischen / Kontamination von Fängen des gewerblichen Fischfangs	191
5.6.5	Versehentlicher Kontakt / Aufnahme von Inhaltsstoffen.....	193
5.6.6	Selbstdetonationen chemischer und konventioneller Kampfmittel.....	194
5.6.7	Schlagartiges Freiwerden signifikanter Mengen an Inhaltsstoffen „Sudden Release“	195

5.6.8	Anlandung von Behältern sowie ausgeschwemmter Inhaltsstoffe an Küsten	196
5.6.9	Terrorismus und Zugänglichkeit zu chemischen Kampfstoffen	198
5.7	Zwischenfälle mit Kampfmitteln im Ostseeraum	201
5.8	Mögliche Handlungsszenarien für Sicherung und Sanierung	217
6	Erstbewertungstool für das Risikopotenzial subaquatischer Kampfmittelaltlasten („FRATSAD“)	219
6.1	Einführung.....	219
6.2	Verwendung und Möglichkeiten des vorgestellten Bewertungstools	221
6.3	Konkretes Anwendungsbeispiel.....	230
6.4	Fazit.....	242
7	Fazit, zukünftiger Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen.....	243
8	Ausblick	250
9	Quellenverzeichnis	253
10	Anhang	273
10.1	Stoffdatenblätter	273
10.1.1	Adamsit (CAS Nr. 578-94-9).....	275
10.1.2	Arsenrichlorid (CAS Nr. 7784-34-1).....	278
10.1.3	Arsinöl (Mischung ohne eigene CAS Nr.).....	280
10.1.4	Blausäure (Cyanwasserstoff) (CAS Nr. 74-90-8)	281
10.1.5	Chlor (CAS Nr. 7782-50-5)	284
10.1.6	Chloracetophenon (CAS Nr. 532-27-4)	287
10.1.7	Chlorpikrin (CAS Nr. 76-06-2).....	290
10.1.8	Clark I (CAS Nr. 712-48-1)	292
10.1.9	Clark II (CAS Nr. 23525-22-6).....	295
10.1.10	Diphosgen (Perstoff) (CAS Nr. 503-38-8).....	298
10.1.11	Lewisit I (cis) (CAS Nr. 541-25-3)	300
10.1.12	Lewisit I (trans) (CAS Nr. 50361-05-2).....	303

10.1.13	Lewisit II (CAS Nr. 40334-69-8).....	305
10.1.14	Lewisit III (CAS Nr. 40334-70-1).....	307
10.1.15	Phenylarsindichlorid (Pfiffikus) (CAS Nr. 696-28-6).....	309
10.1.16	Phosgen (CAS Nr. 75-44-5).....	312
10.1.17	Sarin (CAS Nr. 107-44-8).....	315
10.1.18	Sauerstofflost (CAS Nr. 63918-89-8).....	318
10.1.19	Senfgas (S-Lost) (CAS Nr. 505-60-2).....	320
10.1.20	Soman (CAS Nr. 96-64-0).....	324
10.1.21	Stickstofflost HN 1 (CAS Nr. 538-07-8).....	327
10.1.22	Stickstofflost HN 2 (CAS Nr. 51-75-2).....	330
10.1.23	Stickstofflost HN 3 (CAS Nr. 555-77-1).....	333
10.1.24	Tabun (CAS Nr. 77-81-6).....	336
10.1.25	Triphenylarsin (CAS Nr. 603-32-7).....	339
10.1.26	Phosphor (CAS Nr. 7723-14-0).....	341
10.1.27	Hexogen (CAS Nr. 121-82-4).....	344
10.1.28	Nitroglycerin (CAS Nr. 55-63-0).....	346
10.1.29	Pikrinsäure (CAS Nr. 88-89-1).....	348
10.1.30	Trinitrotoluol (TNT) (CAS Nr. 118-96-7).....	350
10.2	Kampfmitteldatenbank.....	352
10.3	Weitere Informationen zum Erstbewertungswerkzeug „FRATSAD“.....	361
10.3.1	Stoffcharakteristika und resultierende Wertungen.....	361
10.3.2	Umgebungsbedingungen und resultierende Bewertungen.....	368
10.3.3	Automatische Berechnungen und generierte Auswertungen.....	375
10.4	Vorträge und Veröffentlichungen im Rahmen des Promotionsvorhabens.....	384
10.5	Tabellarischer Lebenslauf.....	386

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausdehnung der alliierten Besetzungszonen 1947 [KUNZ 2004]	54
Abbildung 2: Chemische und konventionelle Versenkungsgebiete in der „OSPAR Maritime Area“ (in [OSPAR 2009])	60
Abbildung 3: Wassertiefe und Position des Arendal-Versenkungsgebiets im Skagerrak (in [FFI 2002]).....	68
Abbildung 4: Munitionsbelastung und Flussgebiete im Geltungsbereich der Wasserrahmenrichtlinie an der deutschen Nordseeküste [KOCH & NEHRING 2007]	69
Abbildung 5: Versenkungs- und Verdachtsgebiete für Kampfmittel an der deutschen Ostseeküste [KOCH ET AL. 2008]	70
Abbildung 6: Position und Wassertiefen des Versenkungsgebietes nordöstlich Bornholms [MERCW 2006].....	74
Abbildung 7: Mächtigkeit und Zonierung der Schlammschichten im Bereich des Versenkungsgebietes nordöstlich Bornholms [MERCW 2006].....	75
Abbildung 8: Hauptströmungen im Bereich der zentralen und westlichen Ostsee [MERCW 2006].....	76
Abbildung 9: Positionen und festgestellte Konzentrationen in den Arsenproben im Kerngebiet Bornholm (in [MERCW 2006] (verändert) nach [PAKA & SPIRIDONOV 2002]).....	77
Abbildung 10: Beprobungspunkte östlich Bornholms (in [VANINNEN ET AL. 2008]).....	80
Abbildung 11: Analyseergebnisse für Abbauprodukte von Adamsit [VANINNEN ET AL. 2008]	81
Abbildung 12: Position und Wassertiefen des Versenkungsgebietes südöstlich Gotlands [MERCW 2006].....	84
Abbildung 13: Wassertiefen im Bereich des Bornholmer und Gotlander Beckens (in [MERCW 2006])	85
Abbildung 14: Probenahmestellen vor der litauischen Küste 2003/2004 [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005]	86
Abbildung 15: Ergebnisse der oberflächennahen Sedimentproben in der südöstlichen Ostsee [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005].....	87
Abbildung 16: Überblickartige Positionierung der Hauptversenkungsgebiete im Skagerrak ([GOOGLE MAPS 2008], verändert).....	91
Abbildung 17: Eingezeichnetes Versenkungsgebiet östlich Arendals (digitale Karte) [FFI 2002].....	92

Abbildung 18: Position der bekannten Schiffwracks im Masekaer-Versenkungsgebiet vor der Schwedischen Westküste [MERCW 2006]	96
Abbildung 19: Untersuchte Transportwege vor der Pommerschen Küste [SCHULZ-OHLBERG 2002].....	100
Abbildung 20: Sonarkontakte im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002].....	101
Abbildung 21: Magnetische Anomalien im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002]	101
Abbildung 22: Inspizierte Objekte im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002]	102
Abbildung 23: Druckverhältnisse in Abhängigkeit der Wassertiefe in Beaufort's Dyke [LIVINGSTON 2007].....	113
Abbildung 24: Siedepunkt von Phosgen bei geringen Meerestiefen [LIVINGSTON 2007]	113
Abbildung 25: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der nördl. Ostsee	162
Abbildung 26: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstelle im Rigaischen Meerbusen	164
Abbildung 27: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen südlich Gotlands	165
Abbildung 28: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen nördlich Bornholms	167
Abbildung 29: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen im Bereich der Danziger Bucht.....	168
Abbildung 30: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen im Bereich Bornholms	169
Abbildung 31: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen nördlich Rügens.....	170
Abbildung 32: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der Lübecker Bucht und um Fehmarn	171
Abbildung 33: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der Kieler Bucht und im Kleinen Belt.....	172
Abbildung 34: Voraussichtliche Emissionsraten durch korrodierende Kampfmittel bei Bornholm [MALYSHEV 1996].....	179

Abbildung 35: Voraussichtliche Emissionsraten auf Basis der Korrosion von Kampfmitteln [VAN HAM 2001]	180
Abbildung 36: Genutzte Monitoring-Stationen in der Ostsee [SANDSTRÖM ET AL. 2003].....	184
Abbildung 37: Zunahme der EROD-Aktivitäten in weiblichem Barsch [SANDSTRÖM ET AL. 2003].....	185
Abbildung 38: Schematische Darstellung eines „sudden release“ ([MEDEA 1997] in [FFI 2002])	187
Abbildung 39: Position der beiden Emissionsbereiche östlich Bornholms [SANDERSON 2009]	188
Abbildung 40: Risiko-Einheit (TU) Verteilung in der Wassersäule der „Primary dump site“ [SANDERSON 2008]	188
Abbildung 41: TU-Verteilung in der Wassersäule der „Secondary dump site“ [SANDERSON 2008].....	189
Abbildung 42: Anzahl der Zwischenfälle mit Kampfmitteln im dänischen Fischfang 1985 bis 2007 (nach HELCOM).....	191
Abbildung 43: Positionierung der Selbstdetonationen in Beaufort’s Dyke [FORD ET AL. 2005]	194
Abbildung 44: Exemplarische Vertikalschichtung der Salzgehalte zwischen Darßer Schwelle und nördlichem Gotlandbecken [IOW 2008]	197
Abbildung 45: Startseite „Einführung“ des internetbasierten Bewertungstools „FRATSAD“	219
Abbildung 46: Benutzeroberfläche der FRATSAD-Stoffdatenbank (Ausschnitt)	220
Abbildung 47: Eingabemaske für enthaltene Inhaltsstoffe (Ausschnitt)	221
Abbildung 48: Eingabemaske für die Größe der VS und deren Umgebungscharakteristika (Ausschnitt).....	222
Abbildung 49: Beispielartige Auswertungen und Informationen durch FRATSAD (Ausschnitt).....	228
Abbildung 50: FRATSAD Eingabemaske „Inhaltstoffe“ im konkreten Anwendungsbeispiel	231
Abbildung 51: FRATSAD Eingabemaske „Umgebungsbedingungen“ im konkreten Anwendungsbeispiel	232
Abbildung 52: Qualitative Einordnung für Adamsit in FRATSAD	233

Abbildung 53: Qualitative Einordnung für Blausäure in FRATSAD	233
Abbildung 54: Qualitative Einordnung für Chloracetophenon in FRATSAD.....	234
Abbildung 55: Qualitative Einordnung für Clark I in FRATSAD.....	234
Abbildung 56: Qualitative Einordnung für Clark II in FRATSAD	235
Abbildung 57: Qualitative Einordnung für Phosgen in FRATSAD	235
Abbildung 58: Qualitative Einordnung für Senfgas in FRATSAD	236
Abbildung 59: Qualitative Einordnung für HN3 in FRATSAD	237
Abbildung 60: Qualitative Einordnung für Tabun in FRATSAD	237
Abbildung 61: Quantitative Einordnung spezifischer Mengen in Relation zur Versenkungsgebietsgröße (Teil I)	238
Abbildung 62: Quantitative Einordnung spezifischer Mengen in Relation zur Versenkungsgebietsgröße (Teil II).....	239
Abbildung 63: Beurteilung der Bruttogesamtmenge in FRATSAD im konkreten Beispiel..	240
Abbildung 64: Beurteilung des Versenkungsgebietsumfeldes durch FRATSAD im konkreten Beispiel.....	240
Abbildung 65: Zusatzinformationen seitens FRATSAD zu Extremeingaben im Anwendungsbeispiel (Teil I).....	241
Abbildung 66: Zusatzinformationen seitens FRATSAD zu Extremeingaben im Anwendungsbeispiel (Teil II).....	241

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kampfstoffproduktion kriegsbeteiligter Länder während des Ersten Weltkriegs... 42	42
Tabelle 2: Qualitative/quantitative Darstellung der Kampfstoffproduktion kriegsbeteiligter Länder im 1. WK nach F. Haber in [MARTINETZ 1996]..... 42	42
Tabelle 3: Spezifische Mengen an durch Frankreich und Deutschland produzierten Kampfstoffen im 1. WK [GUIR 1997]..... 43	43
Tabelle 4: Vergleich von Produktionsmengen chemischer Kampfstoffe im Zweiten Weltkrieg 45	45
Tabelle 5: Anteilige Gewichtung einzelner Kampfstoffe an der Gesamtmenge deutscher Produktion im Zweiten Weltkrieg (nach [HELCOM 1994]) 46	46
Tabelle 6: In den großen Munitionsanstalten aufgefundene unverfüllte Kampfstoffmengen . 58	58
Tabelle 7: Chemische Kampfmittel-Versenkungen im Helsinki-Konventionsgebiet (nach [HELCOM 1994]) 66	66
Tabelle 8: In der Ostsee durch Russland 1947/1948 versenkte chemische Kampfmittel und Kampfstoffinhalte (nach [RUSFED 1993]) 67	67
Tabelle 9: Detaillierte Auflistung der durch Russland bei Bornholm 1947/48 versenkten chemischen Kampfmittel und enthaltene Kampfstoffe (nach [RUSFED 1993], überarbeitet) .. 72	72
Tabelle 10: Detaillierte Auflistung der durch Russland bei Gotland 1947/48 versenkten chemischen Kampfmittel und enthaltene Kampfstoffe (nach [RUSFED 1993], überarbeitet) .. 83	83
Tabelle 11: Verbleib der Kampfstoffe russischer Herkunft 1940 bis 1989 (basierend auf [FEDOROV 1994])..... 127	127
Tabelle 12: Überblick über die russischen Versenkungen 1947/1948 (Teil I) (nach [RUSFED 1993]) 128	128
Tabelle 13: Überblick über die russischen Versenkungen 1947/1948 (Teil II) (nach [RUSFED 1993]) 129	129
Tabelle 14: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil I)..... 138	138
Tabelle 15: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil II) 139	139
Tabelle 16: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil III) 140	140
Tabelle 17: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil I)..... 143	143
Tabelle 18: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil II) 144	144
Tabelle 19: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil III) 145	145

Tabelle 20: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil IV).....	146
Tabelle 21: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1947 & 1948.....	148
Tabelle 22: Im Skagerrak lokalisierte sowie dort vermutete Schiffwracks mit konv. und chem. Kampfmittelbeladung.....	150
Tabelle 23: Sonstige relevante Schiffwracks, deren Verbleib außerhalb des Skagerraks vermutet wird	151
Tabelle 24: Versenkungsgebiete in der nördlichen Ostsee (Bottnischer & Finnischer Meerbusen).....	163
Tabelle 25: Versenkungsgebiete in der zentralen Ostsee und um Gotland (Rigaischer Meerbusen bis Westküste Litauens).....	166
Tabelle 26: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil I)	173
Tabelle 27: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil II)	174
Tabelle 28: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil III)	175
Tabelle 29: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil IV)	176
Tabelle 30: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil V)	177
Tabelle 31: Kampfstofffreisetzung und zu erwartende Folgen (nach [LOHS 1992])	200
Tabelle 32: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1945/1946.....	203
Tabelle 33: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1947/1948 (Teil I)	204
Tabelle 34: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1948 (Teil II) bis 1952	205
Tabelle 35: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1953 bis 1956	206
Tabelle 36: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1957 bis 1965	207
Tabelle 37: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1966 bis 1972	208

Tabelle 38: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1973 bis 1984	209
Tabelle 39: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1985 bis 1990	210
Tabelle 40: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1991 bis 1995	211
Tabelle 41: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1996 bis 2001	212
Tabelle 42: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2002/2003 (Teil I)	213
Tabelle 43: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2003 (Teil II)	214
Tabelle 44: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2004 bis 2007	215
Tabelle 45: Weitere Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee (ohne exakte zeitliche Einordnung)	216
Tabelle 46: FRATSAD-Voreinstellungen durch den Administrator	225
Tabelle 47: Erläuterung der Kürzel in der Administrator-Voreinstellung für FRATSAD	226
Tabelle 48: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 1 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])	353
Tabelle 49: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 2 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])	354
Tabelle 50: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 3 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])	355
Tabelle 51: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 4 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])	356
Tabelle 52: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil 1	357
Tabelle 53: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil 2	358
Tabelle 54: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil 3	359
Tabelle 55: Deutsche Kampfstoffmunition Luftwaffe WK II	360
Tabelle 56: Aus den Administratoreingaben resultierende Punktezahlen der Kampfmittelinhaltsstoffe in FRATSAD	367

Abkürzungsverzeichnis

<	kleiner
>	größer
ACDA	US Army Control and Disarmament Agency
AMAD	Amerikanische Militäradministration
Art.	Artikel
BMAD	Britische Militäradministration
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BRT	Bruttoregistertonnen (siehe Begriffsbestimmungen)
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (http://www.bsh.de)
°C	Grad Celsius
CN	Chloracetophenon
D	Deutschland
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft (http://www.dfg.de)
DK	Dänemark
DM	Adamsit
DNS	Desoxyribonukleinsäure (engl. DNA)
E	Osten
EAC	Ecotoxi(co)logical Assessment Criteria (-Wert) [OSPAR 1997]
F	Frankreich
FMAD	Französische Militäradministration
g	Gramm (10^{-3} kg)
GB	Großbritannien oder Sarin
GD	Soman
h	Stunde
H	Senfgas (undestilliert)
HD	Senfgas (destilliert)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

HELCOM	Helsinki Commission (http://www.helcom.fi)
HS	Senfgas (historische Bezeichnung im WK I)
HT	Senfgasgemisch (siehe Stoffdatenblatt „Senfgas“)
ITA	Italien
JAP	Japan
ka	1.000 Jahre („Kilo-Jahre“)
k.A.	keine Angabe
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KM	Kampfmittel (im Rahmen der vorliegenden Arbeit)
KS	Kampfstoff (im Rahmen der vorliegenden Arbeit)
l	Liter
LIT	Litauen
m	Meter
m ³	Kubikmeter
mg	Milligramm (10 ⁻³ g)
min	Minute
Mio.	Million (10 ⁶)
ml	Milliliter (10 ⁻³ l)
mm	Millimeter (10 ⁻³ m)
MV	Mecklenburg-Vorpommern
µg	Mikrogramm (10 ⁻⁶ g)
NE	Nordosten
ng	Nanogramm (10 ⁻⁹ g)
NS	Niedersachsen (im Rahmen der Kampfmittelfunde & Unfalldatenbank)
NW	Nordwesten
OSPAR	Commission of the Oslo- and Paris-Convention (http://www.ospar.org)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Pa	Pascal (Druckeinheit, siehe Begriffsbestimmungen)
POL	Polen
ppb	part(s) per billion („billion“: american english für Milliarde (10^9))
ppm	part(s) per million
RUS	Russland / Sowjetunion
s	Sekunde
S	Süden
SE	Südosten
SH	Schleswig-Holstein
sm	Seemeile, etwa 1,852 km
SMAD	Sowjetische Militäradministration
SRU	Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (http://www.umweltrat.de)
SWE	Schweden
t	Tonnen (Megagramm [Mg], 10^3 kg)
tdw	„tons dead weight“ (siehe Begriffsbestimmungen)
TNT	2,4,6-Trinitrotoluol
UdSSR	Sowjetunion / Russland
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VS	Versenkungsstelle
W	Westen
WK I:	1. Weltkrieg (1914 bis 1918)
WK II:	2. Weltkrieg (1939 bis 1945)

Für weitere Begriffsbestimmungen und Definitionen siehe auch nachfolgende Erläuterungen.

Begriffsbestimmungen und Definitionen

ADI: „Acceptable Daily Intake“: zulässige tägliche Gesamtaufnahme z.B. mit Wasser oder Nahrung

Akkumulation: Akkumulation ist die unerwünschte Anreicherung von Chemikalien im Organismus, wenn der Organismus keine speziellen Mechanismen besitzt, die Resorption einer anthropogenen Substanz zu verhindern oder die Chemikalie nachträglich wieder zu eliminieren [OFD 1999].

Akut: Einmalige Exposition über weniger als 24 Stunden [OFD 1999]

AUV: „Autonomous Underwater Vehicle“: bezeichnet ein Unterwasserfahrzeug/Roboter, das im Gegensatz zu einem *ROV* (Remotely Operated Vehicle) autonom, also ohne kontinuierliche externe Steuerbefehle operieren kann.

BAT-Wert: Biologischer Arbeitsstoff Toleranzwert: die beim Menschen höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes bzw. seiner Metaboliten, die die Gesundheit des Beschäftigten auch dann nicht beeinträchtigen, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelmäßig erzielt werden. Angabe als Konzentration, Bildungs- oder Ausscheidungsrate für Blut oder Harn [OFD 1999].

Bioakkumulation: Der Bioakkumulationskoeffizient BAF gibt das Verhältnis der Konzentration eines Stoffes im Organismus zu der Konzentration des Stoffes in der umgebenden Matrix an. Ist die umgebende Matrix Wasser, dann wird er als Biokonzentrationsfaktor BCF bezeichnet:

$$BCF = C_{\text{Stoff (Organismus)}} / C_{\text{Stoff (Wasser)}}$$

Der Biokonzentrationsfaktor BCF wird im Fischttest bestimmt. Die Messverfahren zur Bestimmung des Biokonzentrationsfaktors BCF sind in der EU-Stoffrichtlinie RL67/548/EWG im Anhang V Kapitel C.13 beschrieben. Es gilt als grobe Einschätzung:

BCF < 1:	nicht bioakkumulativ	
BCF 1-10:	schwach bioakkumulativ	
BCF 10-100:	mäßig bioakkumulativ	
BCF 100-1000:	bioakkumulativ	
BCF 1000-5000:	hoch bioakkumulativ	
BCF > 5000:	sehr hoch bioakkumulativ	[GISBAU 2008]

Das Bioakkumulationspotenzial wird auch als $\log P_{ow}$ angegeben (basierend auf den Verteilungskoeffizienten n-Octanol/Wasser), wobei Substanzen mit Werten < 2,7 kein nennenswertes Bioakkumulationspotenzial besitzen [MARTINETZ & RIPPEN 1996].

BRT: Bruttoregistertonnen; veraltetes Raummaß, nicht zu verwechseln mit möglicher gewichtsspezifischer Ladekapazität eines Schiffes (vgl. u.a. *tdw*).

CAS-Nr.: Chemical Abstracts Substance Number

Chronisch: Wiederholte Exposition, länger als drei Monate [OFD 1999]

ct: Relatives Toxizitätsprodukt bei Inhalation ($\text{mg} \times \text{min}/\text{m}^3$); basiert auf dem Haber'schen Gesetz $c \times t = \text{konstante Wirkung}$ mit $c = \text{Konzentration}$ und $t = \text{Expositionsdauer}$ anhand von Untersuchungen zur Letalität von Kampfstoffen (u.a. Phosgen und Blausäure) zu Beginn des 20. Jahrhunderts [SCHNEIDER ET AL. 2005]

CWÜ: Internationales Chemiewaffenübereinkommen oder Chemiewaffenkonvention zur Deklaration und Vernichtung von entsprechenden Beständen an Kampfmitteln und Geräten. Weitere Informationen unter <http://www.opcw.org/>

Halbwertszeit: (HWZ), $T_{1/2}$, biologische Halbwertszeit: beschreibt die Zeit, in der die Konzentration einer einmalig applizierten Substanz infolge Ausscheidung und/oder Abbau auf die Hälfte sinkt. Bei längeren Halbwertszeiten ist bei wiederholter Applikation die mögliche Kumulation zu beachten (siehe auch *Akkumulation*). Der Begriff wird auch auf das Verhalten von Stoffen in Teilen des Ökosystems angewandt und bezeichnet dann die Abbaugeschwindigkeit der Umweltchemikalien; die Halbwertszeit ist daher ein Maß für die *Persistenz* der Substanzen in den Umweltkompartimenten. [LOHS ET AL. 2007]

Hydrolyse: Spaltung chemischer Bindungen durch Wasser

IARC: „International Agency for Research on Cancer“, (<http://www.iarc.fr/>)

IC₅₀: Konzentrations-Zeit-Produkt, das im Versuch bei 50 % der Menschen bzw. Versuchstieren zu Leistungsunfähigkeit führt

In situ: bedeutet „an Ort und Stelle“

In vitro: Nachweise/Untersuchungen *in vitro* werden außerhalb eines Organismus in einem Reagenzglas oder sonstigen Behälter durchgeführt. Gegenteil von *in vivo*, wobei die Untersuchung in einem lebenden Organismus vollzogen wird.

In vivo: Gegenteil des vorangehend erläuterten *in vitro*. *In vivo* beschreibt einen Versuchsablauf bzw. Untersuchung im lebenden Organismus, nicht wie *in vitro*, wo diese Untersuchung im Labor in einem vom lebenden Organismus getrennten Behältnis abläuft.

Kampfmittel (allgemein): Der Begriff Kampfmittel umfasst im Kontext der vorliegenden Arbeit die konventionelle oder chemische Bombe oder Granate in ihrer Gesamtheit, inklusive metallischer Hülle, enthaltener Sprengstoffe sowie eventueller Kampfstoffe und sonstiger technischer Bauteile. Entsprechende Gewichtsangaben für Kampfmittel sind somit also immer Bruttoangaben.

Kampfmittel (konventionell): Bezeichnet im Kontext der vorliegenden Arbeit Kampfmittel, die ausschließlich mit Explosivstoffen und/oder Brandmitteln, nicht aber auch mit chemischen Kampfstoffen gefüllt sind. Im Gegensatz hierzu sind *chemische Kampfmittel* neben konventionellen Sprengstoffen eben auch mit chemischen Kampfstoffen befüllt.

Kampfstoff: Der Begriff Kampfstoff oder chemischer Kampfstoff umfasst im Kontext der vorliegenden Arbeit nur den chemischen Inhaltsstoff einer chemischen Bombe oder Granate, nicht aber sonstige technische Bestandteile oder enthaltene konventionelle Sprengstoffe. Entsprechende Gewichtsangaben für Kampfstoffe sind somit also immer Nettoangaben.

Kanzerogen: vgl. nachfolgend „Karzinogenität“

Karzinogenität: Potenzial einer Substanz, direkt oder indirekt (nach vorheriger Wandlung von einem sog. Prokarzinogen in ein Karzinogen) Krebs auszulösen [OFD 1999]. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit praktisch synonym zu „kanzerogen“

LC: Letale Konzentration

LC₅₀: Letalkonzentration für 50 % der exponierten Versuchstiere bei einmaliger, zumeist inhalativer Exposition von bestimmter Dauer (meist 4 Stunden)

LC₀: Niedrigste publizierte letale Konzentration

LCt: Toxodosis oder „Haber'sches Tödlichkeitsprodukt“

LD: Letale Dosis

LD₅₀: Letaldosis für 50 % der damit vergifteten Menschen bzw. Versuchstiere

LD₀: Niedrigste publizierte letale Dosis

LOAEL-Wert: „Lowest Observed Adverse Effect Level“: niedrigste Dosis eines verabreichten chemischen Stoffes, bei der im Tierexperiment noch gesundheitsschädliche Effekte beobachtet wurden [OFD 1999]

Long ton: Britische Tonne, entspricht etwa 1.016 kg

Löslichkeit: Siehe „Wasserlöslichkeit“

LTEL: Siehe „WEL“

MAK-Wert: Maximal zulässige Arbeitsplatz-Konzentration: höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstaub in der Luft am Arbeitsplatz; beeinträchtigt die Gesundheit des Beschäftigten auch bei wiederholter und langfristiger Exposition nicht [OFD 1999]

Metabolisierung: Substanzumbau, Strukturveränderung, die durch körpereigene Stoffe hervorgerufen wird – Biotransformation [OFD 1999]

Mutagenität: Potenzial einer Substanz, Veränderungen der in der DNS gespeicherten Erbinformationen zu bewirken (erbgutschädigend). Dies kann sich in kleinsten Veränderungen in den chemischen Eigenschaften und in der Reihenfolge der Basen im DNS-Strang (Punktmutationen), mikroskopisch erkennbaren Veränderungen in der Anordnung der

Chromosomen (Chromosomenaberration) bis hin zu Abweichungen von der normalen Chromosomenanzahl (Genmutationen) äußern [OFD 1999].

NOAEL-Wert: „No Adverse Effects Level“-Wert: Richtwerte für chronische/subchronische Toxizität bei regelmäßiger Aufnahme von Schadstoffen; vergleichbar mit den RfD-Werten. Höchste Dosis eines verabreichten chemischen Stoffes, bei der im Tierexperiment keine erkennbare toxische Wirkung mehr festgestellt werden konnte [OFD 1999].

Ökotoxikologie: Aufdeckung und Aufklärung der Schadwirkungen von Stoffen auf Ökosysteme (Luft, Wasser, Boden, Pflanzen, Tiere) und deren Rückwirkung auf den Menschen (Feststellung der Art und Menge bzw. Konzentration von Schadstoffen, deren Ausbreitung und Persistenz, von Konzentrations/Wirkungs-Beziehungen, Festlegung von Emissions- und Immissionsgrenzwerten, Präventivmaßnahmen, Deponie- und Entgiftungsverfahren, Überwachungsregimes) [OFD 1999].

Pascal (Pa): Die SI-Einheit des Druckes ist das Pascal mit dem Einheitenzeichen Pa. 1 bar entspricht 100.000 Pa, 1.000 hPa, 100 kPa oder 0,1 MPa. Der atmosphärische Druck entspricht 1,013 bar, 1.013 mbar, 101.325 Pa, 101 kPa.

Persistenz: Unter Persistenz wird allgemein die Beständigkeit organischer Chemikalien in der Umwelt verstanden. Sie ist die Eigenschaft einer Substanz, die die Dauer ihres Verbleibs in einem Medium bestimmt, bevor sie physikalisch entfernt oder chemisch verändert wird. Als Maß der Persistenz einer Chemikalie kann die Schnelligkeit ihrer Mineralisierung herangezogen werden, d.h. die Geschwindigkeit des Abbaus zu CO, CO₂, NH₃, H₂O, HCl. [OFD 1999]

PNEC_{water}: „Predicted No Effect Concentration“; Richtwert für die aquatische Toxizität von Substanzen in aquatischen Ökosystemen. Die Ableitung der PNEC_{water} für den Pfad Boden-Grundwasser basiert auf den Vorgaben des neu überarbeiteten „Technical Guidance Document“ (TGD) der Europäischen Kommission. Bei diesem methodischen Vorgehen werden Konzentrationen für das aquatische Ökosystem bestimmt, unterhalb derer ein adverser Effekt auf dieses Schutzgut höchstwahrscheinlich nicht stattfindet. Diese Konzentration wird als „Predicted No Effect Concentration“ für das aquatische Ökosystem (PNEC_{water}) bezeichnet. Die Datenquelle zur Ableitung einer PNEC stellen experimentell ermittelte Effektkonzentrationen für verschiedene Spezies unterschiedlicher trophischer Ebenen nach kurzfristiger Exposition (L(E)C₅₀) und langfristiger Exposition (NOEC) dar. Der Basisdatensatz umfasst Fische, Daphnien, Algen und Bakterien. Für die Übertragung der Toxizitätsdaten auf das Ökosystem wird die niedrigste Effektkonzentration mit einem Ausgleichsfaktor („assessment factor“) versehen, deren Höhe (1 bis 1.000, in 5 verschiedenen Stufen) die jeweilige Datenlage widerspiegelt. [SCHNEIDER ET AL. 2005] (Begriffsbestimmung nahezu wörtlich übernommen)

RfC: Inhalative Referenzkonzentrationen für Betrachtungen der chronischen Toxizität; berechnet auf Basis der entsprechenden RfDs (nachfolgend erläutert)

RfD: Geschätzte chronische Aufnahmeschwellen bzw. Referenz-Dosen für Abbauprodukte chemischer Kampfstoffe

ROV: „Remotely Operated Vehicle“: bezeichnet im Gegensatz zu einem *AUV* (siehe entsprechende Erläuterung) ein ferngesteuertes Fahrzeug, das nicht autonom agieren kann, sondern auf kontinuierliche externe Steuereingriffe angewiesen ist.

STEL: Siehe „WEL“

Subaquatisch: Der Begriff subaquatisch bedeutet soviel wie „unter Wasser befindlich“ und bezieht sich im Kontext der vorliegenden Arbeit auf im Meer oder Süßwasser befindliche Kampfmittelaltlasten.

Subakut: Wiederholte Exposition bis zu 28 Tagen [OFD 1999]

Subchronisch: Wiederholte Exposition zwischen ein und drei Monaten [OFD 1999]

TC: Toxische Konzentration

TD: Toxische Dosis

tdw: „Tons dead weight“; bezeichnet die Netto-Tragfähigkeit eines Frachtschiffes auf Basis der Differenz zwischen der Wasserverdrängung des bis zur höchstzulässigen Lademarke belasteten Schiffes abzüglich seines Eigengewichtes

Teratogenität: Potenzial einer Substanz, beim Embryo Missbildungen hervorzurufen (fruchtschädigend). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden hier ggfs. auch Auswirkungen auf die grundsätzliche Fruchtbarkeit, Wachstum des Neugeborenen oder Totgeburt rate berücksichtigt.

Toxizität, akut: Lebewesen können im Rahmen einer Altlast einer oralen, dermalen oder inhalativen Aufnahme einem Schadstoff ausgesetzt sein. Für die LD₅₀ bzw. LC₅₀ Werte, also die Dosen bzw. Konzentrationen eines Schadstoffes, die für 50 % der darauf getesteten Tiere tödlich sind, gelten bei einer akuten, einmaligen Aufnahme folgende Toxizitätsschwellenwerte:

	<i>oral</i>	<i>inhalativ</i>	<i>dermal</i>
Hochtoxisch:	< 50 mg/kg;	< 50 mg/m ³ ;	< 200 mg/kg
Toxisch:	< 50-500 mg/kg;	< 50-500 mg/m ³ ;	< 200-500 mg/kg

Schadstoffe mit geringeren Toxizitätswerten (> 500 mg) gelten als mindertoxisch.

[TALMAGE ET AL. 2007]

Nach [MARTINETZ & RIPPEN 1996] können die Toxizitätsgrade für den Menschen hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen letalen Dosis (LD) bei oraler Exposition wie folgt unterteilt werden ⁽¹⁾:

¹ In der Quelle angegeben sind g, nicht g/kg Körpergewicht; zugrundegelegt sind wahrscheinlich 70 kg Körpergewicht

Extrem toxisch:	< / gleich 0,065 g	(entspräche etwa 0,93 mg/kg)
Hochtoxisch:	< / gleich 4 g	(entspräche etwa 57 mg/kg)
Mäßig toxisch:	< / gleich 30 g	(entspräche etwa 429 mg/kg)
Schwach toxisch:	< / gleich 250 g	(entspräche etwa 3.600 mg/kg)
Kaum toxisch:	< / gleich 1.000 g	(entspräche etwa 14.285 mg/kg)
Relativ harmlos:	> 1.000 g	

Toxizität, aquatisch: Bezüglich einer Bewertung der akuten Toxizität für aquatische Organismen gilt ein LC₅₀ von < 1 mg/l als hochtoxisch, während hinsichtlich der chronischen Toxizität ein LC₅₀ von < 0,1 mg/l als chronisch hochtoxisch angesehen wird [TALMAGE ET AL. 2007].

In [SCHÄFER 1992] wird die aquatische Toxizität über die EC₅₀ (48 h) bzw. LC₅₀ (96 h) folgendermaßen klassifiziert:

Mindertoxisch:	> 100 mg/l
Toxisch:	10 bis 100 mg/l
Sehr toxisch:	0,1 bis 10 mg/l
Hoch toxisch:	< 0,1 mg/l

Toxizität, chronisch: Die entsprechenden Werte für die chronische Toxizität eines Schadstoffes unter Berücksichtigung der vorangehend genannten Expositionsrouten und Kategorien liegen generell eine Größenordnung unter den angegebenen Werten der *akuten Toxizität* [TALMAGE ET AL. 2007].

TRK: Technische Richtkonzentration: Festlegung für krebserzeugende oder mutagene Arbeitsstoffe, weil für diese keine unbedenkliche Toleranzgrenze (MAK-Wert) begründet werden kann; maßgebend für die Höhe sind neben arbeitsmedizinischen Erfahrungen und toxikologischen Kenntnissen die technische Machbarkeit und die Möglichkeit der Überwachung [OFD 1999]

US EPA: „US Environmental Protection Agency“, (<http://www.epa.gov/>)

Wasserlöslichkeit: Für die ökotoxikologische Bewertung gilt laut [GISBAU 2008]:

Substanzen mit einer Wasserlöslichkeit < 10 mg/l sind schwer löslich
Substanzen mit einer Wasserlöslichkeit von 10 mg/l bis 1 g/l sind löslich
Substanzen mit einer Wasserlöslichkeit > 1 g/l sind gut löslich,

wobei laut [MARTINETZ & RIPPEN 1996] aus rein physikalisch/chemischer Sicht folgenden Abstufungen verwendet werden:

Sehr leicht löslich:	mehr als 1.000 g/l
Leicht löslich:	1.000 bis 100 g/l
Löslich:	100 bis 10 g/l
Schwer löslich:	10 bis 1 g/l
Sehr schwer löslich:	1 bis 0,1 g/l

Praktisch unlöslich: unter 0,1 g/l

WEL: „Workplace Exposure Limit“ der UK Health Protection Agency (<http://www.hpa.org.uk/>); vergleichbar mit deutschem MAK-Wert; unterscheidet LTEL (long-term exposure limit) mit 8 h Referenzzeitraum sowie STEL (short-term exposure limit) mit Referenzzeitraum von 15 min

WGK: Wassergefährdungsklasse (vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/wgs/index.htm>):

WGK 1: schwach wassergefährdend

WGK 2: wassergefährdend

WGK 3: stark wassergefährdend

1 Aufgabenstellung und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Im Rahmen der vorgelegten Dissertation wurden folgende Kernthemen bearbeitet, deren Aufgabenstellungen und Ergebnisse nachfolgend kurz dargestellt werden sollen:

- Eine Neubewertung des Status Quo bezüglich der Kampfmittelaltlasten in der Ostsee; insbesondere bezüglich der physikalischen, chemischen und toxikologischen Eigenschaften einiger Hauptvertreter der chemischen Kampfstoffe und konventionellen Kampfmittelinhaltsstoffe, die in gesonderten „Stoffdatenblättern“ für 30 Substanzen zusammengetragen und aufbereitet wurden. Zusätzlich sollten die Versenkungsaktivitäten bezüglich chemischer Kampfmittel im Großraum der Ostsee/des Skagerraks und resultierende Versenkungs- und Verdachtsgebiete gemäß dem heutigen Kenntnisstand neu beurteilt und in ihren Umfängen – auch geographisch – dargestellt werden.
- Auf Basis der vorangehenden Betrachtungen und neuer Erkenntnisse erfolgte eine Neubewertung des Gefährdungspotenzials chemischer und konventioneller Kampfmittelversenkungen. Dies umfasste u.a. die spezifischen Auswirkungen auf das marine Umfeld im Kontext einer subaquatischen Kampfmittelaltlast, aber auch mögliche Auswirkungen auf den Menschen sowie sicherheitstechnische Betrachtungen.
- Mögliche Handlungsszenarien bzw. Handlungszwänge hinsichtlich einer Sicherung und Sanierung entsprechender Versenkungsstellen sollten im Gesamtkontext aufgezeigt und diskutiert werden.
- Eine Betrachtung der rechtlichen Grundlagen im Bereich subaquatischer Kampfmittelaltlasten und entsprechender Verknüpfungen erfolgt – insbesondere mangels neuer Entwicklungen in den vergangenen Jahren – in dieser Arbeit nicht.
- Ergänzend zu den vorangehend genannten Aufgabenstellungen wurde das internetbasierende Softwaretool „FRATSAD“ erarbeitet, das erstmals eine Erstbewertung subaquatischer Kampfmittelaltlasten im Hinblick auf deren qualitative, quantitative aber auch rahmenbedingte Spezifika erlaubt. Es handelt sich hierbei um einen ersten Lösungsansatz ohne Anspruch auf eine umfassende Beurteilung der spezifisch betrachteten Altlast und ihrer Rahmenbedingungen, die so nur durch reale Detailuntersuchungen gewährleistet werden kann.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag klar auf den chemischen Kampfmittelaltlasten; die konventionellen Inhaltsstoffe wurden nur peripher berücksichtigt. Um eine möglichst umfassende – auch historische – Betrachtung der rüstungsspezifischen Altlastenproblematik in der Ostsee zu ermöglichen, wurde für die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angestellten Betrachtungen der Bereich des Skagerraks eingeschlossen.

Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der vorliegenden Dissertation:

Auch nach intensiven Recherchen und Auswertungen des aktuellen Kenntnisstandes über chemische Kampfmittelaltlasten in der Ostsee ist eine umfassende, abschließende Bewertung praktisch unmöglich, in vielen Themengebieten aufgrund signifikanter Mängel an verfügbaren Informationen teilweise nur indikativ möglich. Nachfolgend werden die Ergebnisse zu den wichtigsten Fragestellungen der vorgelegten Dissertation kurz zusammengefasst:

Charakteristika der versenkten chemischen und konventionellen Kampfmittel

Im Rahmen der stofflichen Betrachtungen der wichtigsten chemischen und konventionellen Kampfmittelinhaltsstoffe zeichnet sich allgemein folgendes Bild ab:

Im Bereich der chemischen Kampfstoffe:

- Hinsichtlich der akuten Toxizität ergaben sich kaum wesentliche Abweichungen von Angaben und Einschätzungen der bisher veröffentlichten Studien; einige „Lücken“ konnten durch neuere Forschungsergebnisse teilweise geschlossen oder zumindest ergänzt werden. Von den betrachteten 21 Substanzen/Gemischen sind 16 (also 76 %) in ihrer akuten Toxizität als hochtoxisch oder sogar extrem toxisch einzuschätzen.
- Die Mehrzahl dieser Substanzen (15 Substanzen und somit 71 % der Gesamtzahl) unterliegen dem Verdacht auf kanzerogene, mutagene und/oder teratogene Wirkungen oder haben diese Wirkungen nachweislich. Dieses Potenzial basiert oftmals auf erst in jüngster Zeit verfügbaren Literaturquellen, ältere Veröffentlichungen schätzen dieses Potenzial meist erheblich geringer ein. Zudem werden bisherige „Nichteinstufungen“ in entsprechende Gefährdungsklassen – aufgrund fehlender Untersuchungen/medizinischer Studien – oftmals in Publikationen als eine diesbezüglich nicht bestehende Toxizität interpretiert, was unzutreffend ist.
- Das Bioakkumulationspotenzial unterliegt auch in aktuellen Literaturangaben erheblichen Schwankungen. Dennoch haben zehn Substanzen (und somit 48 %), oftmals auf Basis ihrer arsenhaltigen Abbau- und Hydrolyseprodukte, ein als signifikant anzusehendes Bioakkumulationspotenzial. Acht Substanzen (38 %) sind arsenhaltig und resultieren in arsenhaltigen Abbau- und Hydrolyseprodukten. Entsprechend signifikante Anreicherungen in der Nahrungskette und eine resultierende Gefährdung des Endkonsumenten Mensch ist nur in Einzelfällen belegt, vielfach allerdings zumindest indiziert.
- Hinsichtlich der aquatischen Toxizität der betrachteten Substanzen sind viele ältere Annahmen und Aussagen zu relativieren: Alle 21 Substanzen aus dem Bereich der chemischen Kampfstoffe sind gefährliche oder sehr gefährliche Wasserschadstoffe mit einer teilweise sehr hohen Toxizität für marine Organismen. Schädigungen von- bzw. ein signifikantes Schädigungspotenzial für z.B. Fischgründe konnten u.a. aufgrund der chronischen Toxizität der Substanzen in aktuellen Studien belegt oder zumindest stark indiziert werden.

- Zehn Substanzen (und somit praktisch die Hälfte der Gesamtzahl) besitzen aufgrund ihrer hohen Wasserlöslichkeit und nur langsamen oder sogar sehr langsamen Hydrolysegeschwindigkeit – in Abhängigkeit spezifischer Verdünnungsmechanismen – ein signifikantes Potenzial zur Ausbildung einer zumindest mittelfristig persistenten Kontaminationsfahne. Diese Kontaminationsfahne ist – aufgrund ihrer meist laminaren, nur wenige Meter mächtigen Schichtung über dem Meeresboden – eher bezüglich dort befindlichen marinen Organismen von Relevanz; eine akute Gefährdung des Menschen ist eher unwahrscheinlich.
- Gerade hinsichtlich des natürlichen Abbaus chemischer Kampfstoffe, insbesondere deren Hydrolyseverhalten, sind ältere Aussagen bezüglich des angeblich raschen und unschädlichen Abbaus vieler Substanzen nach aktuellem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht aufrecht zu erhalten. Ein „Paradebeispiel“ hierfür ist Phosgen oder Diphosgen (Perstoff), das in fast allen bisherigen Studien im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten als in Sekundenbruchteilen oder zumindest binnen weniger Sekunden über seine Hydrolyseeigenschaften als abbaubar und völlig unproblematisch gilt. Dass diese Hydrolyseeigenschaften auf optimierten Laborbedingungen basieren und so in der Realität nicht- oder nicht einmal im Ansatz erreicht werden, wird oftmals nicht berücksichtigt bzw. gesagt. Veröffentlichungen über die „Pfützenbildung“ von – aufgrund des Umgebungsdrucks ab zehn Metern Wassertiefe flüssig vorliegendem – Phosgen liegen erst seit entsprechenden Untersuchungen des Britischen Verteidigungsministeriums im Jahre 2007 vor. Ähnliches gilt für eine Vielzahl anderer Substanzen, deren Gefährdungspotenzial-Beurteilung im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten in vorangegangenen Studien – trotz damaliger oder auch noch aktuell vorhandener, erheblicher Informationsdefizite – mehr als überrascht.

Im Bereich der – nur peripher betrachteten – konventionellen Kampfmittelaltlasten zeigt sich, dass:

- alle fünf betrachteten Substanzen im Verdacht stehen, kanzerogene, mutagene oder teratogene Wirkungen zu haben, oder sie haben diese Wirkungen bewiesenermaßen.
- eine der Substanzen (nämlich Phosphor) zudem ein signifikantes Bioakkumulationspotenzial aufweist.
- alle fünf Substanzen gefährliche Wasserschadstoffe darstellen.

Somit kann abschließend gesagt werden, dass bisherige Veröffentlichungen seitens ihrer Aussagen über die Toxizität chemischer und konventioneller Kampfmittelaltlasten oftmals stark zu relativieren sind. Der aktualisierte Informationsstand zeichnet ein meist deutlich problematischeres Bild, wenngleich nach wie vor ein teilweise noch erheblicher Forschungsbedarf bezüglich der Charakteristika der betrachteten Substanzen – insbesondere im marinen/subaquatischen Bereich – besteht.

Versenkte Kampfmittel, qualitative und quantitative Aussagen

Die bisher in der verfügbaren, als belastbar anzusehenden Literatur aufgezeigten Mengen an im Bereich des Skagerrak sowie der eigentlichen Ostsee versenkten chemischen Kampfmittel umfassen auf Basis der Recherchen und Ausarbeitungen in der vorliegenden Arbeit aller Wahrscheinlichkeit nach nur die absolute Untergrenze der tatsächlich anzunehmenden Kampfmittelmengen. Diesbezügliche qualitative Aussagen über enthaltene Kampfstoffe können, wie nachfolgend ausgeführt, allenfalls als orientierend betrachtet werden.

Hinsichtlich einer qualitativen Aussage sind die einzelnen Versenkungsgebiete tendenziell spezifisch zu betrachten, diesbezügliche Aussagen basieren oft auf Augenzeugenberichten und beziehen sich auf die sichtbare Kennzeichnung der Kampfmittel (z.B. „Gelbkreuz“). Hier sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine signifikanten neuen Erkenntnisse erarbeitet worden. Tendenziell ist davon auszugehen, dass sogenannte „Spitzenkampfstoffe“ wie Sarin – soweit als solche erkennbar – eher zu Forschungszwecken sowie zur Erweiterung der eigenen Arsenale in die Länder der Siegermächte transportiert wurden und wohl nur in Ausnahmefällen (z.B. im Falle von Leckagen etc.) versenkt wurden.

Wichtig ist bezüglich qualitativer Aussagen zu versenkten Kampfmitteln grundsätzlich allerdings, dass a) chemische Kampfmittel in den letzten Kriegsmonaten anscheinend oftmals nicht oder vorsätzlich falsch gekennzeichnet wurden und b) alle ausgewiesenen konventionellen Versenkungsgebiete potenziell auch chemische Kampfmittel enthalten können, was insbesondere bei der deutschen Verfahrensweise der Kennzeichnung der Versenkungsstellen zu berücksichtigen ist.

Bezüglich des Skagerraks gibt es große Unklarheiten, wie viele Schiffe dort versenkt und ob, oder mit welchen Kampfmitteln diese beladen waren. Verfügbare Literaturquellen sprechen von etwa 40 bis 60 Schiffen, die im Großbereich „Skagerrak“ versenkt wurden, im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten alleine 74 Schiffe namentlich mit recht hoher Wahrscheinlichkeit den Versenkungsaktivitäten im Skagerrak zugeordnet werden. Über die nicht gelisteten, „namenlosen“ Zement- und Holzrümpfe, die insbesondere bei amerikanischen Versenkungen nach Literaturangaben ebenfalls zum Einsatz kamen, gibt es keinerlei Informationen. Zudem gibt es – wie in dieser Arbeit dargestellt – erhebliche Zweifel an den sogenannten „ship-only“ Versenkungen der Tripartite Naval Commission. Diese Schiffe waren – entgegen der ursprünglichen Aussagen der ausführenden Nationen – sehr wahrscheinlich teilweise, wahrscheinlich größtenteils doch mit chemischen und konventionellen Kampfmitteln beladen. Es erscheint rückblickend schlichtweg nicht nachvollziehbar, warum man einerseits händeringend nach Schiffen bzw. Ladekapazitäten für Kampfmittelversenkungen suchte und diese teilweise in der Privatwirtschaft „akquirierte“, wenn andererseits große Marineschiffe ohnehin im Rahmen der Entwaffnung Nachkriegsdeutschlands versenkt, jedoch aber zumindest offiziell nicht auch mit Kampfmitteln beladen wurden.

Hinsichtlich der Versenkungsaktivitäten in der Ostsee selbst sind Hinweise auf über die bisherigen Literaturangaben hinausgehende, wesentliche Kampfmittelmengen – insbesondere was chemische Kampfmittel angeht – weniger deutlich bzw. teilweise hochspekulativ. Letzteres

gilt gerade für die russischen Versenkungsaktivitäten nach 1948, die bis in die späten 1980er Jahre andauert haben sollen. Die russischen Bestände – hierfür gibt es auch auf Basis der im Rahmen der vorliegenden Arbeit gemachten Ausführungen recht deutliche Indizien – lagen aller Wahrscheinlichkeit nach weitaus über den „offiziellen“ Zahlen. Da allerdings – im Verhältnis zum ursprünglich anzunehmenden Bestand an chemischen Kampfmitteln und Kampfstoffen – nur recht geringe Mengen im Rahmen des CWÜ deklariert wurden, die zudem wohl aus politischen Gründen in etwa denen der amerikanischen Deklarierungen angepasst wurden, müssen in den vergangenen Dekaden massiv Kampfmittel und Kampfstoffe vernichtet bzw. beseitigt worden sein. Hinsichtlich einer Gewichtung der landbasierten gegenüber der versenkungsbasierten Aktivitäten lässt sich keine belastbare Aussage treffen, die Versenkung im Meer dürfte aber – wie auch unmittelbar nach dem Krieg – mit erheblich geringerem Aufwand und einer erheblich geringeren Gefährdung des ausführenden Personals verbunden gewesen sein und somit überwiegen. Ob diese Versenkungen in signifikantem Umfang in der Ostsee stattfanden, lässt sich nicht belegen. Nach Einschätzung des Autors fanden diese Versenkungen aber – soweit überhaupt realisiert – tendenziell in den an Russland angrenzenden Nordmeeren statt. Alleine aufgrund der zu unterstellenden Überwachungsmaßnahmen im Zuge des Kalten Krieges sowie der grundsätzlichen Sensibilität durch die zahlreichen Anrainer an der Ostsee, waren diese dort wohl leichter zu realisieren. Dennoch dürften hinsichtlich möglicher Nachversenkungen die im „Baltic Sea Ordnance Pilot“ (BOP 2000) aufgeführten nördlichen Versenkungs- und Verdachtsgebiete im Bottnischen, Finnischen und Rigaischen Meerbusen von Interesse sein.

Lokalisierung von Versenkungsstellen und Ausbreitung der Kampfmittel

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde erstmals eine erweiterte Listung der aus bisher nicht ohne Weiteres frei zugänglichen Literaturquellen, wie den so genannten Jäckel-Berichten sowie dem „Baltic Sea Ordnance Pilot“ (BOP), hervorgehenden Versenkungsstellen in der Ostsee erarbeitet. Die hieraus hervorgehenden Versenkungs-, Warn- und Verdachtsgebiete umfassen – etwas simplifiziert – fast flächendeckend den gesamten Ostseeraum. Bezüglich qualitativer Aussagen besteht – wie bereits vorangehend ausgeführt – ein erheblicher Zweifel an bisher nur als rein konventionell ausgewiesenen Kampfmittelversenkungsgebieten.

Bezüglich der grundsätzlichen Verteilung von Kampfmitteln auf dem Meeresboden der Ostsee repräsentiert vielleicht die Schleppnetzfisherei der letzten sechs Jahrzehnte den wichtigsten „Transportfaktor“ für eine heute fast als ubiquitär anzunehmende Verteilung von Kampfmitteln gleich welcher Gattung in der Ostsee. Die Verdriftung größerer Kampfmittelkörper wie Bomben oder großen Granaten ist aufgrund der meist recht geringen Strömungsgeschwindigkeiten in der Kernostsee eher als eingeschränkt zu betrachten, wobei den starken Tidenströmungen, den periodischen Salzwassereinbrüchen sowie der Brandung im unmittelbaren Küstenbereich eine Sonderstellung zukommen. Hier haben Ereignisse in der Vergangenheit und Gegenwart gezeigt, dass auch sehr große Kampfmittelkörper – wenn wie auch immer in den Küstenbereich gelangt – dort praktisch beliebig transportiert und an die Strände angeschwemmt werden können. Die vielfache Argumentation, dass insbesondere die chemischen

Kampfmittel in den Tiefengebieten der Ostsee liegen und dort, aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten, auch blieben, ist nicht nachvollziehbar: Seit über einem halben Jahrhundert verschleppt der Fischfang – und das ist keine Schuldzuweisung – praktisch kontinuierlich Kampfmittel aus diesen Tiefengebieten. Wenn entsprechende Funde in den aufgeholten Netzen gesichtet und meist rückversenkt werden, sind diese Trawler oftmals Kilometer weit von den ursprünglichen Versenkungsstellen entfernt. Zudem belegen Berichte über die damalige Versenkungspraxis, dass a) die genaue Position während der eigentlichen Versenkungsaktivitäten nicht bekannt oder durch driftende Schiffe während der oft mehrstündigen Versenkungsaktivitäten überhaupt nicht zu halten war und b) Kampfmittel in Körben und sonstigen Transportgefäßen aus Holz selbst oftmals kilometerweit verdrifteten, bevor sie zu sinken begannen.

In diesem Kontext ist auch der Faktor des „en route dumping“, also des Versenkens von Kampfmitteln bereits auf der Fahrt zu den eigentlichen, offiziell ausgewiesenen Versenkungsgebieten, nicht zu unterschätzen. Laut Augenzeugenberichten beteiligter Schiffsbesatzungen begannen diese Versenkungen oftmals praktisch unmittelbar nach dem Auslaufen aus den deutschen Heimathäfen, die eigentlichen Versenkungsgebiete wurden – basierend auf Überprüfungen der realen Fahrtzeiten – oftmals nie erreicht. Aussagen von betreffenden Behörden und Institutionen, eigene Küsten- oder Hoheitsgewässer wären kategorisch frei von chemischen Kampfmitteln, sind nicht nachvollziehbar. Selbst eigens durchgeführte Untersuchungen in deutschen Ostseeküstenbereichen zum Thema „en route dumping“ und einer daraus resultierenden Aussage über eine Kampfmittelbelastung sind, obwohl oftmals anders dargestellt, diesbezüglich letztendlich nicht aussagekräftig.

Gerne übersehen wird bezüglich der Transportmechanismen und der oft nur auf die Kampfmittel fokussierende Diskussion die zunehmende Relevanz der durch die Korrosion bereits freigesetzten Kampfstoffe, also Fälle, in denen nicht mehr intakte Kampfmittelkörper samt Inhalt sondern nur noch die Inhaltsstoffe bzw. Partikel dieser Inhaltsstoffe durch Strömungen transportiert werden müssen: Ein brisantes Beispiel sind hierbei die kontinuierlichen Anschwemmungen von Phosphor aus Brandbomben oder anderen, phosphorhaltigen Kampfmitteln an deutschen Küsten, die in den letzten Jahrzehnten zu etwa 20 Zwischenfällen mit teilweise schweren Brandverletzungen bei betroffenen Personen geführt haben. Weitaus problematischer ist hierbei zukünftig aber wohl das mengenanteilig bei weitem am meisten versenkte Senfgas und verwandte Mischungen: es bildet durch die einsetzende Hydrolyse eine lederartige „Außenhaut“ aus Hydrolyseprodukten, enthaltenen Verdickungsmitteln und sonstigen Beimischungen, die nicht nur die Hydrolyse praktisch völlig stoppt, sondern im Kern dieser „Bälle“ oder „Klumpen“ vollaktives Senfgas über Dekaden vor externen Einflüssen schützen kann. Diese Senfgasklumpen werden teilweise durch Sandanhaftungen nochmals gegen entsprechende Einflüsse des umgebenden Meerwassers geschützt, durch die Strömungseinwirkungen tendenziell rundlich „geformt“ und sind nun aufgrund ihrer recht geringen Dichte und Form – in Abhängigkeit ihrer Größe – praktisch beliebig auf dem Meeresboden transportierbar. Aufgrund der fortschreitenden Korrosionsprozesse und der resultierenden Freisetzung von Kampfstoffen (insbesondere Senfgas), die laut entsprechender Studien in den kommenden Jahren und Jahrzehnten erst ihr Maximum erreicht haben wird, werden sich Zwi-

schenfälle mit diesen Senfgasklumpen nicht nur in der Fischerei häufen. Es ist zu befürchten, dass diese Klumpen – wie bereits in den 1960er und 1970er Jahren an der schwedischen und polnischen Küste geschehen – vermehrt auch an Küsten der anderen Ostseeanrainer angeschwemmt werden. Dort angelangt, entfaltet der nicht umgewandelte Senfgaskern nach mechanischer Einwirkung auf die Schutzummantelung z.B. durch Darauftreten oder Verdampfen bei sommerlichen Temperaturen, seine volle Wirkung als Kampfstoff.

Abschließend ist zu sagen, dass praktisch im gesamten Ostseeraum von der Präsenz zumindest vereinzelter konventioneller und chemischer Kampfmittel sowie deren ausgeschwemmter Inhaltsstoffe am oder im Meeresboden ausgegangen werden muss. Die Problematik der ausgeschwemmten Inhaltsstoffe – insbesondere von arsenhaltigen Kampfstoffen aber gerade auch im Falle von Senfgas – wird in den kommenden Jahren aufgrund der durch die Korrosion zeitversetzten Mechanismen zunehmen und gerade bezüglich der Senfgasproblematik potenziell über viele Jahrzehnte eine signifikante und zudem wohl zunehmende Gefährdung im gesamten Ostseeraum darstellen.

Weitere Gefährdungspotenziale durch versenkte Kampfmittel

Die Brisanz subaquatischer Kampfmittelaltlasten nimmt aufgrund der immer umfangreicheren Informationen über die Auswirkungen der Inhaltsstoffe, die fortschreitenden Korrosions- und Freisetzungprozesse, aber auch im gesamtheitlichen Kontext zu. Entsprechende Gefährdungspotenziale durch kontinuierliche Schadstoffeinträge und die potenzielle Ausbildung von Kontaminationsfahnen mit signifikanten Konzentrationen an Kampfmittelinhaltsstoffen sowie mögliche Einbindungen und Anreicherungseffekte der Substanzen in der Nahrungskette wurden aufgezeigt und diskutiert.

Eine Gefährdung durch ein schlagartiges Freiwerden großer Mengen an Kampfmittelinhaltsstoffen, einem „sudden release“, ist – basierend auf den „normalen“ Freisetzungsmechanismen über die fortschreitende Korrosion – grundsätzlich eher unwahrscheinlich. Allerdings kann ein solcher sudden release durch unbeabsichtigte mechanische Beanspruchung (wie z.B. im Zusammenhang einer Leitungsverlegung auf dem Meeresboden, bei Selbstdetonation oder einer Beanspruchung durch verhakte Fischfangnetze denkbar) und einer eventuellen Zündung ganzer „Kampfmittelnester“ – wie bereits im Kontext von in situ Vernichtungssprengungen konventioneller Kampfmittel geschehen – verursacht werden. So scheint ein solches Ereignis nach Einschätzung des Autors viel eher wahrscheinlich als durch ein zielgerichtetes Sanieren von Hot Spots. Im Zuge dieser Sanierung könnten aktuell in Erprobung befindliche Technologien, wie z.B. das in situ Wasserstrahlschneiden, Roboter, ROV's und AUV's eingesetzt werden, die mögliche Zwischenfälle und Risiken für sonst einzusetzende Taucher drastisch reduzieren können.

Eine mögliche Gefährdung durch den Kontakt mit Kampfmitteln und ihrer Inhalte sind im kommerziellen und privaten Bereich im Sektor Fischfang und u.a. bezüglich Strandbesuchern praktisch seit Ende des Zweiten Weltkriegs belegt und werden aufgrund der zunehmenden Freisetzungsrates von Kampfmittelinhaltsstoffen und insbesondere der enthaltenen Kampfstoffe in den kommenden Jahrzehnten zunehmen. Die beobachteten Selbstdetonationen sind zu-

dem ein weiterer Unsicherheitsfaktor, auch hinsichtlich möglicher Kettenreaktionen und resultierender, schlagartiger Freisetzung eventuell erheblicher Mengen an Inhaltsstoffen.

Die Zugänglichkeit zu Kampfmitteln und in ihnen enthaltenen Kampfstoffen im Kontext terroristisch motivierter Aktivitäten ist ein in Deutschland zumindest öffentlich kaum diskutierter Themenbereich. Kampfstoffe sind gerade für diametrale Angriffe bzw. terroristische Aktivitäten – wie in der Vergangenheit gezeigt – grundsätzlich ideal geeignet und massenwirksam. Der Zugriff ist bei Versenkungsgebieten mit Wassertiefen ab 5 bis 10 m zumindest theoretisch sehr leicht möglich, auch wenn es derzeit keine publizierten Hinweise auf entsprechende Beschaffungen und spätere Anschläge gibt. Sicherheitsdienstliche Hinweise indizieren aber zumindest die Möglichkeit, dass sich entsprechende Gruppen durchaus mit Tauchgängen zu Versenkungsgebieten beschäftigen könnten.

Erstbewertung durch FRATSAD

Das im Rahmen der vorgelegten Dissertation erarbeitete Erstbewertungswerkzeug für subaquatische Kampfmittelaltlasten ermöglicht erstmals eine orientierende Einordnung der stofflichen Charakteristika versenkter Kampfmittelinhaltsstoffe in ihrem spezifischen marinen Umfeld. Des Weiteren stellt FRATSAD auch Laien bzw. Interessierten umfangreiche Informationen in Form von Datenblättern zu Kampfmitteln und Kampfmittelinhaltsstoffen in aufbereiteter Form zur freien Verfügung. FRATSAD kann keine reale Detailuntersuchung einer gegebenen subaquatischen Kampfmittelaltlast ersetzen, ermöglicht aber eine erste Einschätzung und einen Informationsgehalt zu den gegebenen Spezifika, der so bisher nicht zur Verfügung stand.

2 Einleitung

Subaquatische – also unter Wasser befindliche – konventionelle und chemische Kampfmittelaltlasten sind kein ostseespezifisches Phänomen. Sie sind vielmehr weltweit in fast allen Meeren wie z.B. der Nordsee, dem Atlantik, dem Mittelmeer, aber auch dem Pazifik und Indischen Ozean und ebenso vielen Binnengewässern zu finden. Solche eben nicht landgebundene sondern sich im oder unter Wasser befindliche Kampfmittelaltlasten entstanden hauptsächlich nach den beiden Weltkriegen, als es galt, riesige Überschüsse an konventionellen aber auch chemischen Arsenalen mit überschaubarem zeitlichen, infrastrukturellen aber auch finanziellen Aufwand in Form von gezielten Versenkungen zu „vernichten“. Adäquate Vernichtungstechnologien wie die heutigen thermischen Verfahren oder Detonationskammern waren zu der damaligen Zeit technologisch nicht verfügbar, Fragen des Umweltschutzes – wenn überhaupt – zweitrangig. Andererseits entstanden diese Altlasten neben gezielten Versenkungsaktivitäten unter anderem auch durch Fehlbombardierungen oder entstehen bis heute im Zusammenhang mit Militärmanövern und Munitionserprobungsgebieten und daraus resultierenden Blindgängern oder schlichtweg durch verlorengegangene Kampfmittel.

In den letzten Jahren tritt nun gerade der Aspekt des Umweltschutzes bzw. treten toxikologische und ökotoxikologische, aber auch umfassende sicherheitstechnische Fragestellungen immer mehr in den Vordergrund. Dies zeigen ganz deutlich – nach Jahrzehnten der „Ruhe“ – u.a. große internationale Konferenzen in Lüneburg ⁽²⁾, Berlin ⁽³⁾, Halifax (Canada) ⁽⁴⁾ und Vilnius (Litauen) ⁽⁵⁾ in den vergangenen drei Jahren, sowie eine Expertenanhörung der Sonderkommission für Sicherheit und Verteidigung des Europäischen Parlamentes im Frühjahr 2009 ⁽⁶⁾. Der Druck aus der Bevölkerung, und somit auch in der Politik, steigt rund um den Globus. Aktuelle Fragestellungen fokussieren auf eine Möglichkeit, die Kampfmittel zu bergen und adäquat zu vernichten, aber auch darauf, wie stark die in den Kampfmitteln enthaltenen Substanzen und ihre Abbauprodukte die aquatische Flora und Fauna schädigen oder sogar in die Nahrungskette gelangen können.

Im Kontext dieser Fragestellungen soll im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit eine Neubewertung des Status Quo bezüglich der Kampfmittelaltlasten in der Ostsee, ihres Gefährdungspotenzials sowie möglicher Handlungsszenarien hinsichtlich einer Sicherung und Sanierung vorgelegt werden. Diese Neubewertung basiert einerseits auf erst seit jüngster Zeit zugänglichen Dokumenten, die in den vergangenen Jahrzehnten strikter Geheimhaltung unterlagen oder zumindest der Öffentlichkeit vorenthalten wurden, andererseits aber auch auf neuen Erkenntnissen aus den relevanten Wissenschaftsbereichen. Eine Betrachtung der rechtlichen Grundlagen im Bereich subaquatischer Kampfmittelaltlasten und entsprechender Verknüpfungen erfolgt – insbesondere mangels neuer Entwicklungen in den vergangenen Jahren – in dieser Arbeit nicht.

² „9th International Chemical Weapons Demilitarisation Conference – CWD 2006“, 15.-18.05.2006 in Lüneburg.

³ Internationales Symposium „Ökologische Situation der Ost- und Nordsee“, 30./31.03.2007 in Berlin.

⁴ „First International Conference of Chemical and Conventional Munitions Dumped at Sea“, 09./10.10.2007 in Halifax (Canada).

⁵ „International Seminar on Sea-Dumped Chemical Weapons“, 30.09.-01.10.2008 in Vilnius, Litauen.

⁶ „Workshop on Seadumped Chemical Weapons“, 16.03.2009 in Brüssel, Belgien.

Ergänzend zu den vorangehend bearbeiteten Aufgabenstellungen erlaubt das ebenso erarbeitete internetbasierende Softwaretool „FRATSAD“ erstmals eine Erstbewertung subaquatischer Kampfmittelaltlasten im Hinblick auf deren qualitative, quantitative aber auch rahmenbedingte Spezifika. Es handelt sich hierbei um einen ersten Lösungsansatz ohne Anspruch auf eine umfassende Beurteilung der spezifisch betrachteten Altlast und ihrer Rahmenbedingungen, die so nur durch reale Detailuntersuchungen gewährleistet werden kann.

Der Fokus der Arbeit liegt klar auf den chemischen Kampfmittelaltlasten; die konventionellen Inhaltsstoffe werden in diesem Kontext mit betrachtet. Um eine möglichst umfassende Betrachtung der rüstungsspezifischen Altlastenproblematik in der Ostsee zu ermöglichen, wurde für die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angestellten Betrachtungen der Bereich des Skagerraks als Übergangsgebiet zwischen Ost- und Nordsee, aber auch als einzig signifikante Wasseraustauschzone eingeschlossen.

Die vorliegende Arbeit und enthaltene Dokumente stehen unter anderem auf der Internetseite www.marc-koch.net unter „Promotion“ sowie in der „Digitalen Bibliothek“ der Leuphana Universität Lüneburg (<http://www.leuphana.de/bibliothek/digitale-bibliothek.html> bzw. <http://opus.uni-lueneburg.de>) zum Download zur Verfügung.

3 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit basiert grundsätzlich auf vorhandenen Daten, Unterlagen und allgemein zugänglicher Literatur, die im Rahmen des laufenden Promotionsvorhabens recherchiert wurden. Neben diesen Quellen wurde gerade zur Erstellung der Stoffdatenblätter auf nationale und internationale – teilweise bisher nicht öffentliche – internetbasierende Datenbanken zurückgegriffen. In dieser Form ist zudem erstmals eine Auswertung bisher nur sehr eingeschränkt zugänglicher Dokumente im Kontext der historischen Aufarbeitung der damaligen Versenkungen und ihrer Konsequenzen wie den sogenannten „Jäckel-Berichten“ ([JÄCKEL 1969] und [JÄCKEL 1971]) oder des „Baltic Sea Ordnance Pilot (BOP)“ [BOP 2000] möglich. Zudem wurden durch das Englische Verteidigungsministerium umfangreiche Unterlagen bezüglich der von England nach dem Zweiten Weltkrieg realisierten Versenkungen sowie damit verbundener Forschungsergebnisse zur Verfügung gestellt (u.a. [MOD UK 1993], [MOD UK 2004] sowie [MOD UK 2006], [LIVINGSTON 2007]). Allerdings sei darauf hingewiesen, dass aufgrund der „Inneren und Äußeren Sicherheit“ sowie teilweise diplomatischer Hintergründe nicht alle vorliegenden Erkenntnisse und Daten, die dem Verfasser vorliegen, im Rahmen dieser Arbeit publiziert werden konnten. Die Verwendung der aus dem Jahre 2000 stammenden Fassung des „Baltic Sea Ordnance Pilot“ geschah in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) sowie unter Einbeziehung des Führungsstabes der Deutschen Marine im Bundesministerium der Verteidigung.

Bezüglich der Erarbeitung des internetbasierenden Erstbewertungstools für subaquatische Kampfmittelaltlasten (engl. Titel: „First Risk Assessment Tool for Subaquatic Ammunition Dumpsites“, kurz „FRATSAD“) konnte nur sehr beschränkt auf bereits vorliegende Literatur oder bestehende Lösungsansätze zurückgegriffen werden, da ein solcher Ansatz zwar in der konventionellen – landbasierenden – Altlastensanierung mittlerweile zum technologischen „State of the Art“ gehört, mit einem subaquatischen Lösungsansatz im Rahmen der vorliegenden Arbeit allerdings Neuland beschritten wurde.

Hinsichtlich der geographischen Abgrenzung bzw. Mitberücksichtigung des Skagerraks im Rahmen dieser eigentlich ostseespezifischen Arbeit ist zu sagen, dass im Gesamtkontext eine Auslassung der im Skagerrak unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg realisierten massiven Versenkungen nicht als sinnvoll erscheint und diese Region gerade hinsichtlich des Frischwasserzuflusses in die Ostsee von entscheidender Bedeutung ist. Im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb der Skagerrak unter die Begrifflichkeit „Ostsee“ subsumiert, entsprechende Angaben zu spezifischen Versenkungen oder sonstige Aussagen hinsichtlich dieser Region sind aber explizit als solche ausgewiesen und somit vom Restgebiet der eigentlichen Ostsee klar unterscheidbar.

Ebenso werden in der vorliegenden Arbeit neben den chemischen Kampfstoffen – auf denen der grundsätzliche Fokus liegt – auch die konventionellen Kampfmittel und Kampfmittelinhaltsstoffe mit betrachtet. Dies ist nicht nur auf Basis der enormen Mengen an konventionellen Kampfmitteln, die in der Ostsee versenkt wurden, unumgänglich, sondern basiert unter anderem auf dem Umstand, dass in chemischen Kampfmitteln eben auch konventionelle Bestandteile z.B. in Form von Zündern und Treibladungen enthalten sind und diese in entspre-

chenden spezifischen Auswirkungen u.a. in toxikologischer und ökotoxikologischer Hinsicht relevant sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit war eine eindeutige begriffliche Trennung zwischen „Russland“ und der damaligen „Sowjetunion“ (inklusive der enthaltenen Teilrepubliken) nicht immer möglich, da in vielen Quellen diese Zuordnungen synonym ohne Berücksichtigung der geschichtlichen Gegebenheiten ⁽⁷⁾ gebraucht wurden und auch oftmals eine nachträgliche Einordnung nicht mehr möglich war. Im Sinne dieser Arbeit – die nicht auf eine klare urheberbasierende Darstellung z.B. von Versenkungsaktivitäten mit eindeutiger Trennung Russland/Sowjetunion abzielt – ist dies allerdings nicht von signifikanter Relevanz.

Der geplante Bau der „North European Gas Pipeline“ (NEGP) der Nord Stream AG warf im Vorfeld – aber insbesondere während der Erarbeitung dieser Arbeit zu subaquatischen Kampfmittelaltlasten in der Ostsee – national und international eine Vielzahl diesbezüglicher Fragen und Problemstellungen auf. Im Zuge der Planung und Genehmigung genannter Pipeline wurden u.a. seitens der Nord Stream AG sehr umfangreiche Untersuchungen der späteren Verlegungsstrasse auch bezüglich der durch die Pipeline gekreuzten bzw. gestreiften Versenkungsgebiete für chemische und konventionelle Kampfmittel unternommen, deren offizielle Untersuchungsberichte allerdings erst im Februar bzw. Juli 2009 veröffentlicht wurden und somit im Rahmen des regulären Bearbeitungszeitraumes der vorliegenden Arbeit nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Die in der Dissertation gemachten, allgemeingültigen Ausführungen und Erarbeitungen sind aber dennoch nach wie vor in vollem Umfang zutreffend und können leicht mit relevanten Fragestellungen im Rahmen des Baus und späteren Betriebs der NEGP in einen Kontext gesetzt werden – auch ohne einen vorliegenden, direkten Vergleich mit den Inhalten und Aussagen der genannten Untersuchungsberichte.

Während der Erstellung der vorliegenden Arbeit und den damit einhergehenden Auswertungen von Literaturquellen konnten oftmals offensichtliche Unschärfen, fehlerhafte Angaben und Verwechslungen festgestellt werden. Beispielhaft sei hier auf eine oftmals auftretende Nichtunterscheidung zwischen „Kampfmitteln“ und „Kampfstoffen“ sowie offensichtliche Fehlinterpretation angestellter Untersuchungen im Kontext der „en route Problematik“ hingewiesen. Eine namentliche Nennung der betroffenen Quellen, Institutionen oder öffentlicher Stellen erfolgte auch aus rechtlichen Beweggründen im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht. Die vorliegende Arbeit fokussiert auf eine möglichst objektive Bestandsaufnahme verfügbarer Informationen und deren Interpretation, von „Schuldzuweisungen“ oder unangemessener Kritik jeglicher Art wird abgesehen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass Kapitel 4 „Historischer Rückblick und Einführung in die Thematik“ mit seinen Unterkapiteln im Kontext der vorliegenden Arbeit in etwa den derzeitigen Stand der Wissenschaft bzw. frei verfügbaren Informationen darstellt. Hier werden zunächst detailliert Angaben aus verfügbaren Literaturquellen gegenübergestellt und später diskutiert. Bei den daran anschließenden Kapiteln handelt es sich um neue, teilweise bisher

⁷ 12. Juni 1990: Souveränitätserklärung der Russischen Sozialistischen Föderativen Sowjetrepublik („Russland“); Auflösung der „Sowjetunion“ am 25.12.1991 [AA 2008]

unveröffentlichte Erkenntnisse und Informationen bzw. Ausarbeitungen des Autors der vorliegenden Arbeit.

4 Historischer Rückblick und Einführung in die Thematik

4.1 Zur Geschichte der chemischen Kampfstoffe bis nach dem Zweiten Weltkrieg

Chemische Kampfstoffe bzw. die in ihrer Reizwirkung optimierten aber weniger toxischen chemischen Reizstoffe sind keine Erfindung der Neuzeit, sondern fanden in ihren Ursprungsformen bereits in der Antike ihren Einsatz [STÖHR ET AL. 1977]. Es handelte sich hierbei zunächst viel mehr um Giftstoffe zur Nahrungsmittel- und Trinkwasservergiftung sowie bereits entdeckte Brandmittel mit teilweise giftigen und Würgereiz hervorrufenden Dämpfen zur Vertreibung oder zum Kampfunfähigmachen des Gegners. Dennoch ist eine direkte Parallele zu den chemischen Reiz- und Kampfstoffen der Neuzeit unmittelbar gegeben. Erste literarische Hinweise gehen auf ein römisches Militärhandbuch des Sextus Julius Africanus um 230 n. C. zurück, in dem er detailliert die Anwendung von Giften und Brandmitteln („griechisches Feuer“) im Krieg erläutert oder die „Taktika“ des byzantinischen Kaisers Leo III. Isaurus (717 – 741) [GARTZ 2003].

Nach entsprechenden Weiterentwicklungen im Mittelalter und anschließenden Jahrhunderten, in denen sich die militärtechnischen Entwicklungen vielmehr auf die Explosivstoffe und u.a. ihren Einsatz in Form von Artillerie- und Schützenwaffen konzentrierte, erlebte die Kampfstoffforschung zunächst Ende des 18., Anfang des 19. Jahrhunderts ihren bisherigen Höhepunkt, basierend auf der sich mehr und mehr entwickelnden systematischen chemischen Forschung und den damit einhergehenden zunehmenden Erkenntnissen über Reiz- und Giftwirkungen neu entdeckter Substanzen. [GARTZ 2003]

Im 19. Jahrhundert empfehlen dann Chemiker und Apotheker erstmals den Einsatz von mit Blausäure oder arsenorganischen Verbindungen gefüllten Geschossen und regen ebenso „Blasangriffe“ mit Rauch und Schwefeldioxid an. Der offizielle Beginn des Einsatzes chemischer Kampfmittel – vorausgegangene, sporadische Einsätze von Reizstoffen durch Frankreich und Deutschland im Rahmen des Ersten Weltkrieges waren in ihrer Wirkung unbedeutend (vgl. u.a. [GELLERMANN 1986]) – wird auf den 22. April 1915 datiert, als deutsche Pioniere nahe der belgischen Stadt Ypern zum ersten Mal etwa 150 Tonnen Chlor im Rahmen eines sogenannten „Blasangriffs“⁽⁸⁾ gegen französische und britische Stellungen einsetzten. Die Auswirkungen waren verheerend hinsichtlich der Opferzahlen (diese sind bis heute unklar, man geht von 7.000 – 15.000 Vergifteten und 3.000 – 5.000 Toten aus), kriegstechnisch jedoch ein großer Erfolg: binnen einer Stunde konnte der gesamte Frontabschnitt auf sechs Kilometer Breite geöffnet und durch deutsche Truppen eingenommen werden. [MARTINETZ 1996]

Der sich recht schnell einstellende kriegstechnische „Erfolg“ des Einsatzes der ersten chemischen Reiz- und Kampfstoffe resultiert in einem praktisch beispiellosen Forschungsaufwand und damit einhergehenden Wettrüsten der kriegsbeteiligten Länder. Hauptmotivation auf der

⁸ Unter einem Blasangriff versteht man das gezielte Ablassen eines (toxischen) Gases an einem Frontabschnitt. Das entweichende Gas bildet eine Gaswolke, die dann in Abhängigkeit der Wetterbedingungen vor Ort über die gegnerischen Stellungen driftet.

deutschen Seite – und des hier tätigen Kopfes der deutschen Kampfstoffforschung Prof. Fritz Haber (1868 – 1934) – ist, eine Lösung für die prekäre deutsche Rohstoffsituation zu finden und die Suche nach einem Mittel gegen eben diese problematische Situation noch verstärken, enorm materialintensiven Stellungengefichte und Flächenbeschüsse des Ersten Weltkrieges. Diese Stellungengefichte – das wochen- und teilweise monatelange Eingraben beider Seiten in völlig festgefahrenen Frontabschnitten – verlangten mit ihren mehrere Stockwerke umfassenden Verteidigungsanlagen nach enormen Aufwendungen hinsichtlich konventioneller Sprengstoffe und Kampfmittel („Trommelfeuer“), wollte man den Gegner bzw. die generischen Stellungen bezwingen. Diese Kriegstaktik führte sehr schnell zu einer immer deutlicher werdenden Munitionskrise Deutschlands. Fritz Haber wird hierzu im Rahmen eines nach dem Ersten Weltkrieg gehaltenen Vortrags vor Reichswehroffizieren am 11. November 1920 zitiert: *„Der Vorteil der Gasmunition kommt im Stellungskriege zu besonderer Entfaltung, weil der Gaskampfstoff hinter jeden Erdwall und in jede Höhle dringt, wo der fliegende Eisensplitter keinen Zutritt findet“* (in [MARTINETZ 1996]).

Begünstigend für dieses Wettforschen und Wettrüsten sind unter anderem folgende Begebenheiten:

- Alfred Nobel entwickelt bereits 1864 die Initialzündung träger Sprengstoffe, es kommt zur militärischen Einführung des 2,4,6-Trinitrotoluol (kurz „TNT“), und erstmals ist die flächige Verteilung eines Kampfstoffes über eine Explosionswirkung auf dem Schlachtfeld möglich.
- Das 1884 entwickelte Verfahren zur Chloralkali-Elektrolyse macht eine Bereitstellung von Chlor in industriellen Mengen möglich.
- Das 1895 entwickelte Lindeverfahren zur Luftverflüssigung ermöglicht erstmals eine effiziente Speicherung nun verflüssigter Gase ⁽⁹⁾.
- Die Leistungsfähigkeit der deutschen chemischen Industrie ist zu dieser Zeit überragend: 1913 hat die deutsche Farbenindustrie einen Anteil von 85,9 % an der Weltproduktion chemischer Erzeugnisse (zum Vergleich Großbritannien 2,5 %, die Vereinigten Staaten 1,8 %, Frankreich 0,6 %) ([MAYNARD 2007] sowie [MARTINETZ 1996]).

Es kommt in den ersten Kriegsjahren bereits zur systematischen Erprobung Hunderter von Substanzen. Letztlich sind Fritz Haber am Kaiser-Wilhelm-Institut für die intensiverte Grundlagenforschung und Herstellung von Kampfstoffen etwa 150 Wissenschaftler und 1.500 bis 2.000 Hilfskräfte (insgesamt etwa 1.000 Akademiker) unterstellt, darunter zahlreiche Nobelpreisträger. Die alliierte Forschung versucht Schritt zu halten, ist aber aufgrund des Forschungsvorsprungs der deutschen Chemie erst gegen Kriegsende konkurrenzfähig [MARTINETZ 1996]. Der ausgelöste internationale Rüstungswettlauf hängt im Ersten Weltkrieg entscheidend von den Forschungsergebnissen der Haber'schen Institute und Abteilungen ab. Der sich ergebende akute Handlungsdruck wirkt massiv auf die Organisation der For-

⁹ Der deutsche Chemiker Rudolf Theophil Knietsch (1854-1906) entwickelte 1888 die technische Chlorverflüssigung [MARTINETZ 1996B]. Das Linde-Verfahren ermöglichte später dann u.a. die großmaßstäbliche Verflüssigung von Gasen und Gasgemischen.

schung zurück und wandelt die bisher eher autarken Beziehungen zwischen Wissenschaft, Militär und Industrie nachhaltig [SCHMALTZ 2005].

Die Entwicklungen im Ersten Weltkrieg sind rasant, Granatangriffe lösen recht bald die allzu wetterabhängigen Blasangriffe ab. Die toxische Wirkung der nun entwickelten Kampfstoffe bis hin zur direkten Tötung, aber auch die den jeweiligen Rahmenbedingungen angepassten Charakteristika der Kampfstoffe (u.a. Sesshaftigkeit im Gelände, Einsatz auch bei Frost, Mischung unterschiedlicher Kampfstoffe) und das sog. „Buntschießen“⁽¹⁰⁾ gewinnen immer mehr an Bedeutung. Zeitgleich werden auf allen kriegsbeteiligten Seiten auch entsprechende Schutzmaßnahmen wie die ersten primitiven Atemschutze und späteren Gasmasken entwickelt. Diese ziehen aber in der Folge wiederum noch toxischere Kampfstoffe nach sich, um eben diese, sich nunmehr bietenden Schutzwirkungen aufzuheben.

Am Ende des Ersten Weltkrieges wird die Zahl der durch chemische Kampfstoffe geschädigten Soldaten auf über eine Million und die der davon Getöteten auf etwa 65.000 geschätzt, was weniger als 1 % der etwa 10 Millionen Gefallenen entspricht [GROEHLER 1987], andere Quellen rechnen mit 70- bis 90.000 Toten (z.B. [MARTINETZ 1996] oder [PRENTISS 1937]).

Rechtlich ist der Einsatz der chemischen Kampfmittel im Ersten Weltkrieg bis heute umstritten, wenngleich viele Völkerrechtler in ihrem Einsatz keinen Bruch der sogenannten Haager Landkriegsordnung ([HLKO 1907], basierend auf den Ergebnissen der beiden Haager Konferenzen vom 29. Juli 1899 und 1. Oktober 1907) und dem relevanten Passus sehen, der eben nur den Einsatz solcher Geschosse untersagt *„deren einziger Zweck es ist, erstickende oder giftige Gase zu verbreiten“*. Kombiniert mit der Explosivwirkung einer Granate war dies eben nicht gegeben. Ebenso lässt sich der ebenfalls relevante Passus *„unnötige Leiden“* hinsichtlich des militärischen Erfolgs und der damit einhergehenden Verkürzung der eigentlichen Kampfhandlungen interpretieren. Diese Ansicht teilten laut einer entsprechenden Befragung nach dem Ersten Weltkrieg auch in breitem Konsens 3.500 befragte amerikanische Physiker, die dem Giftgas ein geringeres Leidenspotenzial sowohl während des unmittelbaren Ausgesetztseins als auch hinsichtlich der Nachwirkungen gegenüber den konventionellen Kampfmitteln zusprachen [MAYNARD 2007]. Verglichen mit den entsetzlichen Verwundungen sowie der Berücksichtigung der Tötungsrate konventioneller Kampfmittel gelangt auch [PRENTISS 1937] unmittelbar vor Beginn des Zweiten Weltkrieges bezüglich der „Humanität des chemischen Krieges“ zum Schluss, dass die chemische Kriegsführung nicht nur eine der effizientesten Wege ist zu töten, sondern auch die humanste Kriegsmethode ist, die bisher vom Menschen ersonnen wurde.

Im Mai 1925 wird dann die Haager Landkriegsordnung durch das Genfer Gaskriegsprotokoll abgelöst. Dieses nimmt am 17. Juni 1925 die Bestimmung auf, dass *„der Gebrauch von erstickenden, giftigen und ähnlichen Gasen, Flüssigkeiten, festen Stoffen und Verfahrensarten...“*

¹⁰ Unter „Buntschießen“, „Buntkreuzschießen“ oder dem „Anlegen bunter Räume“ versteht man den zeitgleichen oder unmittelbar folgenden Verschuß mehrerer unterschiedlicher Kampfstoffe. Hierbei wurde z.B. der sog. „Maskenbrecher“ Clark I dazu genutzt, den Soldaten durch eine unerträgliche Reiz- und Brechreizwirkung zur Abnahme seiner Atemschutzmaske zu zwingen und somit ungeschützt dem mitverschossenen zweiten Kampfstoff (z.B. ein Lungenkampfstoff) ausgesetzt zu sein (vgl. z.B. [GELLERMANN 1986] oder [HAHN 1992]).

sowie der Gebrauch von bakteriologischen Mitteln in zukünftigen Kriegen verboten ist.“, ächtet letztendlich aber nur die Erstanwendung von Massenvernichtungsmitteln; die Erforschung, Herstellung und Lagerung blieb unberührt [GENPRO 1925]. Von den 44 teilnehmenden Staaten hatten bis 1935 38 das Protokoll unterzeichnet (unter anderem D, ITA, F, UK, RUS), Japan ratifiziert das Protokoll erst 1970 [GARTZ 2003], die USA sogar erst 1975 [MAYNARD 2007].

Im Dezember 1935 setzt Italien unter klarem Bruch des Genfer Abkommens mit verheerenden Folgen Phosgen und Senfgas in Abessinien (Äthiopien) ein [GELLERMANN 1986], [MAYNARD 2007]. Die durch die Folgen des Einsatzes der Kampfstoffe Getöteten werden auf etwa 250.000 geschätzt. Die hieraus resultierende Verunsicherung und diplomatischen Entwicklungen beschleunigen das weltweite Wettrüsten bezüglich chemischer Kampfstoffe weiterhin. Ab April 1938 kommt es zum großmaßstäblichen Einsatz chemischer Kampfstoffe durch Japan gegen China (über 800 Einsätze). [GARTZ 2003]

Die Kampfstoffforschung in Deutschland läuft auch nach dem Ersten Weltkrieg – ungeachtet des im Versailler Vertrag Art. 171 festgelegten Forschungsverbots über chemische Kampfstoffe – zumindest im Geheimen in den Jahren 1923 bis 1933 zwischen Reichswehr und Roter Armee weiter und resultiert auch im Zeitraum 1925 bis 1931 in jährlich stattfindenden Konferenzen mit Beteiligung entsprechender Anstalten, Ämter, Hochschulen und sonstiger Institutionen. Ab 1933 werden die diesbezüglichen Forschungstätigkeiten an den nun umstrukturierten und reorganisierten Kaiser-Wilhelm-Instituten in Zusammenarbeit mit der IG Farbenindustrie als Hauptakteur der Wirtschaft wieder offiziell aufgenommen, auch wenn Fritz Haber – selber Jude – 1933 u.a. aufgrund der antisemitischen Entwicklungen innerhalb Deutschlands und des KWI sowie seinem erzwungenen Rücktritt als dessen Direktor ins Schweizer Exil auswandert, wo er nur ein Jahr später stirbt. [KRAUSE & MALLORY 1993], [SCHMALTZ 2005]

Der Fokus der Forschung liegt nach wie vor auf weitergehenden chemischen und physikalischen Untersuchungen, toxikologischen Spezifika und generellen Modifikationen von weiter- und neuentwickelten Kampfstoffen und Kampfstoffgemischen sowie einer intensivierten Gaschutz- und Antigasschutzforschung (vgl. hierzu auch [GELLERMANN 1986]). Gerade letztere Forschungsschwerpunkte werden mehr als zuvor auch unter Zuhilfenahme freiwilliger und unfreiwilliger menschlicher Versuchsobjekte (Soldaten der Wehrmacht, aber auch Gefangene und Insassen von Konzentrationslagern) vorangetrieben ⁽¹¹⁾. Die „bahnbrechenden“ Entwicklungen des Zweiten Weltkrieges liegen im Bereich der chemischen Kampfstoffe nun unter anderem in der Weiterentwicklung des 1916 entwickelten und am 12./13. Juli 1917 erstmals in der Nähe von Ypern eingesetzten Königs der Kampfstoffe „Senfgas“ ⁽¹²⁾ sowie in der Ent-

¹¹ Fritz Haber und Max Bauer (als Verbindungsmann zwischen Militär und deutscher Industrie agierender Major) wurden im Januar 1915 bei einer Art Selbstversuch in einer Chlorgaswolke fast getötet [MARTINETZ 1996]; Tests von Kampfstoffen und neu entdeckten Substanzen an sich selbst oder „Freiwilligen“ waren auch bei anderen Nationen durchaus verbreitet (vgl. z.B. [ANGERER 1985], [KRAUSE & MALLORY 1993] oder [SIDELL 2007]).

¹² Die ebenfalls für Senfgas gebräuchlichen Bezeichnungen „Lost“ sowie „Yperit“ basieren bei ersterem auf der Benennung nach den beiden Chemikern Lommel und Steinkopf, die 1916 Senfgas erstmals getestet hatten sowie bei „Yperit“ nach dem Ersteinsetzort des Senfgases in der Nähe des belgischen Ortes Ypern, wo im April 1915 auch der erste deutsche Chlorgasangriff stattfand.

wicklung der extrem toxischen Nervengase Tabun (Dezember 1936), Sarin (Dezember 1938) und Soman (Juli 1944). [SCHMALTZ 2005]

Im Rahmen des Zweiten Weltkrieges kommt es letztendlich weder auf deutscher Seite noch in Europa im Allgemeinen zu einem belegten Einsatz chemischer Kampfstoffe [MAYNARD 2007]⁽¹³⁾, obwohl diese qualitativ und quantitativ in nie da gewesener Weise praktisch allen kriegsbeteiligten Parteien zur Verfügung stehen. Gerade die Gründe für den Nichteinsatz chemischer Kampfstoffe auf deutscher Seite – und insbesondere in den letzten Kriegsjahren – sind sehr umstritten und werden in der Literatur meist auf folgende Kernpunkte zurückgeführt (vgl. hierzu u.a. [GELLERMANN 1986], [KRAUSE & MALLORY 1993], [MARTINETZ 1996], [SCHMALTZ 2005] sowie [MAYNARD 2007]):

- Eine unzureichende militärische und zivile Gasschutzvorbereitung im Falle eines alliierten Gegenschlages nach erfolgtem deutschem Erstschlag hätte die Wehrmachtsführung eventuell innerhalb kürzester Zeit zur Kapitulation gezwungen.
- Die deutsche Blitzkrieg-Strategie, die hohe Beweglichkeit der eingesetzten Panzerkolonnen und die damit verbundenen großen Raumgewinne standen einer Schaffung unbetretbarer Räume z.B. durch den Einsatz sesshafter Kampfstoffe wie Senfgas diametral entgegen.
- Gerade in der Defensivphase der Wehrmacht – also zu einem Zeitpunkt, an dem bei Rückzugsgefechten durchaus die Schaffung unbetretbarer Räume strategisch sinnvoll gewesen wäre – bestanden insbesondere an der Ostfront erhebliche logistische Probleme.
- Oftmals werden in der Literatur auch die persönlichen Erfahrungen Hitlers als Senfgasverletzter im Ersten Weltkrieg (vgl. [HITLER 1935]) als Argument gegen einen späteren Einsatz von Kampfstoffen im Zweiten Weltkrieg angeführt.

Nichtsdestotrotz wurde der Einsatz chemischer Kampfstoffe mehrfach geprüft und auch durch einflussreiche Befürworter mehrfach empfohlen. Entsprechende Argumentationen setzten sich aber bis Kriegsende nicht im Oberkommando der Wehrmacht (OKW) durch. Dennoch hielt sich das OKW bis zum Schluss die Option eines Nervengaseinsatzes offen. Insbesondere das hochwirksame Tabun galt als „Mittel der allerletzten Entscheidung“. [SCHMALTZ 2005]

Der Nichteinsatz der immensen Mengen an deutschen und alliierten konventionellen und chemischen Kampfmitteln führte unmittelbar nach der deutschen Kapitulation zu enormen Problemen hinsichtlich der Vernichtung dieser Überschussarsenale, was letztendlich zu den bereits stattfindenden Versenkungsaktivitäten der Wehrmacht in den letzten Kriegsmonaten, aber hauptsächlich zu den sehr aufwendigen und umfangreichen Versenkungsaktionen der USA, Großbritanniens und Russlands führte. Eben diese Versenkungen und ihre Konsequenzen stehen im Fokus der nachfolgenden Ausführungen und Erarbeitungen.

¹³ [KRAUSE & MALLORY 1993] erwähnen u.a. kleinere Scharmützel mit Zwischenfällen im polnischen Jaslo, bei denen in geringem Umfang chemische Kampfstoffe gegen deutsche Soldaten eingesetzt worden sein sollen.

„Man hat seit dem Weltkrieg manches Wort über die Humanität des Gaskrieges gehört: Wer jemals einen Gaskranken in dem beschriebenen Stadium des Höhepunktes des Lungenödems gesehen hat, der muß, wenn er noch einen Funken von Menschlichkeit besitzt, verstummen“

(Prof. Otto Munsch, Oberarzt der Deutschen Wehrmacht (in [MARTINETZ 1996]))

„In no future war will military be able to ignore poison gas. It is a higher form of killing“⁽¹⁴⁾

(Prof. Fritz Haber, 1919 (in [MAYNARD 2007]))

¹⁴ Ins Deutsche übersetzt: „In keinem zukünftigen Krieg wird das Militär in der Lage sein Giftgas zu ignorieren. Es ist eine höhere Form des Tötens“.

4.2 Produktion chemischer Kampfstoffe im Ersten und Zweiten Weltkrieg

Grundsätzlich können die chemischen Kampfstoffe basierend auf ihren spezifischen Hauptangriffspunkten in entsprechende Gruppen unterteilt werden. Hierbei ist aber zu beachten, dass diese nachfolgende Systematisierung nur auf die Hauptangriffspunkte der jeweiligen Kampfstoffe fokussiert, nicht aber das eigentliche, gesamtheitliche Wirkungsspektrum berücksichtigt. So können z.B. auch Vertreter der eher als „harmlos“ angesehenen Augenreizstoffe in entsprechenden Konzentrationen schwerwiegende Folgen für Lunge und Haut sowie innere Organe und das Zentralnervensystem haben oder sich sogar als kanzerogen erweisen. [MARTINETZ & RIPPEN 1996]

Die chemischen Kampfstoffe können demnach folgendermaßen untergliedert werden:

- Augenreizstoffe: Kennzeichnung ⁽¹⁵⁾ Weißkreuz/Weißring; umfasst die sog. Lakrimogene, Lakrimatoren, (auch „Tränengase“ genannt); Hauptvertreter z.B. Chloracetophenon
- Blutgifte
- Hautgifte: Kennzeichnung Gelbkreuz/Gelbring; Hauptvertreter u.a. die Gruppe der Loste (z.B. Senfgas) sowie Ethylarsindichlorid (Dick)
- Lungengifte: Kennzeichnung Grünkreuz/Grünring; Hauptvertreter z.B. Chlorpikrin, Phosgen/Diphosgen, Diphenylarsinchlorid (Clark I)
- Nasen- und Rachenreizstoffe: Kennzeichnung Blaukreuz/Blauring; umfasst die sog. Sternuatoren (auch „Maskenbrecher“ ⁽¹⁶⁾ genannt); Hauptvertreter z.B. Diphenylarsincyand (Clark II), Phenarsazinchlorid (Adamsit) sowie Arsinöl und Phenylarsindichlorid (Pfiffikus)
- sowie Nervengifte: Hauptvertreter z.B. Tabun, Sarin und Soman

4.2.1 Die Produktion chemischer Kampfstoffe im Ersten Weltkrieg

Als die wichtigsten deutschen Kampfstoffe des ersten Weltkrieges sind nach [MARTINETZ 1996] Bis(chlormethyl)ether, Bis(brommethyl)ether, Bromaceton, Brommethylethylketon, Chlor, Chlorpikrin, Dichlordiethylsulfid (Senfgas), Diphenylarsinchlorid (Clark I), Diphenylarsincyand (Clark II), Diphosgen, Ethylarsindichlorid (Dick), Phenylcarbylaminchlorid, Phosgen und Xylylbromid zu betrachten.

Eine gesicherte Einschätzung der durch die kriegsbeteiligten Länder im Ersten Weltkrieg produzierten Mengen an chemischen Kampfstoffen ist nur sehr schwer möglich. Die hierzu in der Literatur verfügbaren Angaben variieren in Abhängigkeit der Autoren, ihren möglicherweise

¹⁵ Die Kennzeichnung erfolgte im Ersten Weltkrieg mit einem entsprechenden Farbkreuz, im Zweiten Weltkrieg mit einem Farbring [MARTINETZ & RIPPEN 1996].

¹⁶ Der Begriff „Maskenbrecher“ basiert auf der filterdurchdringenden Wirkung dieser Kampfstoffe. Aufgrund der enormen Reizwirkung und dem praktisch unmittelbar einsetzenden Erbrechen wurde der Soldat zum Absetzen seiner Gasmaske gezwungen und war nunmehr ungeschützt (vgl. u.a. [SCHMALTZ 2005]).

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

zu unterstellenden Intentionen sowie durch eventuelle Doppelnennungen ⁽¹⁷⁾ teilweise erheblich, wie nachfolgende Tabelle 1 zeigt:

Tabelle 1: Kampfstoffproduktion kriegsbeteiligter Länder während des Ersten Weltkriegs

Produzent	Produzierte Kampfstoffe (in Tonnen)			Eingesetzte Kampfstoffe (in Tonnen)
	nach [PRENTISS 1937]	nach [SIPRI 1971]; korrigiert (*)	nach F. Haber (**) (in [MARTINETZ 1996])	nach [PRENTISS 1937]
Deutschland	68.100	52.900	99.500	57.600
Frankreich	36.955	26.300	38.400	28.850
Großbritannien	25.735	14.400	31.100	15.700
USA	6.215	1.000	7.200	1.100
Russland	3.650	4.700	-	5.200
Österreich/Ungarn	5.245	7.900	-	8.800
Italien	4.100	6.300	-	6.950
Gesamt	150.000	113.500	176.200	124.200

(*) die ursprünglichen Angaben enthalten Rechenfehler; die Angaben wurden durch [MARTINETZ 1996] entsprechend korrigiert

(**) Angaben berücksichtigen nur die Produktion von Chlor, Phosgen, Diphosgen, Senfgas, Chlorkipkrin sowie Blausäure(mischungen)

Hinsichtlich einer qualitativen Aussage gestaltet sich die Auswertung der vorhandenen Literaturangaben ebenfalls recht schwierig. Fritz Haber, der spätere Direktor des „Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie“ (KWI) in Berlin und „Kopf“ der deutschen Kampfstoffforschung und -entwicklung, gibt diesbezüglich folgende Informationen:

Tabelle 2: Qualitative/quantitative Darstellung der Kampfstoffproduktion kriegsbeteiligter Länder im 1. WK nach F. Haber in [MARTINETZ 1996]

Produzent	Produzierte Kampfstoffe (in Tonnen)						Summe
	Blausäure ^(*)	Chlor ^(**)	Chlorkipkrin	Phosgen	Diphosgen	Senfgas	(in Tonnen)
Deutschland	-	58.100	4.100	18.100	11.600	7.600	99.500
Frankreich	7.700	12.500	500	15.700	-	2.000	38.400
Großbritannien	400	20.800	8.000	1.400	-	500	31.100
USA	-	2.400	2.500	1.400	-	900	7.200
Gesamt	8.100	93.800	15.100	36.600	11.600	11.000	176.200

(*) Frankreich: einschließlich des als Vincennite bezeichneten Gemischs aus Blausäure und Arsenrichlorid

(**) Deutschland: ohne 34.500 t Chlor, die bei Griesheim-Elektron (Bitterfeld) produziert wurden, da Chlor auch für andere Produktionsverfahren diente

Demnach produzierte Deutschland im Ersten Weltkrieg fast 57 % der insgesamt hergestellten Menge an chemischen Kampfstoffen, Frankreich etwa 22 %, Großbritannien etwa 18 % und die USA nur etwa 4 % ⁽¹⁸⁾. Auch hier ergeben sich – wie bereits angesprochen – in Abhängigkeit der verwendeten Quellen teilweise erhebliche Abweichungen. Laut [GUIR 1997] stellt sich die spezifische Produktion an chemischen Kampfstoffen in Frankreich und Deutschland wie in Tabelle 3 aufgezeigt dar. Die Angaben basieren laut genanntem Autor auf bis dahin unveröffentlichtem Datenmaterial des Französischen Innenministeriums:

¹⁷ Laut [MARTINETZ 1996] ist eine Festlegung der von 1915 bis 1918 produzierten Kampfstoffmengen besonders hinsichtlich des oftmals als Vorprodukt für andere Kampfstoffe produzierten Chlors problematisch, eventuelle Doppelnennungen sind somit also nicht auszuschließen.

¹⁸ Die 100 % übersteigende Summe ergibt sich aus den aufgerundeten Einzelwerten.

Tabelle 3: Spezifische Mengen an durch Frankreich und Deutschland produzierten Kampfstoffen im 1. WK [GUIR 1997]

Kampfstoff	Menge an Kampfstoff produziert in Frankreich (in Tonnen)	Menge an Kampfstoff produziert in Deutschland (in Tonnen)
<i>Arsenrichlorid</i>	2.710	-
<i>Bromaceton</i>	481	-
<i>Chlor</i>	23.900	38.600
<i>Chlorpikrin</i>	493	7.130
<i>Clark I</i>	-	4.200
<i>Diphosgen</i>	-	12.700
<i>Phosgen</i>	15.800	10.700
<i>Senfgas</i>	1.968	9.000
<i>Andere (*)</i>	8.650	-
Gesamt	54.002	82.330

(*): Acrolein 183 t; Titaniumtetrachlorid 191 t; Vincennite 4.160 t; Zinntetrachlorid 4.116 t

Durch Frankreich wurden im Ersten Weltkrieg etwa 16 Millionen chemische Kampfstoffgeschosse verschossen, Deutschland feuerte etwa 33 Mio., Großbritannien etwa vier Mio. und die USA etwa eine Million Geschosse ab [GUIR 1997].

Abschließend kann gesagt werden, dass im Ersten Weltkrieg wahrscheinlich mindestens 150.000 t an chemischen Kampfstoffen produziert wurden, von denen etwa 125.000 t – also ungefähr 83 % – auch in Kriegshandlungen zur Anwendung kamen (vgl. [PRENTISS 1937]). Bezüglich einer qualitativen Aussage stellt Chlor mit etwa 53 % Anteil an der produzierten Gesamtmenge chemischer Kampfstoffe mit Abstand den am meisten hergestellten Kampfstoff dar, gefolgt von Phosgen (knapp 21 %) und Chlorpikrin mit nicht ganz 9 % Anteil an der produzierten Gesamtmenge⁽¹⁹⁾.

Der genaue Verbleib der mehr als 25.000 t nicht eingesetzter chemischer Kampfstoffe ist bis heute nicht umfassend geklärt. Unmittelbar nach dem Waffenstillstand am 11. November 1918 war allerdings grundsätzlich auch die Beseitigung von Munition von den früheren Schlachtfeldern von höchster Dringlichkeit. Aufgrund des enormen Anteils an Blindgängern von etwa 30 % – was alleine mehr als 16 Millionen chemischer Kampfmittelgeschosse entspräche⁽²⁰⁾ – waren insbesondere die lange und hart umkämpften Frontabschnitte geradezu übersät von nicht explodierter Munition [ZANDERS 1997]. Hinzu kamen noch die zurückgelassenen konventionellen und chemischen Kampfmitteldepots der sich zurückziehenden deutschen Einheiten (vgl. u.a. [OSTC 2002]). Auf den generellen Umgang mit den konventionellen und chemischen Kampfmittelarsenalen und deren Verbleib nach den Weltkriegen wird eingehend in Kapitel 4.3 eingegangen.

¹⁹ Die Prozentangaben basieren auf den in Tabelle 2 enthaltenen Angaben Fritz Habers.

²⁰ Die Angabe basiert auf einer Umrechnung der vorangehenden Verschusszahlen von [GUIR 1997].

4.2.2 Die Produktion chemischer Kampfstoffe im Zweiten Weltkrieg

Die Produktion und Erprobung chemischer Kampfstoffe wurde durch Deutschland – entgegen eines entsprechenden Verbotes im Versailler Vertrag – bereits 1923 (vergl. [APPLER 1997] sowie [SCHMALTZ 2005]) im Rahmen streng geheimer Aktivitäten wieder aufgenommen. Aufgrund der gebotenen Geheimhaltung waren entsprechende Experimente auf deutschem Boden unmöglich und wurden durch ein Abkommen mit Russland 1927 auf Testgelände in der Nähe der Wolga sowie südlich Moskaus verlegt, mussten aber nach Machtergreifung der Nationalsozialistischen Partei 1933 aufgrund Uneinigkeiten mit russischen Behörden eingestellt werden [APPLER 1997]. Weitere Details zur Kampfstoffforschung im Zweiten Weltkrieg finden sich in Kapitel 4.1 der hier vorliegenden Arbeit.

Laut [APPLER 1997] war der Umfang der Produktion an chemischen Kampfstoffen vor der NS-Machtergreifung vernachlässigbar und vielmehr die Produktion konventioneller Kampfmittel prioritär. Im März 1936 umfasste der deutsche Bestand an chemischen Kampfstoffen nur 300 t Chloracetophenon sowie 700 t Thiodiglykol (Oxol), einem Vorprodukt zur Herstellung von Senfgas; weitere 300 t an Thiodiglykol waren in Produktion, und die Industrie war grundsätzlich in der Lage, die Kampfstoffe Clark I, Clark II und Perstoff (Diphosgen) zu produzieren [APPLER 1997]. Die erst im März 1945 eingestellte Produktion an chemischen Kampfstoffen stieg trotz teilweise erheblicher Rohstoffknappheit auch aufgrund neuer Syntheseverfahren und wachsendem Druck der Militärischen Führung in den Folgejahren stark an und fokussierte neben einer stark erhöhten Produktion an Senfgas und verwandter Lose unter anderem auch auf die Nervengase Tabun, Sarin und das erst im Juli 1944 entdeckte, aber wohl bis Ende des Zweiten Weltkrieges nur im Labormaßstab produzierte Soman [SCHMALTZ 2005].

Ähnlich der Problematik einer abschließenden Einschätzung der Produktionsmengen an chemischen Kampfstoffen im Ersten Weltkrieg, gestaltet sich die Auswertung für den Zweiten Weltkrieg aus ähnlichen Gründen, aber insbesondere auf Basis der im Herbst 1944 durch das Oberkommando der Wehrmacht angeordneten systematischen Vernichtung von Unterlagen bezüglich Forschung, Entwicklung und Produktion chemischer Kampfstoffe [SCHMALTZ 2005], ebenfalls schwierig. Viele der heute vorliegenden Angaben basieren auf Vernehmungen deutscher Kampfstoffexperten durch alliierte Geheimdienste in der Nachkriegszeit oder oftmals intentionell gefärbten Aussagen entsprechender deutscher aber auch internationaler Institutionen. Die nachfolgende Tabelle 4 versucht, einen Überblick über die anzunehmenden Produktionsumfänge Deutschlands bis zur Einstellung der deutschen Kampfstoffproduktion im März 1945 [SCHMALTZ 2005] zu geben, sowie eine daraus resultierende, denkbare Maximalmenge an Kampfstoffen aufzuzeigen:

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 4: Vergleich von Produktionsmengen chemischer Kampfstoffe im Zweiten Weltkrieg

Kampfstoff	Produzierte Kampfstoffe (in Tonnen)			Maximale Produktionsmenge (in Tonnen; auf Basis der vorangehenden Angaben)
	nach [APPLER 1997]	nach [ANGERER 1985]	nach [HAHN 1992]	
Adamsit	3.900	3.000	4.576	4.576
Arsinöl	7.500	7.000	6.145	7.500
Chloracetophenon	7.133	7.000	4.766	7.133
Clark I	1.500	1.000	1.991	1.991
Clark II	100	-	-	-
Diphosgen	-	-	5.167	-
Phosgen	5.900	5.000	-	5.900
Senfgas	27.597	24.000	28.204	28.204
Stickstofflost	1.928	2.000	3.576	3.576
Zählost	-	-	-	-
Tabun	12.000	12.000	12.869	12.869
Sarin	0,5	-	61	61
Soman	vernachlässigbar	-	3	3
Andere	60	-	6.354	6.354
Gesamt	67.619	61.000	73.712	78.167

(1) Diese Angabe umfasst nur die in der Lonalwerke GmbH in Berlin Haselhorst produzierte Menge, nicht aber die Produktion der Ergethan GmbH in Löderburg, die nach dem 1. März 1944 laut [APPLER 1997] die ursprüngliche Produktion von Arsinöl reduzierte und sich auf Clark I konzentrierte. In diesem Kontext sind noch etwa 4.500 t auf beide Substanzen zu verteilen, wohl mit deutlichem Schwerpunkt auf Clark I. (vgl. [APPLER 1997])

(2) Die Mengen an Zählost (also Senfgas, dem ein Verdickungsmittel zugegeben wird) sind unbekannt, aufgrund eventueller Doppelnennungen mit Senfgas auch schwer zuzuordnen. Laut [APPLER 1997] handelt es sich dennoch wohl um mehrere Tausend Tonnen.

(3) Diese Angabe berücksichtigt allein die Produktion der Anorgana GmbH in Dyhernfurth, nicht aber die Produktion in der Pilotanlage Munster (vgl. [APPLER 1997])

(4) Diese Angabe berücksichtigt nur die Produktion der Pilotanlage in Munster, nicht aber eventuelle Mengen der Produktion in der Spandau Zitadelle Berlin (vgl. [APPLER 1997])

(5) Summierte Gesamtmenge umfasst Oxol- und Direktlost (22.000 t sowie 2.000 t).

(6) Angabe umfasst wohl die Gesamtmenge an Clark I & II.

(7) Summierte Gesamtmenge umfasst Oxol- und Direktlost (24.537 t sowie 3.667 t).

(8) Summierte Gesamtmenge umfasst nach Angaben F. Hahns: 5.884 t Arsenmehl, 392 t Anthracenöl, 48 t Excelsior und 30 t Propyllost.

(9) Hierbei ist wohl von einer Gesamtmenge Phosgen & Diphosgen und deren Subsummierung Hahns unter "Diphosgen" auszugehen (vgl. Angaben der anderen Quellen).

Die Angaben zur deutschen Produktion an chemischen Kampfstoffen bis zum Kriegsende 1945 weichen – wie bereits angesprochen und auch deutlich aus vorangehender Tabelle 4 ersichtlich – teilweise erheblich voneinander ab. Erschwerend kommt bei der Auswertung der überhaupt verfügbaren Literaturquellen noch hinzu, dass in manchen dieser Quellen offensichtlich der Begriff „Kampfstoff“ und „(chemische) Kampfmittel“ nicht klar differenziert und folglich synonym gebraucht werden ⁽²¹⁾.

Des Weiteren ist eine Vielzahl an erprobten und auch zumindest in geringem Umfang produzierten Kampfstoffen (wie Clark III (Diphenylaminarsincyanid), Phosgenoxim oder Vorräte an Zyklon B bzw. Blausäure) überhaupt nicht berücksichtigt [MARTINETZ & RIPPEN 1996]. Hinzu kommen die besonders großen Schwankungen hinsichtlich der Angaben produzierter Mengen an Nervenampfstoffen. Hier schwanken die Literaturangaben bei Sarin zwischen 0,5 und 400 t ([US ARDEC 2001] spricht sogar von 11.000 t Sarin enthaltende Kampfmittel, die bis Dezember 1945 durch die USA im Skagerrak versenkt worden sein sollen ⁽²²⁾), bei

²¹ Vgl. hierzu z.B. [GARTZ 2003], S. 67: hier werden über 250.000 t an „Kampfstoffen“ als nach der Kapitulation aufgefunden angegeben, es handelt sich hierbei allerdings wohl um die etwa 290.000 t chemischer „Kampfmittel“, die in den alliierten Sektoren gelistet wurden (vgl. u.a. [HELCOM 1994]).

²² Die Quelle spricht sogar von Tonnen Kampfstoffen, was allerdings aufgrund der vorhandenen Produktionskapazitäten und erst späten Entdeckung der Substanz durch deutsche Wissenschaftler nicht begründet darstellbar ist. Es handelt sich hierbei sehr wahrscheinlich um eine Fehlbezeichnung Kampfmittel/Kampfstoffe. Dennoch

Soman zwischen wenigen Kilogramm bis hin zu mehreren Tonnen (vgl. hierzu z.B. [MARTINETZ & RIPPEN 1996], [GELLERMANN 1986] oder [SCHMALTZ 2005]).

Hinsichtlich einer anteilmäßigen Gewichtung der spezifischen Produktionsmengen für die einzelnen Kampfstoffe ergibt sich auf Basis der Annahmen der Helsinki-Kommission mit insgesamt 65.000 t von deutscher Seite während des Zweiten Weltkrieges produzierten Kampfstoffen folgendes Bild:

Tabelle 5: Anteilige Gewichtung einzelner Kampfstoffe an der Gesamtmenge deutscher Produktion im Zweiten Weltkrieg (nach [HELCOM 1994])

Kampfstoff	Menge an Kampfstoff (in Tonnen)	Anteil an der Gesamtproduktion
<i>Adamsit</i>	3.900	6,0%
<i>Arsinöl</i>	7.500	11,5%
<i>Chloracetophenon</i>	7.100	10,9%
<i>Clark I</i>	1.500	2,3%
<i>Clark II</i>	100	0,2%
<i>Lewisit</i>	k.A., nur geringe Produktion	k.A.
<i>Phosgen</i>	5.900	9,1%
<i>Senfgas (S-Lost)</i>	25.000	38,5%
<i>Stickstofflost</i>	2.000	3,1%
<i>Tabun</i>	12.000	18,5%
Gesamt	65.000	100%

Zusammenfassend lässt sich abschließend der Umfang der deutschen Kampfmittelproduktion auf zwischen 61.000 t (vgl. z.B. Angaben von [ANGERER 1985]) und einer belegbaren, theoretischen „Obergrenze“ von etwa 78.000 bis 80.000 t gemäß vorangehender Tabelle 4 beziffern. Setzt man eine Menge von 70.000 t (vergl. hierzu auch [RAPSCH & FISCHER 2000] ⁽²³⁾) als wahrscheinlich zutreffend an und setzt diese Produktionsmenge zum Umfang der Produktion während des Ersten Weltkrieges in Relation, so ergibt sich folgendes Bild: Die Gesamtmen-gen an von deutscher Seite produzierten Kampfstoffen liegen mit etwa 68.000 bis 100.000 t im Ersten Weltkrieg zwar etwas über der Produktion im Zweiten Weltkrieg mit etwa 61.000 bis etwa 78.000 t, jedoch wurde im Gegensatz zum Zweiten Weltkrieg ein großer Teil des Arsenal im Ersten Weltkrieg auch eingesetzt (etwa 58.000 t). Eine deutsche Produktions-menge von 70.000 t an chemischen Kampfstoffen wird auch durch eine betreffende Stellung-nahme des Deutschen Bundestages auf eine „Kleine Anfrage“ im Jahr 1995 bestätigt [DBT 1995]. Demnach waren davon bis Kriegsende 58.000 t bereits in Kampfmitteln verfüllt, etwa 12.000 bis 14.000 verblieben unverfüllt in sechs der großen Munitionsanstalten bzw. -lagern (siehe hierzu Kapitel 4.3.3).

Aus der Diskrepanz zwischen Produktion und Nichteinsatz ergab sich in der Folgezeit eine verstärkte Problematik hinsichtlich einer Beseitigung/Vernichtung der deutschen, aber auch alliierten Kampfstoffarsenale, die ebenfalls kaum oder überhaupt nicht zum Einsatz kamen

würde diese Menge an Kampfmitteln bei konservativem Zugrundelegen eines Kampfstoffinhaltes von 10 Gew.-% eine Sarinmenge von 1.100 t implizieren!

²³ [RAPSCH & FISCHER 2000] beziffert die deutschen Bestände an chemischen Kampfstoffen bei Kriegsende auf: 4.800 t Augenreizgas, 18.600 t Nasen- und Rachenreizstoff, 25.200 t Hautkampfstoff sowie 8.700 t Lungen- und 12.900 t Nervenkampfstoff, insgesamt also 70.200 t.

und für deren Verbleib ebenfalls für die damalige Zeit adäquate „Endlösungen“ zu finden waren. Auf die detaillierten Problemstellungen und resultierenden Lösungsansätze geht insbesondere das nachfolgende Kapitel 4.3 näher ein.

Ebenfalls wird – in Bezug auf obige Tabelle 5 – die Priorisierung der Produktion von Senfgas (fast 39 % der Gesamtproduktion und etwa die 3-fache Menge des Produktionsumfangs an Senfgas im Ersten Weltkrieg) sowie Tabun als das zu dieser Zeit einzig in industriellem Umfang zu produzierende Nervengas deutlich (fast 19 % Mengenanteil am Gesamtumfang).

Die alliierten Produktionsmengen werden an dieser Stelle nicht detailliert betrachtet, da sie im Zusammenhang mit subaquatischen Kampfmittelaltlasten im Ostseeraum und dem Skagerrak im Kontext der vorliegenden Arbeit nur peripher von Relevanz sind. Als Orientierung sind für Großbritannien im Jahre 1945 etwa ein Lagerbestand von 35.000 t und für die USA etwa 135.000 t an chemischen Kampfstoffen anzunehmen [GARTZ 2003], andere Quellen wie [POLITZ 1994] sprechen von 50.000 t im Falle von Großbritannien (davon mehr als 2/3 Lost) sowie nicht ganz 150.000 t für die USA, davon etwa 85.000 t Lost (vgl. auch [BRAUCH 1982])). Diese erhöhten Angaben für die britischen Bestände bestätigt auch [GELLERMANN 1986], der bezugnehmend auf ein Protokoll des britischen Verteidigungsministers an Churchill im Mai 1944 alleine 35.666 t Senfgas sowie 12.238 t Phosgen und somit insgesamt 47.904 t als britischen Kampfstoffvorrat nennt.

Detaillierte Ausführungen zu der in diesem Rahmen viel eher relevanten russischen Kampfmittelforschung und Produktion finden sich in Kapitel 5.2 im Zusammenhang mit einer Neubewertung der durch Russland im betrachteten Ostseeraum versenkten Kampfstoffmengen.

4.3 Grundlagen zum Umgang mit Überschuss- und Beutearsenalen nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg

Subaquatische Kampfmittelaltlasten und somit die normalerweise vorausgegangenen Versenkungen chemischer und konventioneller Kampfmittel sowie diese enthaltende Container oder Gefäße jedweder Art sind weder ein länderspezifisches noch geographisches Spezifikum sondern ein nationenübergreifendes, globales Problem. Es besteht in praktisch allen Weltmeeren sowie zahlreichen Binnengewässern wie Flüssen und Seen. Entsprechende Versenkungsstellen sind u.a. aus den Nordmeeren, dem Pazifik, dem Atlantik, dem Mittelmeer sowie dem Indischen Ozean bekannt (vgl. z.B. [MISSIAEN & HENRIET 2002B] oder [BEARDEN 2006]).

In den nachfolgenden Kapiteln soll der Umgang mit Kampfmitteln nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg, sowie der allgemeine Kenntnisstand hinsichtlich der Versenkungen von Kampfmitteln in der Ostsee und im Skagerrak aufgezeigt werden. Der Fokus liegt bei den nachfolgenden Betrachtungen – wie bei der vorliegenden Arbeit im Allgemeinen – auf den chemischen Kampfmitteln und Kampfstoffen, weniger auf den ebenfalls in enormem Umfang versenkten konventionellen Kampfmitteln.

4.3.1 Grundsätzliche Handlungsoptionen

Nachfolgend sollen die grundsätzlichen Handlungsoptionen hinsichtlich der Vernichtung der teilweise enormen Beute- und Überschussarsenale an chemischen Kampfmitteln bzw. unverfüllten Kampfstoffvorräten nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg aufgezeigt werden.

Die hier gemachten Ausführungen sollen nur einen überblickartigen, informativen Charakter haben und zum eigentlichen Fokus der Arbeit – der Versenkung chemischer Kampfstoffe – hinführen. Eine umfassende Diskussion der länderspezifischen Ausgangsvoraussetzungen und Handlungsweisen sowie eine technisch-/sicherheitsspezifische Gegenüberstellung der damaligen Optionen ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht vorgesehen.

Aufgrund fehlender, nach heutigem Verständnis adäquater Vernichtungstechnologien bestanden zur damaligen Zeit grundsätzlich folgende Alternativen hinsichtlich einer Vernichtung:

- die Delaborierung, also das Zerlegen der Kampfmittel, und somit die differenzierte Verwertung/Vernichtung der enthaltenen Materialien und chemischen Substanzen
- das Vergraben kampfstoffbefüllter Behälter und chemischer Kampfmittel im Boden ohne jegliche begleitenden Sicherungsmaßnahmen
- das simple Ausschütten der Kampfstoffe in Gruben und Abdeckung mit Erde und/oder Neutralisations- bzw. Dekontaminationsmitteln

- die Nutzung sogenannter „Schluckbrunnen“ unter aktiver Einleitung bzw. Verpressung von toxischen Substanzen oder chemischen Kampfstoffen in den Erdboden und teilweise sogar im Aquifer⁽²⁴⁾
- die Verbrennung nicht verfüllter oder ausgeschütteter Kampfstoffe in entsprechend angelegten Gräben oder Gruben
- das simple Ablassen gasförmiger Kampfstoffe oder von Kampfstoffen mit entsprechend hohem Dampfdruck unter Nutzung von Verdünnungseffekten in der Atmosphäre
- die Vernichtung von Kampfstoffen und chemischen Kampfmitteln durch Detonation
- das Versenken von kampfstoffbefüllten Behältern und chemischen Kampfmitteln in Sümpfen oder gleichwie gearteten Wasserkörpern wie Meeren, Flüssen oder Seen

Die Gründe für eine Entsorgung von Kampfmitteln liegen unter anderem in Restbeständen, veralteten Kampfmitteln, nicht mehr lagerfähiger Munition sowie der Entwaffnung ganzer Armeen (vgl. hierzu z.B. [FLÜCKIGER 1996]).

4.3.2 Der Umgang mit chemischen Kampfmitteln nach dem Ersten Weltkrieg

Über den Umgang mit chemischen Kampfmitteln – und chemischen Kampfstoffen im Besonderen – nach dem Ersten Weltkrieg ist nur wenig im Detail bekannt, viele Informationen stützen sich auf damalige Medienberichte (siehe hierzu nachfolgende Ausführungen zu zeitgenössischen Medienberichten). Grundsätzlich bestanden 1918 die eingangs bereits aufgeführten Handlungsoptionen hinsichtlich Blindgängern, Beute- und Überschussarsenalen an chemischen Kampfmitteln sowie eventuell überhaupt noch nicht verfüllter Kampfstoffe. Wie bereits in Kapitel 4.2.1 angesprochen, war die Beseitigung insbesondere chemischer Kampfmittel und deren Blindgänger von den damit übersäten Schlachtfeldern des Ersten Weltkrieges unmittelbar nach dem Waffenstillstand im November 1918 von höchster Dringlichkeit [ZANDERS 1997]. Bei den oftmals sehr unbeholfenen Maßnahmen der ersten Nachkriegsmonate und -jahre wurde meist nicht nach konventionellen oder chemischen Kampfmitteln unterschieden, man versuchte grundsätzlich, das in den Kampfmittelkörpern enthaltene Eisen und Kupfer zu verkaufen und sich entsprechend der Explosivstoffe und Kampfmittelfüllungen der Kampfmittel zu entledigen. Unverkäufliche oder nicht weiterverwendbare Kampfmittel und Kampfmittelkomponenten wurden schlichtweg vergraben oder versenkt, Unfälle und Todesfälle durch die unachtsame Handhabung waren praktisch an der Tagesordnung [ZANDERS 1997] (vgl. auch z.B. [APPLER 1997]).

Ab etwa 1920 wurden insbesondere in Belgien bereits erste Vernichtungseinrichtungen betrieben, es handelte sich hierbei aber eher nur um einfache (Sperr-)Gebiete, in denen Kampfmittel zur Detonation gebracht und so vernichtet wurden. Die Durchsatzraten dieser Einrichtungen waren sehr gering (bspw. 11,5 t konventionelle und 3,5 t chemische Kampfmittel pro Woche). Dies war insbesondere darauf zurückzuführen, dass sich diese Gebiete meist in

²⁴ Unter „Aquifer“ versteht man einen grundwasserleitenden Gesteinskörper mit entsprechender Poren-, Kluft- oder Karststruktur.

Strandbereichen befanden und hier nur bei Schlechtwetter – und somit Absenz von Strandbesuchern – sowie entsprechenden Tideständen bei Nutzung von Gruben im Flachwasserbereich oder grundsätzlich passenden klimatischen Verhältnissen (wie Windrichtungen etc.) gearbeitet werden konnte. Eine generelle Versenkung chemischer Kampfmittel in der Nordsee wurde zunächst aufgrund des nötigen Transportes durch oftmals dicht besiedelte Gebiete und die Verladearbeiten auf Schiffe als zu gefährlich angesehen [OSTC 2002]. Die konventionellen Zerlege- und Vernichtungsarbeiten waren dennoch hochgefährlich (vgl. z.B. [MISSIAEN & HENRIET 2002]). Die Aktivitäten wurden bald den eigentlich benötigten „industriellen“ Maßstäben angepasst, große Unternehmen mit der Vernichtung der Kampfmittel beauftragt und die Durchsatzleistungen somit drastisch erhöht. Die ersten primitiven Verbrennungsöfen wurden z.B. im belgischen Poelkapelle zur Zerstörung von Kampfstoffen wie Chlor, Phosgen, Senfgas in den 1920er Jahren betrieben. [ZANDERS 1997]

Allerdings wurden auch erhebliche Mengen an konventionellen und chemischen Kampfmitteln durch alliierte Truppen, insbesondere durch das belgische und eventuell auch britische Militär ⁽²⁵⁾, unmittelbar nach Ende des Ersten Weltkrieges in der Nordsee einen Kilometer vor der belgischen Küste in direkter Nähe zum europäischen Großhafen Zeebrügge bzw. der Ortschaft Knokke-Heist ab November 1919 versenkt (etwa 35.000 t im „Paardenmarkt“-Versenkungsgebiet; vgl. [MISSIAEN & HENRIET 2002] sowie [OSTC 2002]). Später wurde dann 1954 bis 1972 und abschließend 1980 „Problem-Munition“ nochmals in einer großen Versenkungsaktion im Golf von Biskaya versenkt. [ZANDERS 1997]

Die Versenkung chemischer und konventioneller Kampfmittel nach dem Ersten Weltkrieg war kein Spezifikum Kontinentaleuropas, sondern viel mehr ein intensiv und weltweit genutzter Lösungsansatz (vgl. u.a. [OSPAR 2004] sowie [BEDDINGTON & KINLOCH 2005]). Entsprechende Versenkungen fanden nicht nur vor der belgischen Küste statt, sondern wahrscheinlich bereits in den 1920er Jahren z.B. im „Beauforts Dyke“, einem von Großbritannien bis 1985 für Versenkungen aller Art ⁽²⁶⁾ genutzten Versenkungsgebiet in der Irischen See zwischen Schottland und Nordirland mit Wassertiefen von etwa 100 bis 300 m [BEDDINGTON & KINLOCH 2005]. Diesbezügliche Hinweise für Munitionsversenkungsaktivitäten in „Beauforts Dyke“ finden sich beispielsweise in [MISSIAEN & HENRIET 2002] sowie [MOD UK 2004], wenn auch entsprechende Aktivitäten nach vorliegenden Informationen nicht definitiv belegt werden konnten. Hinweise und Belege für Kampfmittelversenkungen nach dem Ersten Weltkrieg finden sich ebenso in [US ARDEC 2001] sowie [BEARDEN 2006]. Hier wird die erste belegte Versenkung chemischer Kampfmittel durch die USA auf 1918 datiert, als am Ende des Ersten Weltkrieges laut [US ARDEC 2001] Lewisit im Atlantischen Ozean „irgendwo“ zwischen England und den USA versenkt wurde.

²⁵ Die britische Admiralität soll bereits Mitte 1919 eine Versenkung durchgeführt haben, Mengen und genauer Ort der Versenkung sind unbekannt (vgl. [MISSIAEN & HENRIET 2002]). Eventuell wird im angeführten Bericht des Belgischen Parlaments von 1919 und dem relevanten Zitat „...*Es reicht die Munition in einem Tiefseegebiet zu versenken, wie es die Engländer derzeit tun.*“ auf Aktivitäten im „Beaufort’s Dyke“-Versenkungsgebiet angespielt.

²⁶ Laut [MOD UK 2004] wurden dort neben konventionellen und chemischen Kampfmitteln auch industrielle und schwach radioaktive Abfälle versenkt.

Einen Überblick über die teilweise auch bereits nach dem Ersten Weltkrieg entstandenen Versenkungsgebiete für konventionelle und chemische Kampfmittel im Bereich des Atlantiks und der Nordsee (Gebiet der OSPAR-Kommission⁽²⁷⁾) gibt Abbildung 2 (Seite 60).

Zeitgenössische Medienberichte zu Vernichtungsmaßnahmen nach dem Ersten Weltkrieg

Unter anderem in englischen und amerikanischen Medienberichten findet sich eine Vielzahl an Hinweisen und Informationen, die einen Einblick in die damalige Vernichtungspraxis bezüglich chemischen und konventionellen Kampfmittelarsenalen, aber auch über Bemühungen zu ihrer Verwertung geben. Nachfolgend wird eine Auswahl dieser Berichte und deren Inhalt kurz dargestellt um vorangehende Ausführungen zu verdeutlichen:

- Der OAKLAND TRIBUNE berichtet in seiner Ausgabe vom 30.03.1919 von „enormen Mengen an deutschen Kampfmitteln in amerikanischen Händen. Konventionelle Kampfmittel werden auf den Schlachtfeldern durch Detonation vernichtet, für Gasmunition stehen grundsätzlich zwei Optionen zur Verfügung: Eine Versenkung im Meer oder die gemeinsame detonative Umsetzung mit konventionellen Kampfmitteln. [OAKLAND TRIBUNE 1919]
- THE SYRACUSE HERALD enthält in seiner Ausgabe vom 12.06.1919 bereits erste Informationen durch Anschwemmungen von Gefäßen mit chemischen Kampfstoffen amerikanischer Herkunft im englischen Swansea; laut Artikel gab es Verletzte unter Fischern und Badenden. [THE SYRACUSE HERALD 1919]
- Die NEW YORK TIMES berichtet am 26.07.1922 von recht umfangreichen französischen Versenkungsmaßnahmen: Demnach werden zu diesem Zeitpunkt pro Tag 170 t Gasgranaten durch Frankreich im Englischen Kanal versenkt. Die Versenkung sei die beste Option um diese Kampfmittel „loszuwerden“; etwa 80.000 Gasgranaten – meist britischer Herkunft – lägen in einem Depot in Nordfrankreich; die Versenkungsstelle befindet sich 12 Meilen vor Dünkirchen (Dunkerque, Frankreich). [NEW YORK TIMES 1922] – Hochinteressant ist an dieser Information, dass die genannte Versenkungsstelle bei Dünkirchen nicht in der Auflistung der OSPAR und bereits vorangehend erwähnten Übersichtskarte (vgl. Abbildung 2 auf S. 60) enthalten- und somit eventuell bisher unbekannt zu sein scheint.
- THE NASHUA REPORTER beschreibt in seiner Ausgabe vom 25.10.1923 die Vernichtungs- und Verwertungsansätze eines britischen Ingenieurs: er recycelt Material insbesondere von deutschen Kampfmitteln und Munition, anstatt „wie Frankreich und USA Hochexplosivstoffe und chemische Kampfmittel einfach zu versenken“. Hierbei werden tausende von Tonnen von Cordit (Pyrozellulose) an frz. Stränden vor auflaufender Tide verbrannt, Phosgen aus Granaten durch Verbrennung/Dampfbehandlung des Abgases in speziellen Verbrennungsöfen vernichtet und ebenso besonders arsenhaltige Kampfstoffe thermisch behandelt. Im Zuge dieser Maßnahmen werden 36.000 Tonnen Zylinder und Granaten, Senfgas, Phosgen etc. vernichtet bzw. als Metalle rück-

²⁷ OSPAR-Kommission: Kooperationsgemeinschaft von 15 Staaten und der EU zum Schutz der marinen Umwelt des Nord-Ost-Atlantiks. Weitere Informationen unter <http://www.ospar.org>.

gewonnen. Der Hauptfokus liegt auf der Metall- und NE-Metallrückgewinnung (hier besonders Aluminium, Messing, Zink, Kupfer, Blei, Zinn, Stahl und Eisen) und teilweiser Gewinnung des hochqualitativen deutschen TNT. Amatol wird als „wertvoller Dünger“ verwertet. [THE NASHUA REPORTER 1923]

- Die Zeitung NEWCASTLE NEWS berichtet am 30.04.1924 von umfangreichen Vernichtungsmaßnahmen Großbritanniens, in deren Zuge eine Million Tonnen konventionelle Kampfmittel und 170.000 t chemische Kampfmittel („poison gas“) an Überbeständen vernichtet wurden; die Mehrheit an konventionellem Material wurde hierbei versenkt, chemische Kampfmittel und deren Inhaltsstoffe entweder verbrannt oder ebenfalls versenkt. [NEWCASTLE NEWS 1924]
- Gleiche Zeitung (NEWCASTLE NEWS) enthält in ihrer Ausgabe vom 10.12.1930 einen Artikel, in dem von zahlreichen Toten im Meuse-Tal in Belgien berichtet wird; angeblich basierte der beobachtete „Gift-Nebel“ auf Emissionen von nach dem Waffenstillstand versenkten Fässern mit chemischen Kampfstoffen unmittelbar vor der Küste von Bordeaux; angeblich erreichte aufgrund der Korrosion der Fässer freiwerdendes Gas die belgische Küste. [NEWCASTLE NEWS 1930]

Die aufgeführten Medienberichte verdeutlichen nicht nur die grundsätzlichen Problemstellungen hinsichtlich des Umgangs mit chemischen und konventionellen Kampfmittelüberbeständen, wie sie auch nach dem Ersten Weltkrieg vorlagen, sondern belegen bereits damalige, umfangreiche Versenkungsmaßnahmen und Zwischenfälle mit versenkten Kampfmitteln und kampfstoffbeinhaltenden Behältern. Nachfolgend soll nun eingehend auf eben diese Problematiken nach dem Zweiten Weltkrieg eingegangen werden.

4.3.3 Der Umgang mit chemischen Kampfmitteln nach dem Zweiten Weltkrieg

Vernichtungsaktivitäten des deutschen Militärs bis zur Kapitulation

Bereits in den letzten Kriegsmonaten begann die deutsche Wehrmacht auf Befehl des OKW mit der Zusammenführung von Kampfstoffarsenalen und diesbezüglichen Sicherungsmaßnahmen. Chemische Kampfmittel – insbesondere diejenigen, die hochwirksame Spitzenkampfstoffe enthielten – wurden auf Lastkähne verladen und u.a. in die Weser und Elbe geschleppt, von wo sie „seewärts verbracht“ werden sollten. Einerseits sollte bei der unter strengster Geheimhaltung realisierten Operation unter dem Decknamen „Zunft“ verhindert werden, dass insbesondere die deutschen Neuentwicklungen den Alliierten in die Hände fielen, andererseits fürchtete man aber auch eine versehentliche Freisetzung der Kampfstoffe durch zufälligen Beschuss der Arsenale im Kontext von Kampfhandlungen und einer eventuellen Fehlinterpretation als aktivem Einsatz gegen die vorrückenden alliierten Kräfte mit den hierauf womöglich folgenden chemischen Gegenschlägen [ANGERER 1985]. Detaillierte Mengenangaben zu bereits durch die Wehrmacht in Nord- und Ostsee versenkten chemischen Kampfmitteln sind kaum verfügbar, Transportpapiere oder sonstige Dokumente wurden zerstört oder bestanden aufgrund der Wirren überhaupt nie. Einzig bekannt ist die Versenkung von 69.000 Tabungranaten sowie weiterer 5.000 t chemischer und wohl auch konventioneller Kampfmittel (Tabun, Phosgen sowie V1-Bestandteile) im Bereich des Kleinen Belts (vgl. hierzu [BSH 1993] sowie [JAECKEL 1969]). Aufgrund der erheblichen logistischen Probleme in den letzten Kriegsmonaten und dem Fehlen von für die Lastkähne benötigten Schleppern ist insgesamt – verglichen mit den späteren Versenkungsaktivitäten der Alliierten im Bereich der Ost- und Nordsee – allerdings von nur geringen Mengen auszugehen (vgl. hierzu u.a. [ANGERER 1985], [GELLERMANN 1986] sowie [BSH 1993] und [THEOBALD 2002]).

Chemische Kampfmittelarsenale in den Besatzungszonen

Unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkrieges und Etablierung der französischen, englischen, amerikanischen und sowjetischen Besatzungszonen (siehe hierzu Abbildung 1) stellte sich für die Siegermächte ebenfalls die Frage des adäquaten Umgangs mit den enormen Beutearsenalen an chemischen Kampfmitteln und unverfüllten Kampfstoffen deutscher Produktion.

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges wurden laut Bericht des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie [BSH 1993] folgende Bestände an chemischen Kampfmitteln bzw. teilweise auch unverfüllten Kampfstoffen zwischen Ende des Krieges und 1948 auf deutschem Territorium in den alliierten Besatzungszonen gefunden:

➤ in der amerikanischen Besatzungszone:	93.995 t
➤ in der britischen Besatzungszone:	122.508 t
➤ in der französischen Besatzungszone:	9.100 t
➤ in der sowjetischen Besatzungszone:	<u>62.505 t</u>
Insgesamt:	288.108 t

Diese durch das BSH im Mai 1993 veröffentlichten Mengenangaben wurden bereits im Herbst 1993 durch den Report Russlands an die Helsinki-Kommission [RUSFED 1993] erweitert bzw. korrigiert: Hier werden für die amerikanische Besatzungszone 104.500 t, für die britische Besatzungszone 126.700 t, für die französische Besatzungszone 9.500 t und für die russische Besatzungszone 70.500 t als aufgefundene, chemische Beutekampfmittel angegeben, was einer Gesamtmenge von 311.200 t entspricht. Von diesen erweiterten Angaben wurden allerdings letztlich nur die um knapp 8.000 t erhöhten Mengen Russlands im Abschlussbericht der Helsinki-Kommission [HELCOM 1994] aufgenommen, was in einer geänderten Gesamtmenge von 296.103 t resultiert.



Abbildung 1: Ausdehnung der alliierten Besatzungszonen 1947 [KUNZ 2004]

Bezüglich der noch unverfüllten Kampfstoffvorräte – etwa 12.000 bis 14.000 t der etwa 70.000 t an insgesamt produzierten Kampfstoffen – die unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkriegs aufgefunden wurden, stehen sechs bzw. eigentlich nur fünf der großen chemischen Munitionsanstalten und -lager im Vordergrund. Dies waren laut [DBT 1995]:

- Löcknitz in Mecklenburg-Vorpommern
- Dessau in Sachsen-Anhalt
- Munster in Niedersachsen
- Lübbecke in Nordrhein-Westfalen
- St. Georgen in Bayern
- sowie Halle-Ammendorf in Sachsen-Anhalt

Die hier aufgefundenen, unverfüllt gelagerten Bestände und deren Verbleib werden nachfolgend unter „*Landbasierte Vernichtungsaktivitäten der Alliierten*“ näher behandelt.

Generelle Handlungsoptionen und Beutearsenale

Grundsätzlich bestanden die eingangs skizzierten Handlungsoptionen. Nicht transportfähige chemische Kampfmittel wurden vor Ort durch Detonation oder offene Verbrennung vernichtet, in gefluteten Bergwerken gelagert, die Masse in umgebenden Meeren versenkt, eine signifikante Menge an chemischen Kampfmitteln und Kampfstoffen aber für weitere Untersuchungen in andere Länder verbracht [TALMAGE ET AL. 2007]. [APPLER 1997] beziffert die entsprechend verbrachten Mengen an chemischen Kampfmitteln deutscher Herkunft aus der amerikanischen Besatzungszone folgendermaßen:

➤ nach Italien:	6.090 t
➤ nach Polen:	210 t
➤ nach Nordamerika:	19.400 t ⁽²⁸⁾
➤ in die Tschechoslowakei:	6.103 t
➤ in andere Länder:	<u>2.421 t</u>
Insgesamt:	34.224 t

[THAMM 2002] bestätigt und erweitert vorangehende Angaben: demnach wurden für Italien 11.419 t chemischer Kampfmittel bis Frühjahr 1949 zunächst verladen, 5.329 t wurden aber letztendlich nicht verschickt, sondern über Bremerhaven im Meer versenkt.

Hinzu kamen laut [APPLER 1997] 30.345 mit Stickstofflost gefüllte Kampfmittel, die nach Österreich gebracht wurden. Gemäß einem Bericht der Bundesarchive in Koblenz wurden chemische Kampfmittel auch aus anderen Besatzungszonen verbracht. So gibt es z.B. Hinweise auf einen Transport von 3.100 t chemischer Kampfmittel nach Frankreich [APPLER 1997]. Ähnliches belegen britische Quellen: Laut [MOD UK 1993] wurden etwa 10.000 t deutscher Kampfstoffmunition unter dem Codenamen „*Op Dismal*“ für Forschungszwecke nach Großbritannien verbracht, die nach Angaben von [HART 2000] ungefähr 71.000 mit Tabun gefüllte Kampfmittel umfassten und zwischen Oktober 1946 und Juli 1947 nach Llanwrog, Wales, verbracht wurden. Es ist davon auszugehen, dass diese Handhabung gerade hinsichtlich der „Spitzenkampfstoffe“ wie den Nervenkampfstoffen (insbesondere Sarin & Soman) oder einiger weniger bekannter deutscher Lost-Verbindungen verbreitete Praxis unter den Alliierten war, um diese Substanzen in die eigenen Arsenale zu integrieren (vgl. z.B. [KRAUSE & MALLORY 1993] oder [SCHMALTZ 2005]). Detaillierte qualitative und quantitative Angaben liegen hierzu aber kaum vor (vgl. hierzu u.a. Kapitel 5.3 sowie [APPLER 1997]).

²⁸ Davon laut Quellenangabe der größte Teil in die USA, geringe Anteile nach Kanada

Landbasierte Vernichtungsaktivitäten der Alliierten

Eine detaillierte Darstellung hinsichtlich der an Land durch Verbrennen, Detonation, Vergraben, Delaborierung oder ähnlicher Maßnahmen vernichteten chemischen Kampfmittel und Kampfstoffmengen ist aufgrund fehlender Aufzeichnungen bzw. erhaltener Quellen heute nicht mehr belastbar möglich (vgl. u.a. [ANGERER 1985]). Einen recht guten Überblick gerade auch über die bis Kriegsende unverfüllt gebliebenen Kampfstoffbestände und deren Verbleib gibt eine Stellungnahme des Deutschen Bundestages aus dem Jahre 1995 [DBT 1995]⁽²⁹⁾:

Halle-Ammendorf (Sachsen-Anhalt, SMAD)

Die Kampfstofffabrik mit der größten Produktionskapazität (26.000 t der 70.000 t an deutschen Kampfstoffen wurden hier produziert) wurde ab 1945 von der Roten Armee entseucht. Etwa 650 t an Kampfstoffen befanden sich noch in den Lagerzisternen, davon wurden große Teile nach dem Abpumpen verbrannt. Insgesamt etwa 150 t verblieben aufgrund fehlender Pumpensümpfe in den sechs Zellen, wovon etwa 70 t 1952 in Dessau durch die damalige DDR verbrannt wurden. Weitere 80 t an chemischen Kampfstoffen dekontaminierte die NVA 1990. Die ursprünglichen 650 t umfassten nach Angaben der US-Inspektoren bei der Übergabe an die SMAD am 9. Mai 1945: 445 t „Sommerlost“ (etwa 88 Gew.-% S-Lost), 174 t Winterlost, 6 t Stickstofflost.

Laut sich teilweise widersprechender Angaben der Literaturquelle [DBT 1995] wurden 1945/46 große Mengen der unverfüllten Lose in Behälter verfüllt und 558 t (davon) im Plastwerk Ammendorf im dortigen Kohlekraftwerk sowie im Chemiewerk Dessau-Kapen verbrannt. 1953/54 (vgl. obige Angabe für 1952) wurden dann die restlichen etwa 67 t Kampfstoffe abtransportiert und im Chemiewerk Dessau-Kapen verbrannt.

Trotz der teilweise gegebenen Unschärfen der Angaben in besagter Quelle ist davon auszugehen, dass die nach dem Kriegsende 1945 unverfüllt durch den SMAD aufgefundenen Kampfstoffe mit einer Menge von etwa 650 bis 700 t völlig durch Verbrennung und Neutralisation vernichtet wurden.

Dessau (Sachsen-Anhalt, SMAD)

Bezüglich der hier vorgefundenen Mengen an unverfüllten chemischen Kampfstoffen liegen keine detaillierten Informationen vor. Die Füllmenge der acht jeweils 600 m³ fassenden Zisternen bei Kriegsende ist nicht bekannt. Jedoch gibt es Informationen über 226 italienische Transportbehälter mit Lost, die ein Fassungsvermögen von jeweils 1,3 m³ hatten, sowie einen Zug mit Kesselwagen, der vermutlich die letzte Lieferung der Orgacid-Werke Ammendorf darstellte [DBT 1995].

Die SMAD vernichtete die gelagerten Kampfstoffe laut Quellenangaben 1945 bis 1947 durch Versenkung in der Ostsee (vgl. hierzu entsprechende Angaben bzgl. „Containern und Behältern“ in Kapitel 5.2.2), verbrannte etwa 1.500 t Lost im dortigen Heizhaus und vernichtete Restmengen durch offene Verbrennung, Vergrabung und Versickerung („Schluckbrunnen“).

²⁹ Die Primärquellen werden in genannter Quelle nicht genannt und sind somit leider unbekannt.

Der Inhalt von 142 der 226 italienischen Lostbehälter wurde – ohne genaue zeitliche Einordnung – durch Neutralisation durch Zusatz u.a. von Chlorkalk und Wasser vernichtet.

Seit 1952 wurden in Dessau-Kapen Kampfstoffe aus allen Teilen der damaligen DDR (z.B. Funde aus Ammendorf sowie Wolgast, aber auch Reste aus dem Ersten Weltkrieg) verbrannt.

Eine abschließende Zusammenfassung der in Dessau aufgefundenen und jeweilig vernichteten Mengen an chemischen, unverfüllten Kampfstoffen ist aufgrund fehlender Detailinformationen schwierig: Die italienischen Kesselwagen umfassten mit einem Gesamtvolumen von etwa 300 m³ potenziell maximal etwa 390 t an Losten⁽³⁰⁾, von deren Inhalt aber den Angaben gemäß über die Hälfte durch Neutralisation vernichtet wurde. Aufgrund der sonstigen Angaben, insbesondere der Verbrennung von etwa 1.500 t Lost ist davon auszugehen, dass signifikante Mengen an Kampfstoffen in den 4.800 m³ (> 6.000 t KS) fassenden Zisternen sowie dem Transportzug enthalten waren. Da diese Mengen nach Angaben der vorliegenden Quelle heute als vernichtet angesehen werden, ist davon auszugehen, dass die fraglichen Mengen ebenfalls der Versenkung oder sonstig genannten Vernichtungswegen zugeführt wurden.

Löcknitz (Mecklenburg-Vorpommern, SMAD)

Laut [DBT 1995] ist davon auszugehen, dass die Heeresmunititionsanstalt Löcknitz wahrscheinlich unversehrt und voll befüllt der sowjetischen Armee Ende April 1945 in die Hände fiel. Es liegen keine schriftlichen Aufzeichnungen vor, dennoch nimmt man an, dass sich mehr als 3.000 m³ Kampfstoffe (etwa 3.900 t) in den sieben Zisternen der Anlage sowie eventuell gefüllten Kesselwagen befanden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Hauptmenge an unverfüllten Kampfstoffen durch offene Verbrennung vernichtet wurde. Von deutscher Seite aus wurden im Zeitraum 1952 bis 1954 aufgefundene Restmengen (Kampfstoffschlämme sowie ein 750 l S-Lost Kesselwagen) durch Spezialfirmen „behandelt“: In einer ausgehobenen Grube wurde der Kampfstoff schichtweise mit Chlorkalk eingelagert und abgedeckt.

Zusammenfassend ist von einer Vernichtung der gesamten etwa 4.000 t unverfüllten Kampfstoffbestände in der Masse durch Verbrennung auszugehen.

Munster (Niedersachsen, BMAD)

Hinsichtlich der in Munster – eines der wesentlichen Zentren der deutschen Kampfstoffherstellung und -fertigung im Ersten und Zweiten Weltkrieg – durch die Britische Militäradministration aufgefundenen unverfüllten Mengen an Kampfstoffen sind im Bereich „Raubkammer“ etwa 4.000 t belegt, davon 2.430 t S-Lost und 390 t Arsinöl. Die Restmenge verfällt hauptsächlich auf Zähllost sowie Adamsit. Senfgas und Arsinöl wurden z.T. unter Zugabe von Benzin offen verbrannt. Der Verbleib der Zähllost- und Adamsitmengen ist unbekannt, es wird jedoch in [DBT 1995] davon ausgegangen, dass das Material wohl versenkt und/oder vergraben wurde. Es blieben nach Erkenntnissen der Bundeswehr keine Kampfstoffbestände zurück.

³⁰ Durchschnittliches spez. Gewicht mit etwa 1,3 kg/l überschlägig angenommen. Vgl. hierzu entsprechende Details in den Stoffdatenblättern (Kapitel 10.1)

Lübbecke (Nordrhein-Westfalen, BMAD)

Die Verfüllung chemischer Kampfstoffe am Standort Lübbecke wurde laut [DBT 1995] nie gestartet, die vorgesehene Auslieferung von Tabun aus den Produktionsstätten erfolgte im Zweiten Weltkrieg nicht mehr. Es wurden somit keine Kampfstoffe zur Abfüllung angeliefert, im nördlichen Bereich der Anlage gelagerte Kampfmittelbestände mit Tabun wurden vor Kriegsende abgezogen, auf Schiffe verladen und in der Ostsee versenkt ⁽³¹⁾. Sonstige chemische Kampfmittel wie zum Beispiel Lost wurden ebenfalls per Bahn abgezogen und in der Nordsee versenkt ⁽³²⁾.

St. Georgen (Bayern, AMAD)

Die Anlage umfasste sieben Zisternen mit einem Fassungsvermögen von jeweils 1.000 m³, was somit einem potenziellen Volumen von 7.000 m³ und Tonnage von über 9.000 t an unverfüllten Kampfstoffen entspricht. Laut Quellenangabe wird davon ausgegangen, dass diese Zellen – die über einen Pumpensumpf verfügten – befüllt waren. Laut Bericht der AMAD am 7. Januar 1949 wurden ca. 7.400 t Kampfstoffe durch Verbrennung in einem Ofen vernichtet. Bereits abgefüllte chemische Kampfmittel wurden teilweise nach Italien, überwiegend aber nach Norddeutschland abtransportiert und ins Meer – laut Angabe von [DBT 1995] vornehmlich in die Ostsee – versenkt ⁽³³⁾.

Fasst man die aufgefundenen Mengen an unverfüllten chemischen Kampfmitteln in den genannten fünf großen Produktions- und Verfüllanstalten zusammen, so ergibt sich folgendes abschließendes Bild:

Tabelle 6: In den großen Munitionsanstalten aufgefundene unverfüllte Kampfstoffmengen

Standort	Militäradministration	Menge an unverf. KS (min. / in t)	Menge an unverf. KS (max. / in t)
Halle-Ammendorf	SMAD	650	700
Dessau	SMAD	2.000	6.000
Löcknitz	SMAD	4.000	> 4.000
Munster	BMAD	4.000	4.000
Lübbecke	BMAD	-	-
St. Georgen	AMAD	7.400	> 9.000
Summe:		18.050	23.700

Die Ergebnisse der Zusammenfassung in vorangehender Tabelle 6 überraschen hinsichtlich der sich aus den Angaben von [DBT 1995] ergebenden Minimal- bzw. Maximalmengen an unverfüllten Kampfstoffen: Laut eigener Angaben belaufen sich die Mengenschätzungen unverfüllter deutscher Kampfstoffe auf 12.000 bis 14.000 t. Nach vorangehender Zusammenstellung werden diese Angaben allerdings bereits in der wohl real vorgelegenen Minimalmen-

³¹ Es ist davon auszugehen, dass dies die auch in anderen Literaturquellen belegten Versenkungen im Bereich des Kleinen Belts betrifft.

³² Die Lokalisierung „Nordsee“ ist in nahezu allen im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Literaturquellen mit dem Großgebiet „Skagerrak“ gleichzusetzen.

³³ Offiziell sind keinerlei Versenkungen chemischer Kampfmittel durch die USA in der eigentlichen Ostsee bekannt. Hierbei könnte es sich einerseits um den Bereich des Masekaer handeln, der oftmals der Ostsee zugeordnet wird, andererseits könnte dies einer der wenigen Hinweise auf entsprechende Versenkungen der Westmächte im Kernbereich der Ostsee sein – trotz aller diesbezüglichen Dementis (vgl. u.a. Kapitel 5.3).

ge um etwa die Hälfte übertroffen. Die auf die Ausführungen von [DBT 1995] beruhende Abschätzung der Maximalmenge beläuft sich auf nahezu das Doppelte der ursprünglich angenommenen unverfüllten Menge von 12.000 t. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte die Mitvernichtung eigener, alliierter Kampfstoffbestände sein, was allerdings aufgrund fehlender Zeitdokumente zumindest im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht belegbar ist und somit spekulativ bleibt.

Versenkung chemischer und konventioneller Kampfmittel im Meer

Das „Allied Control Commission’s Standing Committee on War Material“ behandelte in seinem im November 1945 eingereichten 13. Bericht spezifisch den Umgang mit chemischen Kampfmitteln [MOD UK 1993]. Es kam zu dem Schluss, dass die Versenkung die einzige praktikable Art der Beseitigung für die Mehrheit der Arsenale sei (vergl. hierzu auch [LAURIN 1997]) und empfahl den Kommandeuren der Zonen:

- die schnellstmögliche Zerstörung oder Beseitigung von deutschem Beutekriegsmaterial
- der „Allied Control Commission“ (ACA) einen entsprechenden Fortschrittsreport zukommen zu lassen, der die Gesamtmenge und Art an aufgefundenem Kriegsmaterial, Gesamtmenge an zerstörtem oder sonst wie beseitigtem Material nach Art, die aufsummierte Menge an zerstörtem Kriegsmaterial nach Datum und Art, sowie die Bilanz hinsichtlich des (noch) zu zerstörenden Materials nach Art auflistet

Zunächst bestand eine von der ACA festgelegte Deadline hinsichtlich des Abschlusses der Vernichtung/Beseitigung der Kampfstoff- und chemischen Kampfmittelarsenale bis Ende 1946, die aber bald aufgrund der Umsetzungsschwierigkeiten aller Parteien auf Ende 1947 verschoben wurde [MOD UK 1993]. Neben der u.a. auf die chemischen Kampfstoffe fokussierenden ACA bestand noch eine weitere interalliierte Instanz, die „Tripartite Naval Commission“, bestehend aus den USA, dem Vereinigten Königreich und der damaligen Sowjetunion. Deren Bildung wurde in vertraulichen Protokollen der Potsdamer Konferenz vereinbart, und ihre Hauptaufgabe bestand in der Beseitigung der deutschen Schiffsflotte. Die entsprechenden Beseitigungsmaßnahmen umfassten oftmals Schiffsversenkungen in Tiefseegebieten, wobei chemische Kampfmittel mit versenkt wurden. Andere jedoch realisierten reine Schiffsversenkungen, die aber in Gebieten chemischer Kampfmittelversenkungen stattfanden und so auch in späteren Aufarbeitungen teilweise zu erheblichen Problemen in der Zuordnung führten [MOD UK 1993] (vgl. hierzu Kapitel 5.3 und die dortigen Ausführungen sowie tabellarischen Ausarbeitungen).

Diesbezüglich auch zu erwähnen sind die von [ANGERER 1985] genannten Senfgasversenkungen in der Biskaya und der Nordsee: Hierbei sollen drei mit Senfgas beladene Handelsschiffe mit insgesamt 12.519 BRT durch England in der Biskaya sowie 12 Frachter (34.809 BRT) mit Senfgasgranaten zwischen Doggerbank und Fladengrund in der Nordsee versenkt worden sein ([ANGERER 1985] S. 200; vgl. hierzu Kapitel 5.3). Diese Mengen stammen laut besagter Quelle aus deutschen Beständen.

Auf den Bereich der Versenkungen und in diesem Kontext wahrscheinlich beseitigten Mengen an Kampfmitteln und Kampfstoffen wird im nachfolgenden Kapitel 4.4 sowie detailliert im Rahmen der diesbezüglichen Neubewertung in Kapitel 5.2 (russische Aktivitäten) sowie Kapitel 5.3 (Aktivitäten der alliierten Westmächte) eingegangen. Dort werden auch Fragestellungen hinsichtlich der eventuell mitversenkten alliierten konventionellen und chemischen Kampfmittel behandelt – also Material, das nicht aus deutschen Beständen stammt, aber im Rahmen der Demilitarisierung Deutschlands und damit verbundenen Vernichtung der Waffenarsenale nach dem Zweiten Weltkrieg mit entsorgt wurde (vgl. z.B. [RAPSCH & FISCHER 2000]).

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt ausschnitthaft Versenkungsgebiete für chemische und konventionelle Kampfmittel im Bereich der Nordsee und des Atlantiks:

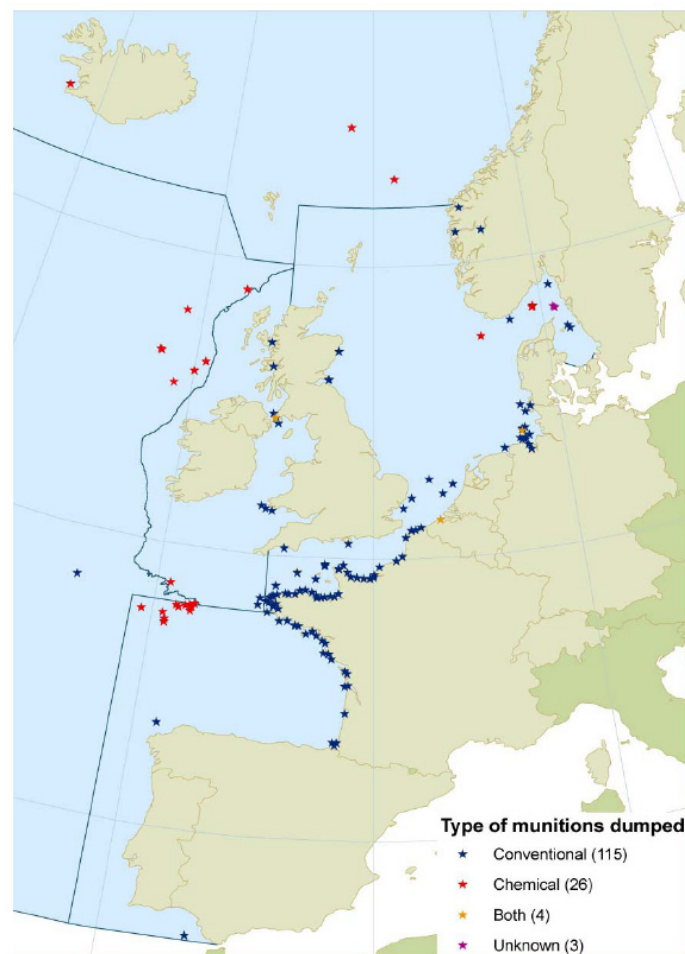


Abbildung 2: Chemische und konventionelle Versenkungsgebiete in der „OSPAR Maritime Area“ (in [OSPAR 2009])

Zeitgenössische Medienberichte zu Vernichtungsmaßnahmen nach dem Zweiten Weltkrieg

Gerade zu den Vernichtungs- und Versenkungsaktivitäten der Alliierten nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges findet sich eine Vielzahl von englischen und amerikanischen Medienberichten. Zur Veranschaulichung der vorangehenden Ausführungen, aber auch hinsichtlich einer Sensibilisierung für nachfolgende Betrachtungen, seien nachfolgend einige Artikel aus den 1945er bis 1948er Jahren sowie wenige aus den Folgejahren kurz inhaltlich dargestellt:

- Der JOPLIN GLOBE berichtet in seiner Ausgabe vom 14.06.1945 bereits davon, dass die Vernichtung von Millionen von Tonnen von Waffen und Munition aus beschlagnahmten deutschen Beständen große Probleme darstellt; zwar seien signifikante Mengen für den Gebrauch im Kampf gegen Japan vorgesehen (insb. 9 mm Munition), die Entsorgung tausender Tonnen Schnellfeuer- und Hinterladermunition sowie Treibladungen ungelöst; die bestehenden Alternativen seien entweder das Versenken oder Recyceln. Zudem wären für den Transport in die Tiefseeregionen des Atlantiks viele große Frachter nötig, die sonst wo dringender gebraucht werden. Das Rückgewinnen von Hochexplosivstoffen wie TNT, Amatol oder Cordit-Ladungen für einen späteren Gebrauch in industriellen Prozessen sei – wie die Erfahrungen nach WWI zeigten – sehr gefährlich. Die Behälter für Cordit-Ladungen bestehen nach Aussage des Artikels aus Aluminium und sind daher reizvoll für eine Rückgewinnung. Die Verwendung deutscher Bomben gegen Japan würde durch die Briten geprüft, allerdings verblieben dann immer noch die chemischen Kampfmittel. [JOPLIN GLOBE 1945]
- Der CHICAGO DAILY TRIBUNE beziffert in seiner Ausgabe vom 04.08.1945 die Menge an deutschen konventionellen Kampfmitteln („explosives“), die für die Alliierten unbrauchbar sind und deshalb nach Aussage britischer Offizieller in die Nordsee versenkt würden, auf mehr als eine Million Tonnen; Bomben, Torpedos, Minen, Granaten und 4.500 t chemische Kampfmittel werden laut Artikel von überall aus Deutschland nach Wilhelmshaven gebracht; deutsche Arbeiter unter britischer Aufsicht beladen nicht mehr gebrauchte Schiffe, die dann in Tiefseegebiete gebracht und dort versenkt werden. [CHICAGO DAILY TRIBUNE 1945]
- Bemerkenswert sind die Ausführungen des TIME MAGAZIN vom 06.08.1945: Demnach sei auch die Endlösung für britische Kampfstoff-Bestände im eigenen Land ein großes Problem: Das Versenken sei eine unordentliche („messy“) und möglicherweise gefährliche Prozedur, das Vergraben in der Sahara ein niederschmetterndes Transportproblem, die Umwandlung in brauchbare chemische Produkte viel zu teuer, die Neutralisierung durch chemische Behandlung zu langsam und schwierig, ein Mann-Tag würde benötigt für eine einzige Bombe. [TIME MAGAZIN 1945]
- Der CHICAGO DAILY TRIBUNE erwähnt am 17.08.1945 die Versenkung von 100.000 Tonnen Munition im Mittelmeerraum durch die USA in Verbindung mit „Ausgleichszahlungen“ in Form von Fahrzeugen und Lokomotiven insbesondere an Italien. [CHICAGO DAILY TRIBUNE 1945]

- Erste schon konkretere Berichte zu Versenkungsmaßnahmen stammen aus dem frühen Herbst 1945, wie z.B. durch die NEW YORK TIMES (07.09.1945): Hier wird von enormen Versenkungsmaßnahmen eigener, britischer Bestände im Atlantik, an der Westküste Irlands gesprochen, die mehrere Monate andauern sollen. [NEW YORK TIMES 1945]
- Die Zeitung THE EVENING TRIBUNE berichtet am 13.09.1945 von britischen Lancaster-Bombern, die täglich bei Überflügen in der Nordsee an einer Tiefseestelle 150 km vor der Ostküste viele Tausend überschüssiger Brandbomben („fire-bombs“) versenken sollen. [THE EVENING TRIBUNE 1945]
- Die Zeitung THE PORT ARTHUR NEWS trifft am 05.10.1945 ähnliche Aussagen: Deutsche nicht benötigte konventionelle Kampfmittel und chemische Kampfstoffe („poison gas“) würden in der Nordsee versenkt; Schiffwracks werden von deutschen Arbeitern mit Sprengstoffen, Bomben, Minen, Granaten und Kampfstoffen beladen und in einem abgelegenen Teil der Nordsee versenkt. [THE PORT ARTHUR NEWS 1945]
- Der THE LETHBRIDGE HERALD erwähnt am 26.11.1945 25.000 t deutscher chemischer Kampfmittel, die kürzlich im Skagerrak inklusive sechs alter Schiffe versenkt worden seien, wie der deutsche Nachrichtendienst in der britischen Zone berichtet habe. [THE LETHBRIDGE HERALD 1945]
- Laut THE STARS AND STRIPES, in einer Meldung vom 27.06.1946, werden 8.000 t deutscher Kampfstoffe („poison gas“) auf zwei beschädigte Schiffe verladen; diese werden laut Artikel im späten Juli in der tiefsten Nordsee versenkt; bei der Ladung handelt es sich fast ausschließlich um deutsche 75, 105 und 155 mm Kampfstoffgranaten meist mit Phosgen und Senfgas; begleitet werden die Schiffe durch Navy-Zerstörer und fast 400 Meilen von Bremerhaven entfernt in fast 2 Meilen Tiefe versenkt; die Schiffe müssen geschleppt werden und werden zum Versinken beschossen; zusammen mit dieser Maßnahme seien somit mehr als 35.000 t Kampfstoffe („gas“) seit Ende des Krieges in der Nordsee versenkt worden; Beladehafen ist Bremerhaven. [THE STARS AND STRIPES 1946]
- Nach Angaben des CHICAGO DAILY TRIBUNE vom 20.08.1947 warnt das Dänische Marineministerium die Schifffahrt am 19. August 1947 vor „Giftgaskisten“, die durch Russland in den Fischgründen vor Bornholm versenkt wurden und nun in die Ostsee verdriften. Lokale Behörden warnen die Öffentlichkeit diese Kisten nicht zu berühren, da das Holz möglicherweise „Gas“ absorbiert habe. [CHICAGO DAILY TRIBUNE 1947]
- Die NEW YORK TIMES berichtet in ihrer Ausgabe vom 15.10.1947, das die Russen Hochexplosivstoffe, Fässer mit Kampfstoffen und anderes Material in den Fischgründen der Ostsee versenken; dänisch schwedischer Protest sei adressiert an die sowjetischen Marinestreitkräfte; deutsche Schiffe mit deutschen Besatzungen seien eingesetzt, bewacht von Offizieren und Soldaten; bei den Aktivitäten wären 8 Personen verletzt worden, davon eine Person durch eine Explosion an Bord und Kampfstoffverbrennungen schwer. [NEW YORK TIMES 1947]

- Die Zeitung THE LETHBRIDGE HERALD enthält am 05.09.1947 unter “Highlights in the News” eine Kurzmeldung: Laut Dänischer Behörden haben vier russische Schiffe damit begonnen vor Christiansoe, östlich Bornholms, trotz dänischer Einwendungen Kampfmittel zu versenken. [THE LETHBRIDGE HERALD 1947]
- Die NEW YORK TIMES berichtet am 12.09.1947, dass nach aktuellen (11.09.1947) Darstellungen seitens Dänemark und Schweden russische Funktionäre bekannt gegeben haben, dass Russland keine deutschen Giftgasgranaten und andere Kampfmittel mehr östlich Bornholms versenken würde. Dänen und Schweden hatten gegen die Versenkungen als Gefahr für ihre Fischfangflotten protestiert. Zudem seien Kisten mit Hochexplosivstoffen an die Küsten Bornholms geschwemmt worden. [NEW YORK TIMES 1947]
- Ebenfalls die NEW YORK TIMES berichtet in ihrem Artikel vom 13.06.1948 von Zwischenfällen mit kontaminiertem Fisch: Laut Artikel erkrankten nach Aussagen eines U.S. Army Sprechers eine Anzahl von dänischen und deutschen Fischern nach dem Verzehr von Ostsee-Fisch, der anscheinend durch „Giftgas“ kontaminiert war. [NEW YORK TIMES 1948]
- Am gleichen Tag (13.06.1948) berichtet das LONG BEACH (CALIFORNIA) PRESS TELEGRAM ebenfalls von diesen Zwischenfällen: Der fast gleichlautende Artikel gibt aber noch einige weitere Informationen: Demnach seien einige der Opfer in ernstem Zustand. Zudem sei das in der Ostsee versenkte Giftgas anscheinend in der Nähe von Fischfanggebieten versenkt worden. Allerdings sei es kein „Gas“, das die Amerikaner dort über Bord geworfen hätten. Letztere Aussage (Zitat: „He said it could not have been gas which Americans have jettisoned there“) ist aufgrund der nicht wörtlichen Wiedergabe im Artikel nicht eindeutig zu interpretieren. Ob dies ein Hinweis auf amerikanische Versenkungsaktivitäten von chemischen Kampfmitteln bei Bornholm sein könnte, bleibt somit offen. [LBPT 1948]
- THE WASHINGTON POST erwähnt am 19.07.1948 weitere Versenkungsmaßnahmen: Laut Artikel sollen “nächste Woche” mehr als 2.400 t deutsches “Giftgas” in der Nordsee versenkt werden. Das Phosgen und Senfgas werden auf ein deutsches Frachtschiff geladen, das durch einen U.S. Navy Zerstörer eskortiert und in „zwei Meilen tiefem Wasser“ versenkt werden soll. [THE WASHINGTON POST 1948]
- THE STARS AND STRIPES geht in ihrer Ausgabe vom 29.08.1948 eingehend auf die Probleme der Entsorgung chemischer Kampfstoffe nach der Besetzung Deutschlands und die Entscheidung der U.S. Army die „Gase“ in der „Nordsee“ zu versenken ein. Hierfür wurde Bremerhaven als Sammel- und Lagerpunkt ausgesucht, bis das Material entsorgt werden konnte. Die Fotos des Artikels zeigen die Beladung der „Marcy“ mit etwa 4.000 t „Giftgas“ (zu sehen sind sowohl Kampfmittel als auch eine große Anzahl von Fässern, die laut Artikel mit Senfgas und Phosgen gefüllt sind). Die 1943 torpedierte und schwer beschädigte Marcy wurde laut Artikel „kürzlich“ beladen und etwa 400 Meilen zum „EC toxic gas burying ground“ geschleppt und dort als elftes und letztes Schiff im Rahmen des Versenkungsprogramms versenkt. Der Artikel gibt zu-

dem einen Hinweis, dass das Schiff auch mit „nicht-deutschem“ Giftgas beladen wurde („...mostly German.“). Besonders interessant ist hier der synonyme Gebrauch „Nordsee“ mit dem Großgebiet des Skagerraks, in dem das genannte offizielle Versenkungsgebiet liegt. Ebenso ist dieser Artikel einer der wenigen Hinweise, dass neben deutschen Kampfmitteln aller Wahrscheinlichkeit nach auch alliierte chemische Kampfmittel und Kampfstoffe bei diesen Versenkungsmaßnahmen mitversenkt wurden. [THE STARS AND STRIPES 1948]

In den Folgejahren mehren sich in der internationalen Presse insbesondere Meldungen über Zwischenfälle mit chemischen Kampfmitteln in der Fischerei im Ostseebereich. Anfang der 1960er Jahre verstärken sich dann die öffentlichen Bedenken hinsichtlich der Folgen dieser Versenkungen auch für die Umwelt. Die generell wachsende Sensitivität mündet Ende der 1960er – Anfang der 1970er Jahre in Untersuchungen des Ostseewassers (z.B. an der deutschen Ostseeküste) und einer deutlichen Darstellung der enormen und stark zunehmenden Verschmutzung der Ostsee – nicht nur durch die enormen Versenkungen an chemischen und konventionellen Kampfmitteln in vergangenen Dekaden, sondern insbesondere auch – und hier scheint der Fokus der Öffentlichkeit etwas zu schwenken – durch die Einleitungen aus Industrie und Siedlungen (vgl. u.a. [NEW YORK TIMES 1970] oder [THE WASHINGTON POST 1970]).

4.4 Überblick über die Versenkungsaktivitäten in der Ostsee und dem Skagerrak

Die Masse der Versenkungen chemischer und konventioneller Kampfmittel in der Ostsee und der Skagerrak-Region begannen mit entsprechenden Aktivitäten der Deutschen Wehrmacht in den letzten Kriegswochen bzw. den großmaßstäblichen Versenkungen der Alliierten unmittelbar nach der Kapitulation Deutschlands im Zweiten Weltkrieg. Nachfolgend sollen diese Versenkungsmaßnahmen zunächst grob umrissen und dargestellt werden. Detailinformationen zu den einzelnen Versenkungsgebieten und dem im Rahmen der vorliegenden Arbeit erarbeiteten jeweiligen Kenntnisstand werden in den anschließenden Kapiteln behandelt.

Über Versenkungen im betrachteten Ostseeraum vor dieser Zeit, insbesondere im Bezug auf den Ersten Weltkrieg, wie durch Belgien, die USA und UK in der Nordsee und dem Atlantik realisiert (vgl. Kapitel 4.3), liegen kaum Informationen vor. [OBERHOLZ 2001] deutet eine Nutzung des „Adlergrundes“, ein Gebiet südwestlich Bornholms auf halber Strecke zwischen Bornholm und Rügen mit Wassertiefen bis über 70 m, für Versenkungsmaßnahmen von Kampfmitteln (ohne weitere Präzisierung der Art) nach dem Ersten Weltkrieg an. [THIEME 1999] bestätigt die Versenkung geringer Mengen an konventionellen Kampfmitteln nach dem Ersten Weltkrieg: Demnach explodierte am 28.09.1920 nahe des Hafens Kiel auf der Höhe Stein (Ostufer Ausgang Kieler Förde) ein mit Munition zur Versenkung beladener Dampfer des Munitionsdepots Dietrichsdorf. Zudem wird in einer Aktennotiz zur Besprechung im Ministerium für Handel und Gewerbe am 25.08.1921 auf stattgefundene Munitionsversenkungen im Meer hingewiesen, konkret auf die Versenkung von Leuchtmunition bei Helgoland. Anfang 1922 wird laut [THIEME 1999] die Versenkung von Perchlorat-Minen im Meer als das „schnellste und billigste Verfahren“ zur Vernichtung bewertet. Aufgrund der Gefährlichkeit bei Verladung und Transport wurde dieser Lösungsansatz aber später wieder verworfen, wobei laut Autor der besagten Quelle keine Hinweise auf die Durchführung dieser Versenkungen vorliegen. [RAPSCH & FISCHER 2000] erwähnen außerdem zumindest die Möglichkeit von Versenkungen chemischer Kampfmittel aus dem Ersten Weltkrieg im Bereich der Jade (Bereich der Nordsee südlich der Nordseeinsel Mellum), wo sich 1954 drei Unfälle mit Kampfstoffen ereigneten, die nach der Art der Verletzungen auf Senfgas hinwiesen und aus dem Ersten Weltkrieg stammen könnten.

Bezüglich konkreter Versenkungsmaßnahmen im Kontext des Zweiten Weltkrieges und den Folgejahren liegen für den Ostseeraum erheblich mehr Informationen vor. Das Ausmaß der Versenkungen an chemischen und konventionellen Kampfmitteln soll nachfolgend zunächst im Überblick erläutert werden. Detaillierte Ausführungen hierzu finden sich im späteren Kapitel 4.5 sowie im Rahmen der Neubewertung in Kapitel 5.2 ff.

Versenkung chemischer Kampfmittel in der Ostsee und dem Skagerrak

Auf Befehl der deutschen Wehrmacht wurden die chemischen Kampfmittelarsenale unter anderem aus gefährdeten Bereichen – also durch das Vorrücken der Alliierten und von Artillerieeinsatz und Flächenbombardements betroffene Gebiete – verlagert, und man begann seitens der Kriegsmarine, wie eingangs erwähnt, bereits in den letzten Kriegsmonaten mit der Versenkung eines kleinen Teils der betroffenen Kampfmittel [BSH 1993; THEOBALD 2002].

Die Siegermächte führten diese Maßnahmen laut [JÄCKEL 1971] bereits seit Juni 1945, also nur wenige Wochen nach der Kapitulation Deutschlands, im Rahmen ihrer Demilitarisierungsaktivitäten fort (vgl. hierzu z.B. auch [RAPSCH & FISCHER 2000]).

Laut Bericht der Helsinki Kommission [HELCOM 1994], der sich in großen Teilen fast wörtlich auf den ein Jahr zuvor veröffentlichten Bericht des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie [BSH 1993] stützt, wurden im Helsinki-Konventions-Gebiet als auch im Skagerrak folgende Mengen und Arten an chemischen Kampfmitteln versenkt:

Tabelle 7: Chemische Kampfmittel-Versenkungen im Helsinki-Konventionsgebiet (nach [HELCOM 1994])

Versenkungsgebiet	Menge an Kampfmittel (in Tonnen)	Menge an enthaltenen Kampfstoffen (in Tonnen)	Art der enthaltenen Kampfstoffe
Bornholmer Becken (östlich von Bornholm)	ca. 32.000	ca. 11.000	Senfgas, Zähllost, Clark I, Clark II, Adamsit, Chloracetophenon (ungesichert: Phosgen, N-Lost, Tabun)
Östlich Bornholms	8.000 (ungesicherte Angabe)	k.A.	keine Informationen
Südwestlich Bornholms	ca. 15.000 (ungesicherte Angabe)	k.A.	keine Informationen
Gotland Becken (südwestlich von Liepaja)	ca. 2.000	ca. 1.000	Senfgas, Adamsit, Chloracetophenon
Kleiner Belt	ca. 5.000	ca. 750 (15 % Kampfstoffgehalt angenommen)	Tabun, Phosgen
Masekär (westlich Schwedens; außerhalb des Helsinki- Konventionsgebietes)	ca. 20.000 (ungesicherte Angabe)	-	Senfgas (sonstige Arten ungesichert)

Die angeführten Versenkungen im Bornholmer Becken (32.000 t brutto) und Gotland Becken (2.000 t brutto) basieren alleine auf sowjetischen Versenkungen 1947 und 1948. Die für den Kleinen Belt angegebenen Mengen enthalten bereits die korrigierte Menge an chemischen Kampfmitteln nach Bergung der beiden dort zunächst durch die deutsche Kriegsmarine in den letzten Tagen des Zweiten Weltkriegs versenkten Schiffwracks mit etwa 69.000 Tabungranaten, die dann 1959/1960 geborgen, in Beton gegossen und in der Biskaya wieder rückversenkt wurden [THEOBALD 2002].

Hinsichtlich der enthaltenen Kampfstoffmenge überrascht zunächst die Angabe für das Gotland Becken. Hier wurden etwa 2.000 t an chemischen Kampfmitteln, allerdings mit einem Kampfstoffgehalt von etwa 1.000 t netto versenkt, was einen Gewichtsanteil von 50 % Kampfstoff an der Bruttogesamtmenge bedeutet. Dieses Verhältnis erklärt sich insbesondere bei Betrachtung von Tabelle 10 in Kapitel 4.5.2, die auf die Zusammensetzung der Kampfmittel eingeht: Hierbei überwog deutlich der Anteil an Kampfstoffbomben (etwa 60 Gew.-% Kampfstoffinhalt) und somit sehr hohen Kampfstoffnettomengen gegenüber den Kampfstoffgranaten (etwa 10 bis 20 Gew.-% Kampfstoffinhalt) (vgl. hierzu auch die Angaben der im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellten „Kampfmitteldatenbank“ in Kapitel 10.2 auf Seite 352 ff).

Laut vorangehenden Angaben der HELCOM wurden somit etwa 39.000 bis 62.000 t an chemischen Kampfmitteln nach dem Zweiten Weltkrieg durch die Besatzungsmächte in der Ostsee versenkt, der Bereich des Skagerraks – mit weiteren 20.000 t – wird nur im südlichen Be-

reich betrachtet. Die nach HELCOM-Angaben „gesicherten“ Versenkungsmaßnahmen resultieren in einer Kampfstoffmenge von etwa 12.750 t im Kernbereich der Ostsee, für den südlichen Skagerrak werden keine enthaltenen Kampfstoffmengen genannt. Versenkungen vor dem Zweiten Weltkrieg und nach 1948 werden nicht berücksichtigt und entsprechend nicht aufgeführt (siehe hierzu insbesondere die nachfolgenden Neubewertungen in Kapitel 5).

Bezüglich einer präziseren quantitativen und qualitativen Trennung liegen derzeit nur Informationen über die Versenkungsaktivitäten Russlands bei Bornholm und Gotland vor, über die nachfolgende Tabelle 8 einen Überblick gibt. Eine detaillierte Betrachtung der unterschiedlichen Versenkungsgebiete erfolgt im Kapitel 4.5 sowie den Neubewertungen in Kapitel 5.

Tabelle 8: In der Ostsee durch Russland 1947/1948 versenkte chemische Kampfmittel und Kampfstoffinhalte (nach [RUSFED 1993])

Typ der Chemischen Kampfmittel	Adamsit (***)		Arsenhaltige Kampfstoffe		Chloracetophenon		Senfgas		Sonstige		Gesamt	
	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück
Flugzeug-Bomben	642	8.081	984	9.059	520	5.199	6.432	71.469	-	-	8.578	93.808
Artillerie-Granaten	66	32.203	-	-	39	54.002	729	329.131	-	-	834	415.336
Hochexpl. Bomben	-	-	-	-	-	-	341	34.162	-	-	341	34.162
Minen	-	-	-	-	-	-	46	10.420	-	-	46	10.420
Encasements (*)	753	-	221	-	-	-	87	-	80	-	1.141	-
Rauchgranaten	71	35.040	-	-	-	-	-	-	-	-	71	35.040
Container	-	-	1.004	1.004	-	-	-	-	-	-	1.004	1.004
Fässer	20	693	-	1.558	-	-	-	529	-	600	20	3.380
Trommeln	-	7.526	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.526
"Dosen" (**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.860	-	7.860
Gesamt	1.552	83.543	2.209	11.621	559	59.201	7.635	445.711	80	8.460	12.035	608.536

(*) bezeichnet als Sammelbegriff gemäß [RUSFED 1993] Fässer mit 100/150 und 250 l Inhalt sowie Trommeln mit 100 kg und Container mit 1.000 kg Inhalt.

(**) laut [RUSFED 1993] waren die besagten "Dosen" mit 0,3 kg Kampfstoff gefüllt und sind wie die Trommeln teilweise unter "Encasements" subsummiert. Es handelt sich bei den "Dosen" wohl um Zyklon-B, das in solchen Behältern gelagert wurde.

(***) Adamsit wurde durch Russland als Reizstoff, nicht als klassischer arsenhaltiger Kampfstoff angesehen und ist dementsprechend hier separat gelistet.

Die Versenkungsaktivitäten im Bereich des westlichen Skagerraks wurden durch Berichte der OSPAR in 2004 [OSPAR 2004] und 2005 [OSPAR 2005] jeweils in überarbeiteter Form, u.a. basierend auf neuen Untersuchungen der hier versenkten Schiffe durch das Norwegische Verteidigungsministerium in 2002 [FFI 2002] behandelt. Man geht hier von einer versenkten Menge an chemischen und konventionellen Kampfmitteln von etwa 168.000 t in einer Wassertiefe von 600 bis 700 m aus, die, inklusive etwa 26 Schiffen, die zum Transport der Kampfmittel genutzt wurden, südöstlich Arendals versenkt wurden [OSPAR 2005]. Andere Quellen nennen bis zu 270.000 t an Kampfmitteln, die durch Großbritannien und die USA im Bereich des Skagerraks im Rahmen der genannten Aktivitäten versenkt worden sein sollen (z.B. [TALMAGE 2007]).

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt die Wassertiefen im Bereich des Skagerraks sowie die ungefähre Lage des Arendal-Versenkungsgebietes (rotes Kreuz). Zusätzlich wurden neben der Arendal-Region auch Gebiete an der Südspitze Norwegens (Lista-/Kristiansand-Region) und vor der Südwestküste Schwedens (Lysekil-/Masekaer-Region) zur Versenkung von Kampfmitteln und teilweise damit beladener Schiffe genutzt (siehe hierzu auch Abbildung 2). Zu Art und Mengen der dort versenkten Kampfmittel liegen laut [OSPAR 2005] kaum bzw. keine konkreten Informationen vor. Die in [FFI 2002] verfügbaren Schiffslisten und Wrackpositionen lassen aber zumindest eine teilweise Zuordnung von Anzahl und Namen der in den unter-

schiedlichen Versenkungsgebieten im Skagerrak befindlichen Schiffe zu. Eine entsprechende Auswertung findet sich in Kapitel 4.5.4 sowie 5.3 dieser Arbeit.

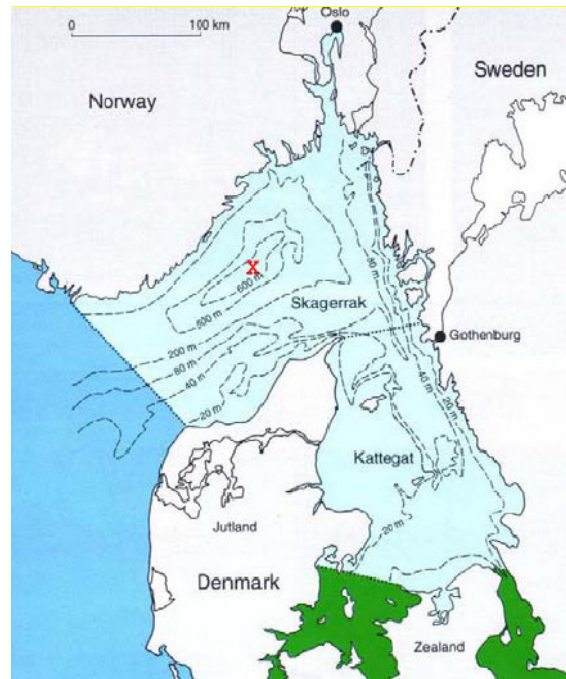


Abbildung 3: Wassertiefe und Position des Arendal-Versenkungsgebiets im Skagerrak (in [FFI 2002])

Versenkung konventioneller Kampfmittel in der Nord- und Ostsee

Neben den bereits behandelten chemischen Kampfmitteln wurden nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg auch massiv konventionelle Kampfmittel in Nord- und Ostsee versenkt. [JÄCKEL 1971] nennt in Berufung auf Schätzungen von Experten eine Gesamtmenge von einer Million Tonnen „Munition“, die nach dem 2. Weltkrieg in der Nordsee von den Anliegerstaaten versenkt wurden. [LIEBEZEIT 2002] geht von einer Gesamtmenge von versenkten Kampfmitteln – fast ausschließlich konventioneller Art, allerdings nicht nur deutschen sondern auch alliierten Ursprungs – von 750.000 bis 1,5 Mio. Tonnen alleine im Bereich der deutschen Nordseeküste aus, davon etwa 75 % der Gesamtmenge entlang der niedersächsischen Küste.

Im Bereich der **deutschen Nordseeküste** sind zahlreiche Versenkungsgebiete für Kampfmittel im Nationalpark Wattenmeer und im offenen Seegebiet sowie eine Versenkungsstelle in der Eider bei Tönning auf den amtlichen Seekarten mit dem Attribut „unrein (Munition)“ gekennzeichnet [KOCH & NEHRING 2007]. [LIEBEZEIT 2002] nennt eine Gesamtzahl von 16 Versenkungsstellen an der deutschen Nordseeküste, acht davon in niedersächsischen Küstengewässern, je vier im Bereich von Sylt und Helgoland. Hinzu kommen zahlreiche Verdachtsflächen, deren Kampfmittelbelastung zwar festgestellt oder vermutet wird, in aktuellen Seekarten aber nicht – oder mit anderer Bezeichnung – geführt werden. Einen diesbezüglichen Überblick gibt Abbildung 4. Besonders prekär ist der Tatbestand, dass große Teile der Kampfmittel nach wie vor auf dem Sediment vorhanden- und nicht im Schlick versunken sind und zudem – wie am Beispiel der Hooksierler Platte belegt – oftmals bei Ebbe offen im Watt liegen und nicht einmal mehr mit Wasser bedeckt sind [LIEBEZEIT 2002].

Trotz recht umfangreicher Bergungen durch sogenannte „Munitionsfischer“⁽³⁴⁾ in den Jahren 1947 bis 1958, bei denen wahrscheinlich etwa 250.000 – 350.000 Tonnen Kampfmittel aus den Munitionsversenkungsgebieten gehoben wurden, ist im Bereich der deutschen Nordseeküste noch von einer Kampfmittelbelastung von mindestens 400.000 Tonnen konventioneller Munition auszugehen ([KULTURTECHNIK 1990], [BBS CONSULTING 1993]). Nach [LIEBEZEIT 2002] ist in diesem Kontext noch mit bis zu etwa 500.000 t an konventionellen Kampfmitteln zu rechnen, [NEHRING 2005] geht im Rahmen eines „Worst Case“-Szenarios von bis zu 1,3 Mio. Tonnen an verbliebenen Kampfmitteln im Bereich der deutschen Nordseeküste aus.

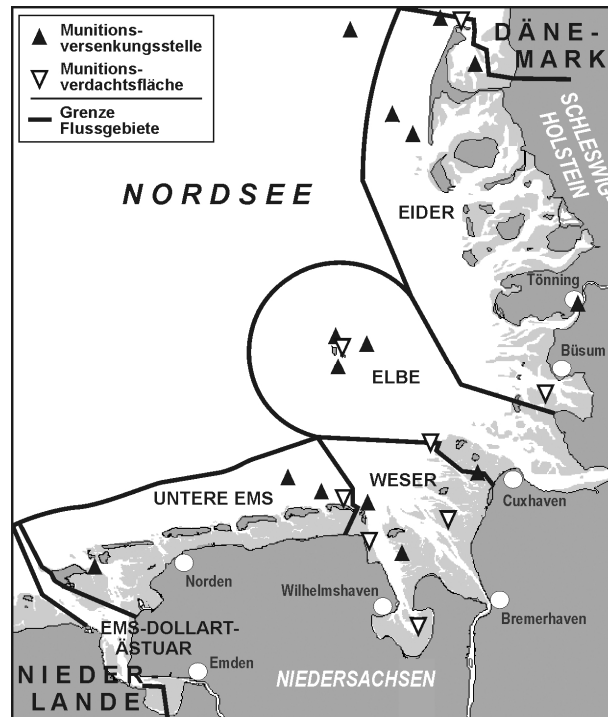


Abbildung 4: Munitionsbelastung und Flussgebiete im Geltungsbereich der Wasserrahmenrichtlinie an der deutschen Nordseeküste [KOCH & NEHRING 2007]

Die Mengen der *in der Ostsee* versenkten konventionellen Kampfmittel sind – entgegen verfügbarer Informationen im Falle der Nordsee – überhaupt nicht bekannt. Die „Unübersichtlichkeit“ der diesbezüglich gegebenen Situation an der deutschen Ostseeküste wird auch im Rahmen eines Sondergutachtens des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen [SRU 2004] bemängelt. Nach Angaben der schleswig-holsteinischen Landesregierung handelt es sich bei den hier versenkten konventionellen Kampfmitteln überwiegend um Torpedos, Fliegerbomben, Seeminen, groß- und kleinkalibrige Granaten sowie Kleinmunition [SHL 2001].

Laut [THAMM 2002] wurden alleine 23.445 t an Marinekampfmitteln (u.a. Torpedos, Grundladungen sowie Zündsysteme und Geschützmaterial) durch britische Dienstgruppen über Kiel verschifft und in der Ostsee versenkt. Andere Experten (vgl. u.a. [NEHRING 2005]) vermuten

³⁴ Unter „Munitionsfischen“ versteht man das Bergen von versenkten Kampfmitteln z.B. durch Elektromagneten oder einfache Greifer vom Meeresgrund bzw. durch einspülbare Magneten sogar aus Sedimentschichten. Die Munitionsfischer (meist Fischer mit ihren Trawlern und deren Besatzungen) verkauften die Kampfmittel an Zerlegebetriebe, die rückgewonnene Sprengstoffe und Metalle wiederum z.B. an die Industrie verkauften.

etwa 100.000 t konventioneller Kampfmittel in der Ostsee, darunter auch eine Vielzahl noch nicht geborgener Seeminen aus den ehemaligen Seeminengürteln zum Schutz aber auch zur Blockade deutscher Häfen im Zweiten Weltkrieg.

Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt bestätigte Kampfmittel-Versenkungsgebiete sowie entsprechende Verdachtsgebiete an der deutschen Ostseeküste. Meist handelt es sich bei den versenkten Kampfmitteln um konventionelle Kampfmittel (siehe hierzu Kapitel 5).

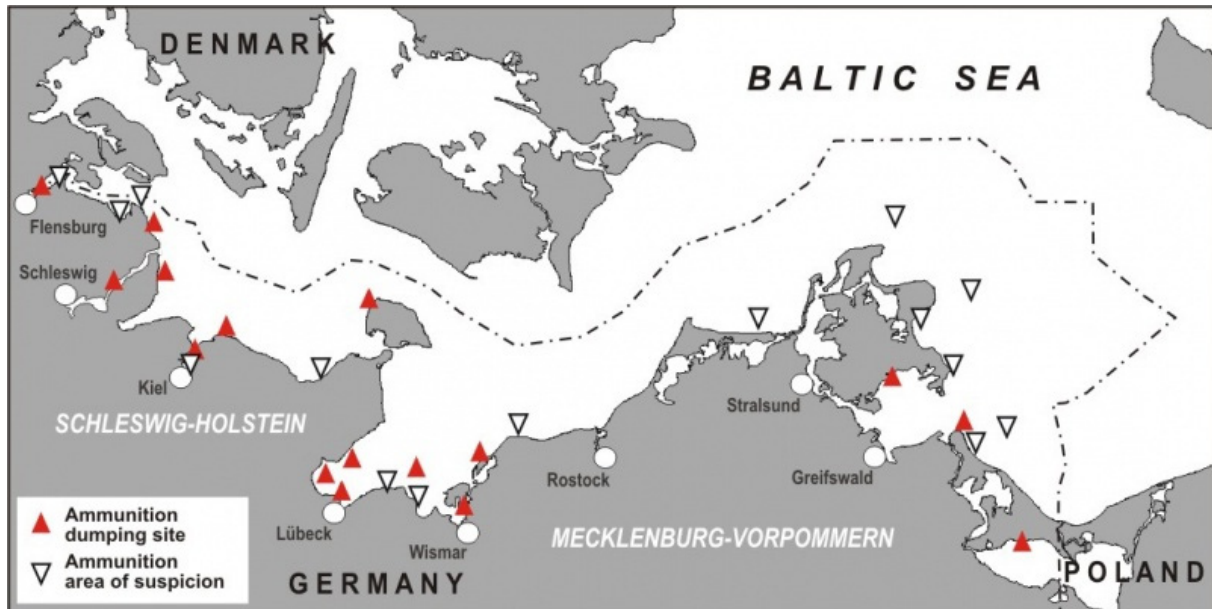


Abbildung 5: Versenkungs- und Verdachtsgebiete für Kampfmittel an der deutschen Ostseeküste [KOCH ET AL. 2008]

Nachfolgend werden die Versenkungsgebiete in Ostsee und Skagerrak sowie die dort offiziell vermuteten Kampfmittel- und Kampfstoffmengen eingehend betrachtet.

4.5 Detailbetrachtung der relevanten Hauptversenkungsgebiete

Nachfolgend soll detailliert auf die im Rahmen der Arbeit betrachteten und neu zu bewertenden Versenkungsgebiete im Bereich der Ostsee und des Skagerrak eingegangen werden. Die Betrachtungen umfassen neben den geologischen und hydrographischen Grundlagen eine Darstellung des Kenntnisstandes bezüglich der jeweiligen Versenkungsaktivitäten vor Erstellung der vorliegenden Arbeit sowie aktueller Erkenntnisse und Forschung.

Grundsätzlich gliedern sich die nachfolgenden Betrachtungen der einzelnen Schwerpunktversenkungsgebiete in folgende Unter Aspekte:

- eine Einführung mit einer kurzen Darstellung des allgemeinen Kenntnisstandes hinsichtlich der spezifischen Versenkungsaktivitäten chemischer Kampfmittel
- eine Darstellung der geologischen und hydrographischen Charakteristika
- einen kurzen Überblick über – soweit vorhanden – bisherige Untersuchungsergebnisse bezüglich der betrachteten Versenkungsgebiete und aktuelle Forschungsprojekte

4.5.1 Bornholm

Einführung

Das Bornholmer Becken repräsentiert bezüglich der Versenkungsaktivitäten nach dem Zweiten Weltkrieg das Hauptversenkungsgebiet für chemische Kampfmittel in der Kernostsee. Hier wurden laut [BSH 1993] in den Jahren 1947/48 etwa 35.000 t an chemischen Kampfmitteln – hauptsächlich Bomben und Granaten – gefüllt mit Schwefel-Lost, Zähllost und arsenhaltigen Kampfstoffen wie Clark I und II sowie Adamsit durch die Sowjetische Militäradministration (SMAD) versenkt. Die chemischen Kampfmittel enthielten des weiteren Chloracetophenon [RUSFED 1993], aber auch andere Kampfstoffe wie Stickstoff-Lost, Phosgen, Tabun und Zyklon B können laut [BSH 1993] nicht ausgeschlossen werden. Gerade die Versenkung des Nervenkampfstoffes Tabun kann aufgrund von entsprechenden Kampfmittelfunden im Hafenbecken von Wolgast – einem der bedeutendsten Ausgangshäfen für Versenkungsaktivitäten bei Bornholm nach dem Zweiten Weltkrieg – nicht ausgeschlossen werden⁽³⁵⁾ [THEOBALD 2002]. Des Weiteren wurde aber auch eine große Zahl an Containern und sonstigen Behältnissen versenkt, die große Mengen noch unverfüllter Kampfstoffe enthielten.

Die Kampfmittel selbst waren wiederum meist in Packgefäßen, anfänglich sogar Holzboxen verpackt, die unter anderem zu erheblichen Problemen mit Aufschwimmen und daraus resultierendem Verdriften der meist händig über Bord geworfenen Kampfmittel führte (vgl. hierzu u.a. [JÄCKEL 1969] sowie [HELCOM 1994]). Allerdings gibt es Hinweise, dass auch Schiffe mit chemischen Kampfmitteln im Rahmen der alliierten Demilitarisierungsmaßnahmen vor Bornholm versenkt wurden: Laut [BSH 1993] wurden basierend auf Zeugenaussagen auf Veranlassung der Britischen Militäradministration (BMAD) 1946 vier Schiffe mitsamt etwa

³⁵ 1964 wurden 462 Tabungranaten aus dem Hafen Wolgast geborgen und im Europäischen Nordmeer rückversenkt [BSH 1993]. Es wird vermutet, dass diese Granaten ursprünglich zur Versenkung bei Bornholm oder Gotland vorgesehen waren und durch einen Zwischenfall auf den Grund des Wolgaster Hafens gelangten.

15.000 t chemischer Kampfmittel südwestlich von Rönne (Bornholm) versenkt. Diese Versenkungsaktivitäten gelten jedoch nicht als gesichert. Gleiches gilt für eine ebenfalls auf 1946 datierte Versenkung von angeblich 8.000 t chemischer Kampfmittel durch die BMAD wobei zwei weitere Schiffe östlich Bornholms versenkt worden sein sollen [BSH 1993]. [BRAUCH 1982] deutet russische Versenkungen von Senfgasbomben südlich und östlich Bornholms an. [LAURIN 1997] erwähnt im Kontext der alliierten Versenkungsmaßnahmen – neben der gebräuchlichen händischen Versenkung über die Bordwand – auch die Versenkung von vier oder fünf Minenräumern mit Kampfmitteln sowie mehrerer nicht militärischer Schiffsrümpfe nordöstlich Bornholms. Diese Aussagen stimmen mit den Angaben in [BSH 1993] überein, wobei das BSH diese versenkten Rümpfe den Versenkungen der späteren DDR zuordnet, nicht aber den Jahren 1945 bis 1948.

Die nachfolgende Tabelle 9 zeigt eine detaillierte Übersicht über die Kampfmittelversenkungen bei Bornholm unter Kontrolle der Sowjetischen Militäradministration nach dem Zweiten Weltkrieg:

Tabelle 9: Detaillierte Auflistung der durch Russland bei Bornholm 1947/48 versenkten chemischen Kampfmittel und enthaltene Kampfstoffe (nach [RUSFED 1993], überarbeitet)

Typ der Chemischen Kampfmittel	Adamsit (***)		Arsenhaltige Kampfstoffe		Chloracetophenon		Senfgas		Sonstige		Gesamt	
	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück
<i>Flugzeug-Bomben</i>	591	7.388	906	8.338	479	4.785	5.920	65.779	-	-	7.896	86.290
<i>Artillerie-Granaten</i>	61	29.639	-	-	36	49.702	671	302.926	-	-	768	382.267
<i>Hochexpl. Bomben</i>	-	-	-	-	-	-	314	31.442	-	-	314	31.442
<i>Minen</i>	-	-	-	-	-	-	42	9.590	-	-	42	9.590
<i>Encasements (*)</i>	693	-	203	-	-	-	80	-	74	-	1.050	-
<i>Rauchgranaten</i>	65	32.250	-	-	-	-	-	-	-	-	65	32.250
<i>Container</i>	-	-	924	924	-	-	-	-	-	-	924	924
<i>Fässer</i>	-	693	-	1.434	-	-	-	487	-	552	-	3.166
<i>Trommeln</i>	18	6.927	-	-	-	-	-	-	-	-	18	6.927
<i>"Dosen" (**)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.234	-	7.234
Gesamt	1.428	76.897	2.033	10.696	515	54.487	7.027	410.224	74	7.786	11.077	560.090

(*) bezeichnet als Sammelbegriff gemäß [RUSFED 1993] Fässer mit 100/150 und 250 l Inhalt sowie Trommeln mit 100 kg und Container mit 1.000 kg Inhalt

(**) laut [RUSFED 1993] waren die besagten "Dosen" mit 0,3 kg Kampfstoff gefüllt und sind wie die Trommeln teilweise unter "Encasements" subsummiert. Es handelt sich bei den "Dosen" wohl um Zyklon-B, das in solchen Behältern gelagert wurde.

(***) Adamsit wurde durch Russland als Reizstoff, nicht als klassischer arsenhaltiger Kampfstoff angesehen und ist dementsprechend hier separat gelistet.

Basierend auf vorangehender Tabelle 9 wurde hauptsächlich Senfgas (63 % Gewichtsanteil an der Gesamtmenge versenkter Kampfstoffe) versenkt, gefolgt von arsenhaltigen Kampfstoffen (inklusive Adamsit), die einen Gewichtsanteil von etwa 31 % an der Gesamtmenge hatten.

Versenkungsaktivitäten sind aber auch aus späterer Zeit bekannt: Im Zeitraum 1952 bis 1956 versenkten Behörden der DDR 200 bis 300 t an chemischen Kampfmitteln, die nach 1952 auf deren Territorium gefunden wurden. Diese Mengen umfassen 120 bis 200 t chemischer Kampfmittel, die durch die Bezirksbehörde der deutschen Volkspolizei (BDVP) Schwerin bzw. die Volksmarine inklusive 4 bis 5 Minenräumbooten der ehemaligen Kriegsmarine sowie 1 bis 2 Schiffkörper ziviler Herkunft gesichert im Seegebiet um Bornholm versenkt wurden [BSH 1993]. Des Weiteren wurden laut Augenzeugenberichten 1956 vier ostdeutsche Küsten-Patrouillenschiffe mit etwa 50 t chemischer Kampfmittel südwestlich von Rönne versenkt (ebenfalls [BSH 1993]). Letztgenannte Versenkung gilt als unbestätigt. Versenkungsaktivitäten der ehemaligen DDR erstreckten sich laut [LAURIN 1997], bezugnehmend auf ein dänisches Dokument aus dem Jahre 1985, bis 1965 und umfassten „mehrere Hundert Tonnen

chemischer Kampfmittel“. Laut [EPA DK 1992] wurden zwischen 1953 und 1965 etwa 90 t chemischer Kampfmittel östlich Bornholms versenkt.

Die Spekulationen hinsichtlich der tatsächlich im Bereich Bornholms versenkten Mengen sind – wie für andere Versenkungsgebiete – mannigfaltig. [ANGERER 1985] zitiert die Aussage eines Mitarbeiters der Kommandantur des Marinedistrikts Bornholms, der von 150.000 t chemischer Kampfmittel östlich Bornholms ausgeht. Weniger belastbare Quellen vereinnahmen die etwa 300.000 t an chemischen Kampfmitteln, die sehr wahrscheinlich insgesamt im Skagerrak und der Ostsee versenkt wurden, gerne für Bornholm alleine (vgl. z.B. Medienberichte in [EPA DK 1992]) und sprechen zudem dann noch von „Kampfstoffen“, nicht „chemischen Kampfmitteln“.

Geographische, geologische und hydrographische Charakteristika

Laut [HELCOM 1994] fanden die Versenkungen chemischer Kampfmittel bei Bornholm in den Jahren unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg hauptsächlich in einem kreisförmigen Gebiet mit einem Radius von etwa 3 Seemeilen um die Position 55° 21' 0" Nord und 15° 37' 02" Ost statt, andere Berichte benennen laut [MERCW 2006] ein erweitertes Gefahrengebiet zwischen 55° 10' N und 55° 23' N sowie 15° 24' E und 15° 55' E (siehe hierzu auch Abbildung 6). In der Realität ist diese Kernzone der Aktivitäten allerdings eher als theoretisch anzusehen, da zur damaligen Zeit keine hochgenauen Navigationsinstrumente verfügbar waren, die Schiffe teilweise während des Versenkens nicht ankerten (vgl. z.B. [JÄCKEL 1969] oder [EPA DK 1992]), die Kampfmittel in Packgefäßen oftmals aufschwammen und weit verdrifteten (z.B. [JÄCKEL 1969]), bevor sie letztendlich im Meer versanken, die Kampfmittel in den Folgejahren aber auch durch die Schleppnetzfisherei erheblich verschleppt und weitläufig verteilt wurden (u.a. [BSH 1993] sowie [HELCOM 1994]). In diesem Zusammenhang ist ebenfalls das Spezifikum des sogenannten „en route dumpings“⁽³⁶⁾ zu beachten, auf das in Kapitel 4.5.5 detaillierter eingegangen wird (vgl. u.a. [SCHULZ-OHLBERG ET AL. 2002]).

Die Wassertiefe im Bereich des Versenkungsgebietes nordöstlich Bornholms variiert laut [BSH 1993] zwischen etwa 70 und 105 m, was auch aus nachfolgender Abbildung 6 ersichtlich ist.

³⁶ Grundsätzlich versteht man darunter eine Versenkung von Teilen oder sogar ganzen Ladungen von zur Versenkung an den offiziellen Versenkungsgebieten vorgesehenen Kampfmitteln bereits auf den Transportwegen zu den betreffenden Meeresgebieten. Diese „wilden“ Versenkungen waren insbesondere bei Schlechtwetterlagen an der Tagesordnung, wurden aber auch durch Pauschalbezahlungen der Schiffseigner und Besatzungen begünstigt, die somit eine reduzierte Motivation hatten, die oftmals tagelange Reise zu den offiziellen Versenkungsgebieten überhaupt anzutreten. Basierend auf zahlreichen Augenzeugenaussagen wurde oftmals bereits aus den Starthäfen auslaufend mit der Versenkung problemlos handelbarer Kampfmittel begonnen.

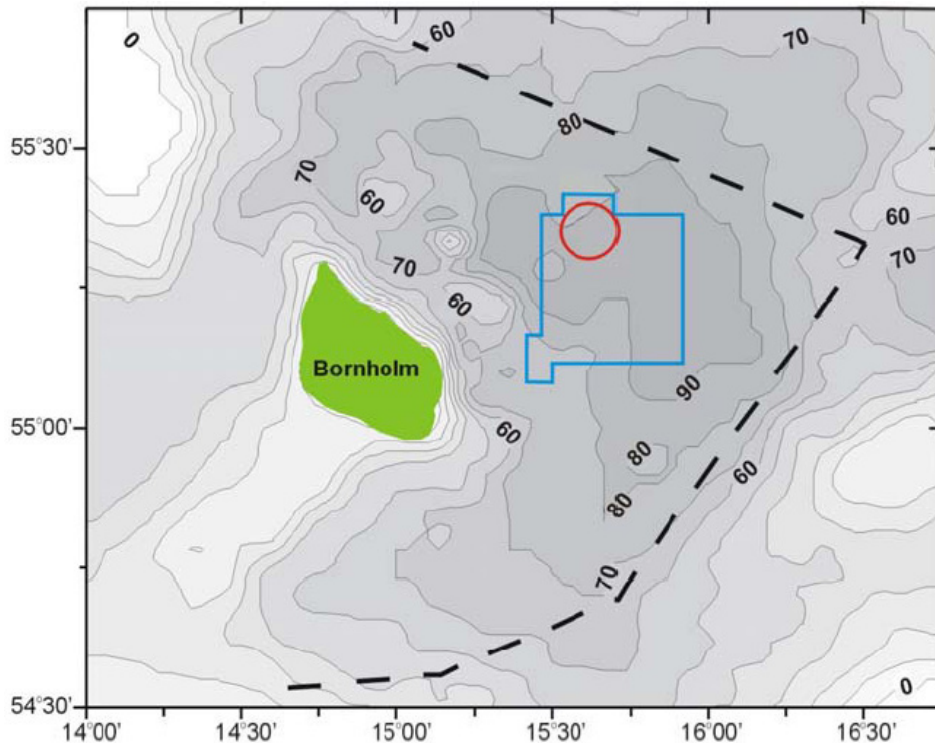


Abbildung 6: Position und Wassertiefen des Versenkungsgebietes nordöstlich Bornholms [MERCW 2006]

Aus geologischer Sicht ergibt sich für das Bornholmer Becken folgende Charakteristik: Die Ablagerungen aus dem Quartär im Bornholmer Becken haben eine durchschnittliche Mächtigkeit von 20 bis 50 m, lokal sogar bis 80 m. Sie bestehen hauptsächlich aus glazialen Geschiebelehm- & Mergel sowie Tonen und Schlick. Im südlichen Teil des Beckens können die Lehme und Mergel Mächtigkeiten von 20 bis 30 m erreichen, wobei Bändertone häufiger im nördlichen Teil anzutreffen sind. [MERCW 2006]

Weite Teile des Beckens sind mit Schlamm-/Schlickschichten von mehreren Metern – größtenteils von 5 bzw. 6 m bis hin zu 10 Metern Mächtigkeit überdeckt [BSH 1993], [HELCOM 1994]. Die Sedimentierungsrate liegt bei über 0,3 mm im Jahr und kann in manchen Bereichen bis zu 1 mm betragen, was in 60 Jahren einer Schichtmächtigkeit von 6 cm entspräche. Der Schlick ist flüssig bis halbflüssig und besteht aus einem hohen Feinstkornanteil (< 0,01 mm) von 70 bis 87 %. Der Sandanteil (1,0 bis 0,1 mm Korngröße) beträgt meist unter 1 %. [MERCW 2006]

Die Verteilung der unterschiedlichen Bodensedimente lässt sich recht weit an der Positionierung der Halokline (Salzgehaltssprungschicht, im Bornholmer Becken bei etwa 55 bis 65 m) festmachen: so treten Sande und grober Schlick hauptsächlich oberhalb, Lehme unterhalb der Sprungschicht auf. Allerdings ist eine der Charakteristika der Tiefengebiete im Bornholmer Becken das teilweise völlige Nichtvorhandensein von Schlick oder dessen signifikant verminderte Mächtigkeit, was wohl auf die recht hohen Grundströmungsgeschwindigkeiten zurückzuführen ist, die eine Akkumulation von feinlehmigem Material verhindern. [MERCW 2006]

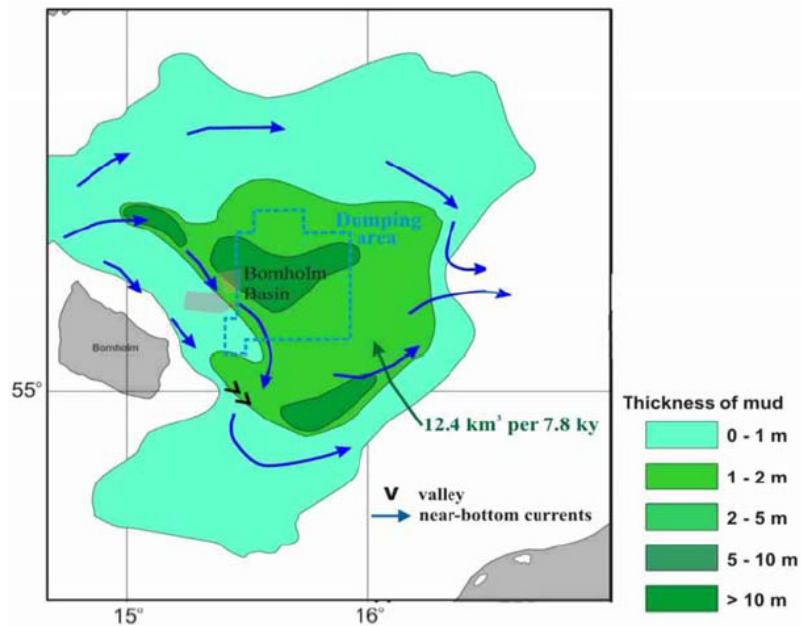


Abbildung 7: Mächtigkeit und Zonierung der Schlammschichten im Bereich des Versenkungsgebietes nordöstlich Bornholms [MERCW 2006]

Aus hydrographischer Sicht repräsentiert das Bornholmer Becken eine wichtige Pufferzone des dichten Salzwassereinstroms aus dem Skagerrak in das Gotland Becken. Von hier strömt – abgesehen von starken Abbrüchen u.a. auf Basis saisonaler Effekte – permanent dichtes Salzwasser in das Gotland Becken. Erneuerungen des dichten Bornholmer Tiefenwassers basieren auf Einflüssen aus der Skagerrak Region sowie dem Arkona Becken (nordöstlich Rügens). Diese Strömungen sind zwar nicht in der Lage, die sehr dichten bodennahen Wasserschichten zu ersetzen, verhindern aber dennoch aufgrund von Verwirbelungen Sedimentationseffekte. [PAKA & SPIRIDONOV 2002]

Die Wasserschichtung im Bornholmer Becken kann in einen oberen und unteren Teil unterschieden werden, wobei der obere Teil hauptsächlich aus Frischwasser mit einem Salzgehalt von 8 ‰ gebildet wird und bis auf etwa 50 m Tiefe reicht und langsam aus der Ostsee ausfließt. Die untere, stärker salzhaltige Schicht stammt ursprünglich aus der Nordsee und mischt sich mit den darüber liegenden Frischwasserschichten. Diese Mischung ergibt Salzgehalte zwischen 9 und 23 ‰. Salzwassereinträge mit Gehalten von mehr als 19 ‰ finden etwa alle 4 bis 5 Jahre in der Zeit zwischen August und April statt. [EPA DK 1992]

Die Oberflächentemperaturen variieren klar in saisonaler Abhängigkeit, wobei die Temperatur der unteren Schicht recht konstant bei etwa 6°C liegt. Der Sauerstoffgehalt der oberen Schicht variiert ebenfalls mit der Jahreszeit, der Gehalt der tieferen Wasserschichten ist geprägt von Wassereinströmungen und Verbrauch durch Mikroorganismen. Aufgrund der seltenen Erneuerung steigt der Sauerstoffgehalt der tiefen Wasserschichten bei Frischwassereinflüssen und nimmt sukzessive bis zum nächsten Einströmereignis ab. Während die Oberflächenströmung eine leicht südwestliche Ausprägung besitzt, strömt die Bodenschicht mit etwa 0,05 m/s in östliche Richtung. [HELCOM 1994]

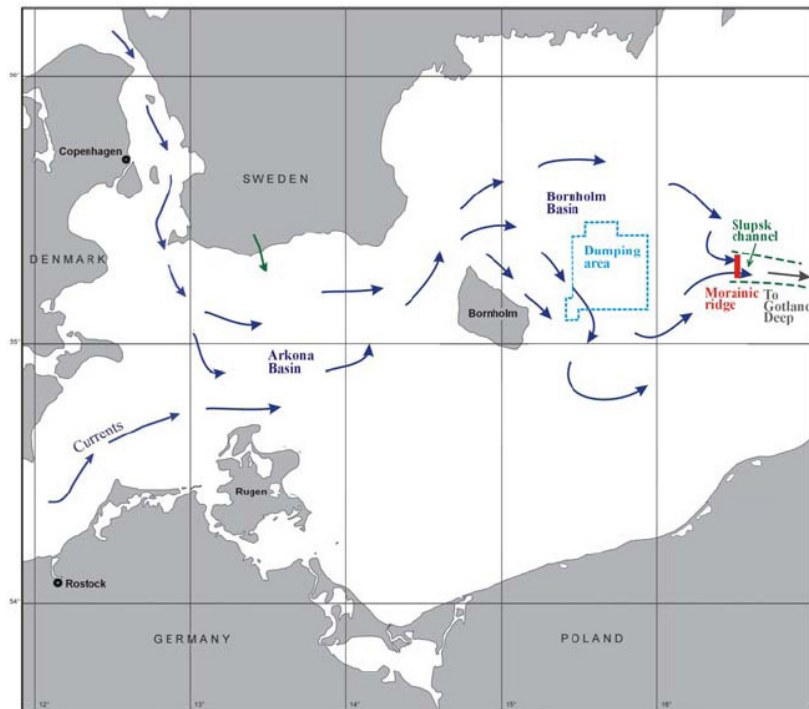


Abbildung 8: Hauptströmungen im Bereich der zentralen und westlichen Ostsee [MERCW 2006]

Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung

Das Versenkungsgebiet östlich Bornholms ist seit Jahren im Fokus einer Vielzahl von Untersuchungen und Forschungsfahrten. Die Ergebnisse der älteren Untersuchungen sollen nachfolgend kurz dargestellt werden, bevor später etwas detaillierter auf bereits teilweise veröffentlichte Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen im Zuge des MERCW-Projektes eingegangen wird:

Eine Untersuchung des Meeresswassers und der bodennahen Wasserschichten durch das BSH im Jahre 1987 im Versenkungsgebiet östlich Bornholms ergab Arsenwerte, die $1 \mu\text{g/l}$ (0,001 ppm) nicht überschritten [BSH 1993].

Im November 1992 wurden im Zuge einer Untersuchung durch dänische Behörden Senfgas und 1,4-Dithian (ein Beiprodukt von Senfgas) in einer der beiden Sedimentproben vom Meeresgrund im Versenkungsgebiet östlich Bornholms gefunden, in der zweiten Probe nur 1,4-Dithian. Ebenso wurden erhöhte Arsenkonzentrationen festgestellt (185 sowie 210 mg As/kg TS). Es wurden keine sonstigen Kampfstoffe oder deren Komponenten in den Sedimentproben nachgewiesen. [EPA DK 1992]

1992 wurden des Weiteren 18 Sedimentproben an 6 verschiedenen Stellen – davon 5 innerhalb des Bornholmer Versenkungsgebietes – durch deutsche Behörden genommen und analysiert. In einer der Proben wurden 10 mg/kg Clark nachgewiesen, die Analyse der weiteren Sedimentproben blieb ergebnislos. Zudem wurden keine erhöhten Arsenkonzentrationen nachgewiesen, die über einen Hintergrundwert von 100 mg/kg hinausgingen. [BSH 1993]

Im Zeitraum 1993 bis 2000 wurden mehrfach russische Forschungsfahrten auch in das Bornholmer Versenkungsgebiet durchgeführt. Die nachgewiesenen Arsenkonzentrationen im Sediment des Kerngebietes erreichten bis zu 150 mg/kg (vgl. nachfolgende Abbildung 9), verglichen zu typischen Hintergrundwerten von etwa 18 bis 25 mg/kg [PAKA & SPIRIDONOV 2002]. 1997 wurden im Rahmen einer solchen Forschungsfahrt Anomalien des pH-Wertes nachgewiesen, die wahrscheinlich auf versenkte chemische Kampfmittel und dem Abbau der Inhaltsstoffe zurückzuführen sind [EMELYANOV ET AL. 2000]; [PAKA & SPIRIDONOV 2002]. Im Rahmen magnetometrischer Untersuchungen 1999 bis 2001 konnten 3 (eventuell 4) Schiffwracks im südlichen Bereich des Versenkungskerngebietes detektiert werden. Zwei der Wracks waren recht stark zerstört und teilweise von Fischernetzen bedeckt, an Deck des zweiten Wracks wurden „Artillerie-Raketen“ mittels ROV gesichtet. Das dritte Wrack blieb ununtersucht. [PAKA & SPIRIDONOV 2002]

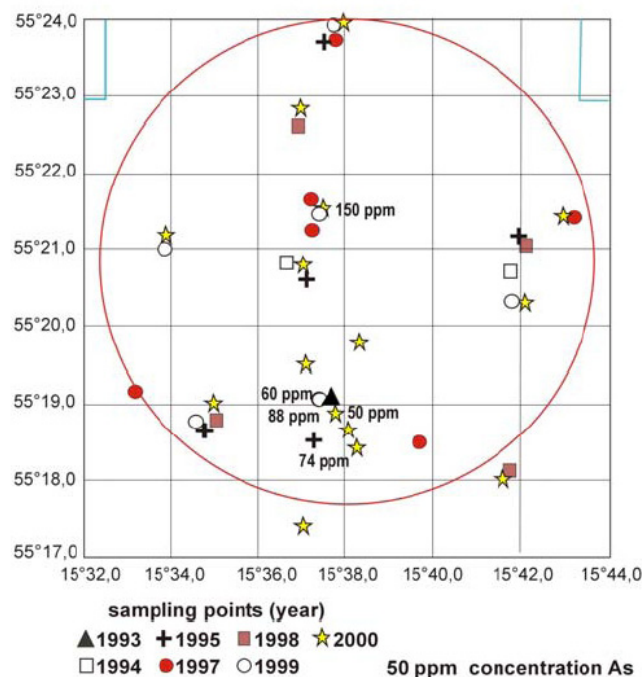


Abbildung 9: Positionen und festgestellte Konzentrationen in den Arsenproben im Kerngebiet Bornholm (in [MERCW 2006] (verändert) nach [PAKA & SPIRIDONOV 2002])

Eine weitere russische Forschungsfahrt im Juli 2002 (siehe [MERCW 2006]), in deren Kontext 55 Bodenproben genommen wurden, unterstrichen nochmals die erhöhten Arsenkonzentrationen im Sediment: Sieben Proben aus den oberen 5 cm des Meeresbodens wiesen erhöhte Arsenkonzentrationen bis zu 277 ppm auf, die somit etwa 5 bis 10-fach über den Hintergrundwerten (20 bis 40 ppm) lagen und tendenziell auf entsprechende Emissionen aus durchkorrodierten Kampfmitteln zurückzuführen sind. Die Proben aus tieferen Sedimentschichten (5 bis 50 cm) wiesen Arsengehalte im Bereich der Hintergrundwerte auf.

Mikrobiologische Untersuchungen durch Russland in den Jahren 1994 bis 2000 (siehe hierzu ebenfalls [MERCW 2006]) an insgesamt 36 Positionen im Bornholmer Becken wiesen sehr große Mengen an Bakterien auf (etwa 85 % der Gesamtmenge an heterotrophen Organismen), die gegenüber der Hydrolyseprodukte von Senfgas tolerant sind. Dies sei möglicherweise –

neben nachgewiesenen Akkumulationen von entsprechenden Mikroorganismen – ein Indiz für die Freisetzung von Senfgas in die Umwelt und die Selbstreinigung von Senfgas kontaminiertem Wasser und Sediment durch natürliche, aquatische Organismen (vgl. hierzu entsprechende, gegenteilige Ausführungen in Kapitel 5.1.2 zu „Senfgas“). Weitere internationale Untersuchungen von Wasserproben im Zeitraum 1994-2007 (siehe hierzu [MEDVEDEVA 2009]), die sich teilweise mit den Vorangegangenen inhaltlich überschneiden, unterstreichen die mikrobiologischen Erkenntnisse aus dem Bornholmer Versenkungsgebiet: Demnach geht das teilweise extreme Wachstum der spezialisierten Mikroorganismen mit einer Reduktion des Artenreichtums im Bakterioplankton einher, was wiederum eine verminderte Stabilität des Biosystems als Ganzem indiziert [MEDVEDEVA 2009]. Auch sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die adaptierten Mikroorganismen nicht von Senfgas „ernähren“ und dieses somit im Kontext einer natürlichen Selbstreinigung der marinen Umwelt abbauen, sondern nur die bereits hydrolysierten Abbauprodukte als Nahrungsgrundlage verwenden können.

Das aktuelle EU-geförderte Verbundprojekt „Modelling of Ecological Risks related to Sea-Dumped Chemical Weapons (MERCW)“⁽³⁷⁾ mit einer Laufzeit von 3 Jahren (voraussichtlich verlängert bis Mitte 2009) fokussiert bezüglich der Bewertung und Modellierung möglicher ökologischer Risiken chemischer Kampfmittelversenkungen in der Ostsee auf das Versenkungsgebiet östlich Bornholms. Der Endbericht liegt derzeit noch nicht vor, wird aber gemäß persönlicher Kommunikation mit einer der beteiligten Wissenschaftlerinnen – Frau Dr. Tine Missiaen – wahrscheinlich bis Herbst 2009 veröffentlicht. Die bisherigen Forschungsergebnisse der unternommenen Forschungsfahrten wurden bereits teilweise in [MISSIAEN & FELLER 2008] sowie [VANINNEN ET AL. 2008] publiziert und sollen nachfolgend kurz dargestellt werden:

[MISSIAEN & FELLER 2008] fokussiert auf die geologischen, seismischen und magnetometrischen Ergebnisse:

- Auswertungen der magnetischen Daten zeigen, dass die durchschnittlichen Sedimentüberlagerungen der Kampfmittel bei etwa 1 bis 5 m liegen, meist maximal 2 m. Die Masse der überlagerten Kampfmittel umfasst Objekte zwischen 10 kg bis zu über einer Tonne, wobei die Mehrzahl (eventuell auch aufgrund der Messspezifika) im Bereich von 100 bis 500 kg liegt. Die Objekte selbst weisen Größen von zwischen 1,5 bis 5 m auf, manchmal bis zu über 10 m.
- Die georteten Kampfmittel erscheinen meist verstreut, teilweise aber auch konzentriert in den oberen Sedimentschichten lokalisiert.
- Im Rahmen der Untersuchungen konnten 4 Schiffwracks im südlichen Teil des Kerngebietes verifiziert werden, wobei zumindest zwei auseinandergebrochen zu sein scheinen⁽³⁸⁾. Im Bereich eines Wracks wurden Raketen detektiert. Die Wracks sind zwischen 20 und 50 m lang und zwischen 5 und 10 m breit. Es ist nach wie vor unklar,

³⁷ Internetpräsenz mit weiteren Informationen und aktuellen Forschungsergebnissen: <http://mercw.org>

³⁸ Die bestätigten Position sind laut [MERCW 2006]: Wrack 1: 55° 19' 077 N, 15° 37' 568 E; Wrack 2: 55° 19' 036 N, 15° 37' 671 E; Wrack 3: 55° 18' 615 N, 15° 38' 280 E; Wrack 4: 55° 18' 122 N, 15° 35' 470 E

ob diese Wracks chemische Kampfmittel enthalten, wobei aber hohe Arsenkonzentrationen in diesen Bereichen eben dies indizieren.

- Trotz der recht geringen Grundströmungsgeschwindigkeiten von etwa 0,05 m/s konnten Bereiche mit Sedimentzehrung im Bereich der Wracks ausgemacht werden. Die Strömungsrichtung der tieferen, dichteren Wasserschichten verläuft von Nordwest nach Südost und überstreicht somit das Versenkungsgebiet in Richtung auf die polnische Küste.
- Die detektierten Sedimentüberlagerungen können aufgrund der sehr geringen Sedi-mentierungsraten (0,3 mm/a bis zu 1,0 mm/a in Ausnahmefällen) nicht auf entspre- chende Prozesse zurückgehen, sondern resultieren aus dem Versinken der Kampfmittel in den meist sehr weichen Sedimentschichten beim Auftreffen während der Ver- senkung. Dies wird auch durch eine Art „Mulden“ unterstrichen, die teilweise nach- gewiesen wurden.
- Auf Basis der seismischen Datenauswertung wurden im Bereich des Versenkungsge- bietes eine große Anzahl sogenannter „Diapire“ festgestellt. Dies sind Sedimentberei- che, in denen u.a. aufgrund von komplexen Entwässerungsprozessen teilweise vertika- le Verbindungen zwischen tieferen Sedimentbereichen zur Meeresgrundoberfläche entstehen. Laut [MISSIAEN & FELLER 2008] stellen diese bis zu 50 m breiten und 15 m tiefen „Schlote“ eine Gefahr hinsichtlich des schnellen aufwärts gerichteten Transpor- tes und der Verbreitung evtl. freiwerdender toxischer Komponenten aus chemischen Kampfmitteln dar.
- Die detektierte Konzentration an Kampfmitteln betrug im südlichen Kernbereich des Versenkungsgebietes etwa 460 Objekte/km², in dem etwas nördlicheren Bereich des untersuchten Teilgebietes etwa 60 Objekte/km² (vgl. hierzu Abbildung 6, Seite 74: der rote Kreis symbolisiert in etwa das untersuchte Kerngebiet). Hierbei ist aber zu er- wähen, dass diese Ergebnisse den spezifischen Messgegebenheiten unterworfen wa- ren und insbesondere kleinere Objekte tendenziell nicht detektiert wurden (als theoretische Untergrenze werden 10 kg magnetisierbare Masse genannt; Objekte bis 20 kg magnetisierbare Masse, die exakt zwischen zwei Scanlinien liegen (+/- 1 m), werden überhaupt nicht detektiert). Zudem werden Ballungen von mehreren kleinen Objekten oftmals als ein einziges großes Objekt dargestellt. Dies wird auch in der von [MISSIAEN & FELLER 2008] dargestellten Überschlagsrechnung hinsichtlich der durch Russland versenkten Anzahl an chemischen Kampfmitteln deutlich: legt man zugrun- de, dass 80 % der über 560.000 versenkten Objekte im Bereich des Kerngebietes lie- gen, ergibt dies eine Verteilung von etwa 4.400 Objekten/km² und somit etwa das Zehnfache des ermittelten Höchstwertes. Neben den bereits genannten Problemen der Messgenauigkeit und Interpretation der Daten könnte dies aber auch ein Indiz dafür sein, dass erhebliche Mengen an Kampfmitteln außerhalb des Kerngebietes liegen und/oder sehr stark korrodiert sind und sich somit die magnetisierbare Masse erheblich reduziert hat.

[VANINNEN ET AL. 2008] stellt erste Ergebnisse der im Rahmen von MERCW gemachten Sediment- und Wasserbeprobungen im Bereich des Kampfmittelversenkungsgebietes nordöstlich Bornholms dar:

- Im Rahmen der dritten Forschungsfahrt von MERCW wurden Sedimentproben sowie Proben des Porenwassers und bodennahen Meerwassers im Bereich des Bornholm-Versenkungsgebietes genommen und analysiert (vgl. hierzu Abbildung 10).

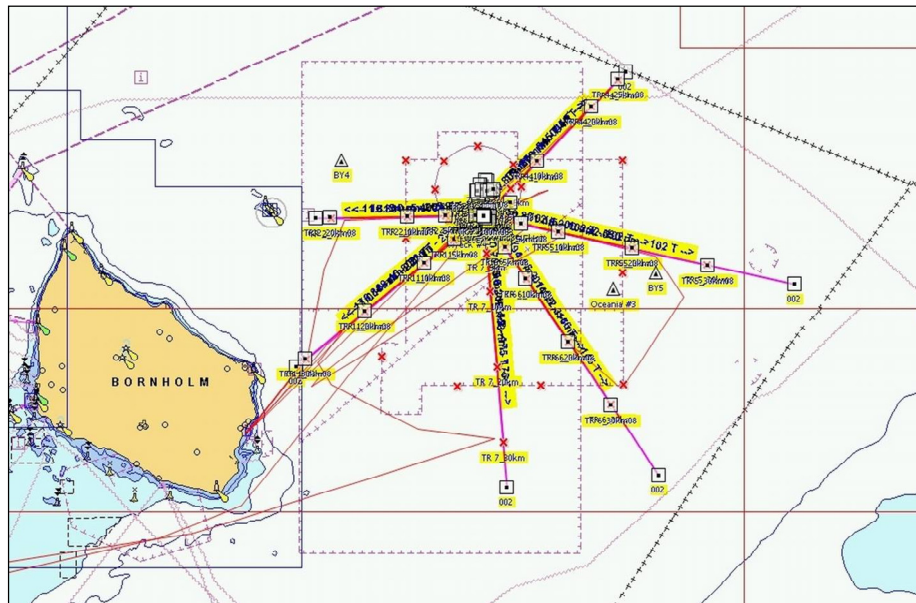


Abbildung 10: Beprobungspunkte östlich Bornholms (in [VANINNEN ET AL. 2008])

- Die Beprobung umfasste 59 Sediment-, 59 Porenwasser- und 60 Wasserproben aus der bodennahen Meerwasserschicht.
- Die Proben wurden jeweils auf Gehalte an folgenden Zielsubstanzen untersucht: Senfgas und u.a. sein Abbauprodukt Thiodiglycol, Adamsit, Arsinöl und entsprechende Inhaltsstoffe (Clark I, Triphenylarsin, Pfiffikus, Trichlorarsin) sowie Chloracetophenon, Chlorbenzol und Tabun.
- Kampfstoffe selbst wurden in den Proben nicht nachgewiesen, deren Abbauprodukte wurden allerdings in 52 der 59 analysierten Bodenproben nachgewiesen. Nur 4 der Porenwasserproben beinhalteten Abbauprodukte chemischer Kampfstoffe.
- Die Ergebnisse indizieren eine weiträumige Kontamination des Versenkungsgebietes mit Abbauprodukten arsenhaltiger Kampfstoffe.
- Alle 4 zwischen der Versenkungsstelle und der Insel Bornholm genommener Proben wiesen entsprechende Abbauprodukte auf. Im Südosten des Versenkungsgebietes waren dem entgegen in den 3 Proben keine Abbauprodukte nachzuweisen.
- Nur 7 Beprobungsstellen wiesen keinerlei Kontaminationen mit den Zielsubstanzen auf.

- Senfgas und seine Abbauprodukte konnten – abgesehen von einer Ausnahme, die geringe Gehalte eines Abbauproduktes von Senfgas enthielt – nicht nachgewiesen werden, obwohl Senfgas den bei weitem mengenmäßig meistversenkten Kampfstoff darstellt. Laut [VANINNEN ET AL. 2008] könnte ein Grund hierfür sein, dass Senfgas sofort nach dem Freiwerden polymerisiert und entsprechende „Klumpen“ bildet („Kokosnusseffekt“). Somit ist von keiner nennenswerten Hydrolyse oder Abbau von Senfgas nach beginnender Freisetzung auszugehen.
- Durch die weiträumige Beprobung konnte klar dargestellt werden, dass die Verteilung der nachgewiesenen Substanzen keinesfalls gleichmäßig ist oder mit zunehmender Entfernung vom Kerngebiet abnimmt. Die gemessene Höchstkonzentration (Substanz wird nicht genannt) belief sich auf etwa 40.000 µg/kg, wobei ebendiese Substanz an den benachbarten, etwa 50 bis 100 m entfernten Messpunkten überhaupt nicht nachgewiesen werden konnte.

Nachfolgende Abbildung 11 zeigt exemplarisch die Analyseergebnisse für Adamsit. Zu beachten ist insbesondere die Konzentrationsverteilung der Südwest-Achse in Richtung der Insel Bornholm:

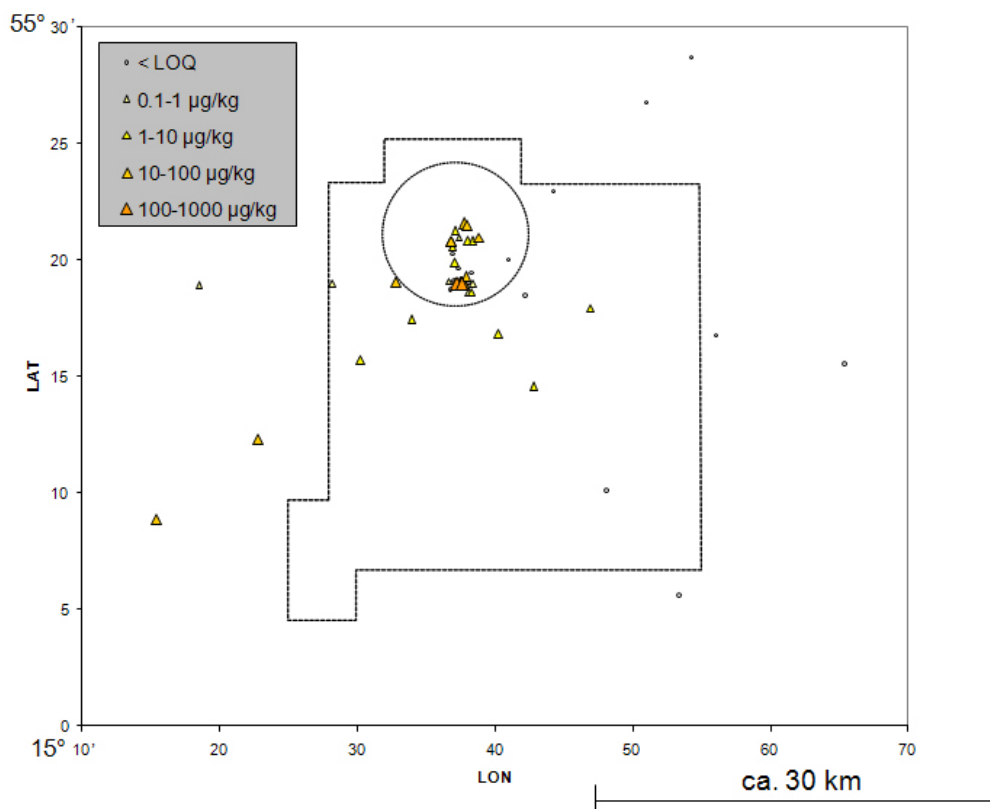


Abbildung 11: Analyseergebnisse für Abbauprodukte von Adamsit [VANINNEN ET AL. 2008]

Die vorliegenden Ergebnisse für das wasserunlösliche und in fester Form vorliegende Adamsit mit einem spezifischen Gewicht von 1,65 g/cm³ – das somit erheblich schwerer als das umgebende Meerwasser mit etwa 1,1 g/cm³ ist – sind ein klares Indiz für die Migration und entsprechende Transportmechanismen der in den Kampfmitteln enthaltenen Substanzen

aus den Tiefengebieten des Beckens sowie selbst der erweiterten Gefahrenzone des offiziellen Versenkungsgebietes heraus. Die immer wiederkehrende und insbesondere durch offizielle Institutionen gerne verwendete Argumentation, die Kampfmittel und ihre Inhaltsstoffe verblieben in den Tiefengebieten des Bornholmer und Gotlander Beckens und seien dort „sicher“ aufgehoben, wäre somit deutlich widerlegt.

4.5.2 Gotland

Einführung

Im Gotland Becken wurden nach dem Zweiten Weltkrieg mindestens 2.000 t an chemischen Kampfmitteln auf Anweisung der Sowjetischen Militäradministration in Deutschland (SMAD) südwestlich Liepajas (Lettland) in Wassertiefen von 70 bis über 120 m versenkt [HELCOM 1994], die aufgrund ihres hohen Anteils an Bomben und Containern etwa 1.000 t Kampfstoffe enthielten ([RUSFED 1993], [HELCOM 1994]).

Ähnlich wie im Falle des Versenkungsgebietes Bornholm umfassten diese Aktivitäten hauptsächlich die Kampfstoffe Senfgas, Clark I und II, Adamsit sowie Chloracetophenon. Die chemischen Kampfmittel und in Containern befindlichen Kampfstoffe wurden ebenfalls händig versenkt, Versenkungen ganzer Schiffe sind laut [HELCOM 1994] nicht bekannt. Die nachfolgende Tabelle 10 gibt einen detaillierten Überblick über die Quantität und Qualität der versenkten chemischen Kampfmittel und deren Inhalt:

Tabelle 10: Detaillierte Auflistung der durch Russland bei Gotland 1947/48 versenkten chemischen Kampfmittel und enthaltene Kampfstoffe (nach [RUSFED 1993], überarbeitet)

Typ der Chemischen Kampfmittel	Adamsit (***)		Arsenhaltige Kampfstoffe		Chloracetophenon		Senfgas		Sonstige		Gesamt	
	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück	in t KS	in Stück
Flugzeug-Bomben	51	639	78	721	41	414	512	5.690	-	-	682	7.464
Artillerie-Granaten	5	2.564	-	-	3	4.300	58	26.205	-	-	66	33.069
Hochexpl. Bomben	-	-	-	-	-	-	27	2.720	-	-	27	2.720
Minen	-	-	-	-	-	-	4	830	-	-	4	830
Encasements (*)	60	-	18	-	-	-	7	-	6	-	91	-
Rauchgranaten	6	2.790	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2.790
Container	-	-	80	80	-	-	-	-	-	-	80	80
Fässer	-	-	-	124	-	-	-	42	-	48	-	214
Trommeln	2	599	-	-	-	-	-	-	-	-	2	599
"Dosen" (**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	626	-	626
Gesamt	124	6.592	176	925	44	4.714	608	35.487	6	674	958	48.392

(*) bezeichnet als Sammelbegriff gemäß [RUSFED 1993] Fässer mit 100/150 und 250 l Inhalt sowie Trommeln mit 100 kg und Container mit 1.000 kg Inhalt

(**) laut [RUSFED 1993] waren die besagten "Dosen" mit 0,3 kg Kampfstoff gefüllt und sind wie die Trommeln teilweise unter "Encasements" subsummiert. Es handelt sich bei den "Dosen" wohl um Zyklon-B, das in solchen Behältern gelagert wurde.

(***) Adamsit wurde durch Russland als Reizstoff, nicht als klassischer arsenhaltiger Kampfstoff angesehen und ist dementsprechend hier separat gelistet.

Geographische, geologische und hydrographische Charakteristika

Laut [HELCOM 1994] befindet sich das ursprüngliche Versenkungskerngebiet südwestlich Liepajas innerhalb der folgenden Positionen: 56° 16,0' N und 18° 39,0' E, 56° 16,0' N und 18° 51,0' E, 56° 20,0' N und 18° 55,0' E, 56° 20,0' N und 19° 31,0' E, 56° 07,0' N und 19° 15,0' E, 55° 56,0' N und 19° 15,0' E sowie 55° 56,0' N und 18° 39,0' E.

Die Grenzen des Versenkungsgebietes sind real aber nur ungefähr zu definieren, da auch hier die Versenkungsaktivitäten nicht zwangsweise vor Anker stattfanden und – wie in der gesamten Ostsee – von signifikanten Verteilungseffekten durch die Schleppnetzfischerei auszugehen ist, da auch hier gemäß offizieller Seekarten Fischen nicht verboten ist [MERCW 2006]. Ebenfalls kam es im Rahmen der angedachten Versenkungen südöstlich Gotlands wohl auch zu umfangreichen „en route dumpings“ (u.a. [SCHULZ-OHLBERG ET AL. 2002]).

Das Versenkungsgebiet selbst befindet sich im südlichen Teil des Gotland Beckens mit Wassertiefen zwischen 70 und 120 m [BSH 1993], wie auch aus nachfolgender Abbildung 12 ersichtlich.

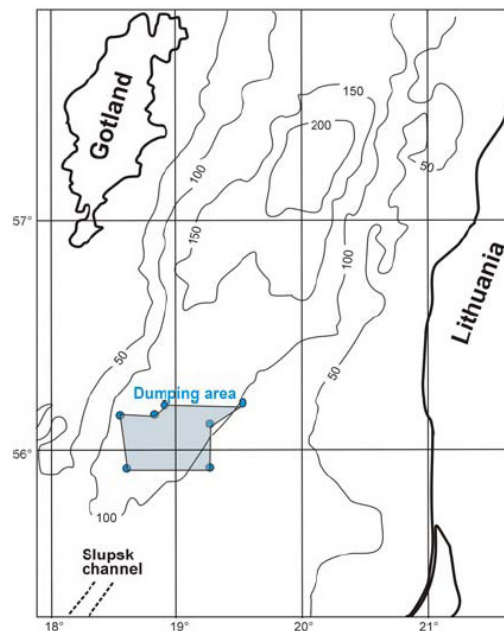


Abbildung 12: Position und Wassertiefen des Versenkungsgebietes südöstlich Gotlands [MERCW 2006]

Das Gotland Becken südwestlich der Insel Gotland ist charakterisiert durch die Gotland-Rinne mit Wassertiefen über 80 m. Die Maximaltiefe der Kernrinne beträgt 248 m. Im Süd-Südwesten grenzt die Gotland Rinne an den Slupsk Kanal, der sie mit dem Bornholm Becken verbindet. [MERCW 2006]

Bis in Wassertiefen von 50 bis 80 m bestehen die Bodensedimente (mit Korngrößen 0 bis 5 cm) aus Kiesablagerungen mit grob- und mittelkörnigem Sand bis hin zu Feinsand. Jenseits 80 bis 100 m haben sich Lehme und Schluffe abgesetzt, die im westlichen Teil der Rinne bis in 50 bis 60 m Wassertiefe heraufreichen. In Wassertiefen über 120 bis 150 m trifft man auf tonige Lehme. Im Bereich des südlichen Teils des Beckens, in dem das Versenkungsgebiet situiert ist, überwiegen tonige Lehme. Die Sedimentmächtigkeit variiert zwischen 0 und 590 cm, bei Tiefen über 80 m beträgt die Sedimentschicht nur noch bis zu 10 cm. Die Mächtigkeit der Lehme/Schlämme in der Rinne variiert zwischen 200 und 400 cm, im südlichen Teil, in dem sich die Versenkungsstelle befindet, etwa 400 bis 590 cm. [MERCW 2006]

Hinsichtlich der Sedimentationsrate ergibt sich folgendes Bild: Bis zu 70-80 m Tiefe überschreitet sie normalerweise nicht 5 cm/ka⁽³⁹⁾, unterhalb 80 m Wassertiefe liegt sie mit über 10 cm/ka höher und kann bis zu 20 bis 50 cm/ka in Bereichen toniger Lehme erreichen. Die höchsten Sedimentationsraten werden im Zentrum der Gotland Rinne mit bis zu 76 cm/ka beobachtet. [MERCW 2006]

³⁹ „ka“ entspricht 1.000 Jahren, „k“ steht für kilo = 10³

Nachfolgende Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Wassertiefen im Bereich Bornholms und des Gotlander Beckens. Das eingezeichnete Rechteck markiert den in Abbildung 12 detailliert dargestellten Bereich des dortigen Versenkungsgebietes:

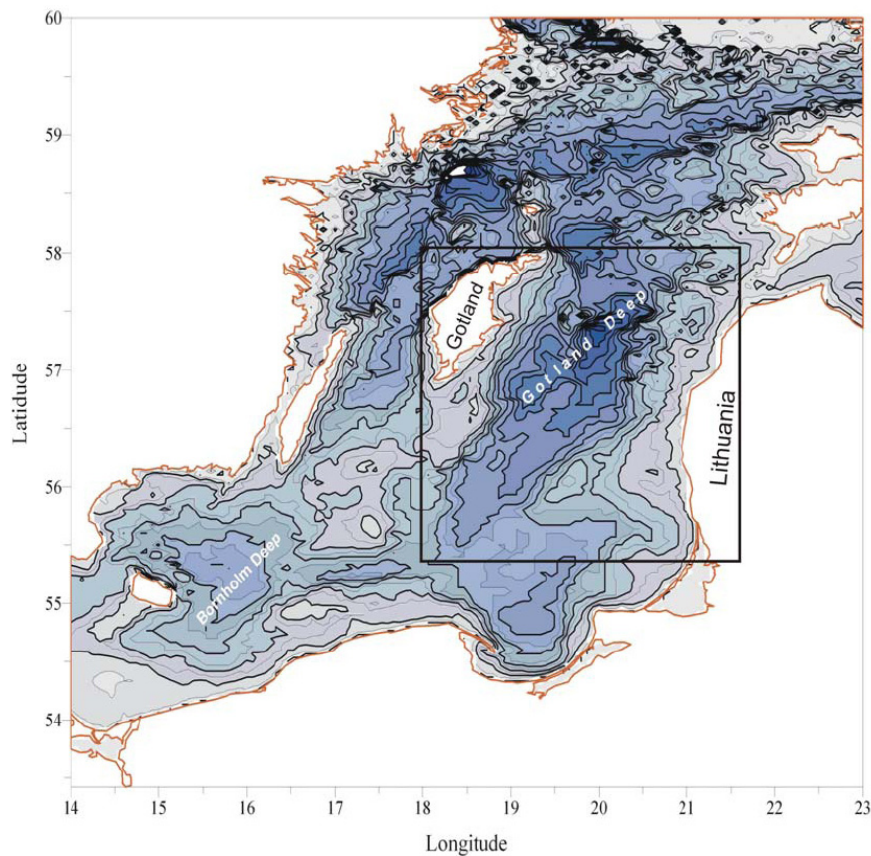


Abbildung 13: Wassertiefen im Bereich des Bornholmer und Gotlander Beckens (in [MERCW 2006])

In hydrographischer Hinsicht sind die Verhältnisse grundsätzlich mit denen im Bornholmer Becken vergleichbar: auch im Gotland Becken besteht eine sehr stabile Schichtung und nur eine recht geringe Bodenströmung [BSH 1993]. Salzreiches Nordseewasser gelangt über den bis zu 95 m tiefen Slupsk Kanal vom Bornholmer Becken in das Gotland Becken. Das einströmende, mitteldichte Salzwasser ist selbst nicht in der Lage, das bodennahe Wasser zu ersetzen, erwirkt aber über Turbulenzbildung einen langsamen Abtransport von akkumulierten Sedimenten. [MERCW 2006]

Das südliche Gotland-Becken – und somit das Versenkungsgebiet – ist durch eine recht starke Durchmischung in den mittleren Wasserschichten und den bodennahen Schichten geprägt. Die Halokline ist im Gegensatz zum Bornholmer Becken weniger stark ausgeprägt, was verbunden mit dem stärkeren vertikalen Wasseraustausch, eine hohe Konzentration von freiwerdenden Kampfstoffen im Wasser des Gotland Beckens tendenziell vermeiden würde. [MERCW 2006]

Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung

Nachfolgend sollen die bisherigen Untersuchungsergebnisse hinsichtlich des Gotland-Versenkungsgebietes überblickartig dargestellt werden. Informationen zu laufenden Untersuchungen liegen – anders als im Kontext des MERCW-Projektes hinsichtlich Bornholm – nach Kenntnis des Autors der vorliegenden Arbeit nicht vor.

Russische Untersuchungen im Zeitraum 1997 bis 2000 im Bereich des Gotland Versenkungsgebietes zeigten keine Auffälligkeiten in Bezug auf Arsengehalte im Sediment, die Messwerte zwischen 18 und 28 mg/kg entsprachen weitestgehend den Hintergrundwerten von etwa 24 mg/kg. Die unzureichende Zahl an Messpunkten lässt aber keine abschließenden Schlussfolgerungen zu. Gleiches gilt hinsichtlich der gemessenen pH-Werte, auch hier wurden keine Anomalien festgestellt. [PAKA & SPIRIDONOV 2002]

Untersuchungen des litauischen Umwelt- als auch Verteidigungsministeriums in den Jahren 2002 und 2003 fokussierten auf die Bereiche des Versenkungsgebietes bei Gotland, die innerhalb der litauischen Wirtschaftszone liegen. 14 Positionen wurden beprobt, von denen 5 (ChG1-5, vgl. Abbildung 14) innerhalb des besagten Versenkungsgebietes situiert sind. [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005]

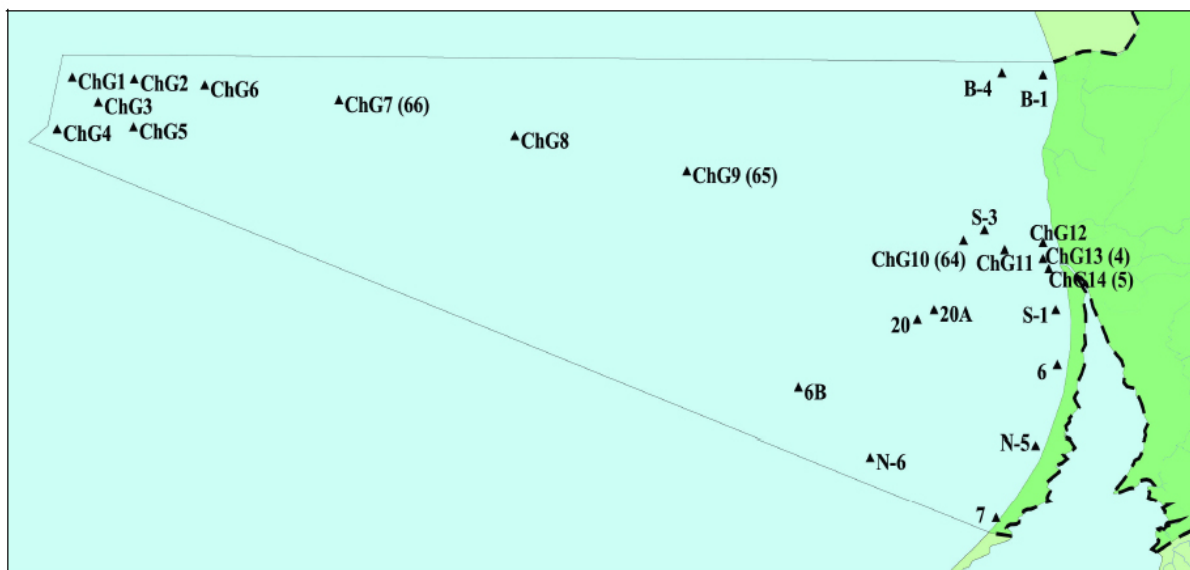


Abbildung 14: Probenahmestellen vor der litauischen Küste 2003/2004 [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005]

Keiner der hydrochemischen Parameter der relevanten Probenahmen innerhalb des Versenkungsgebietes zeigte besondere Auffälligkeiten, die Arsenwerte der Oberflächensedimente waren im Bereich der Versenkungsstelle leicht erhöht (vgl. hierzu Abbildung 15), allerdings immer noch auf geringem Niveau im Vergleich zu anderen Messwerten im Ostseeraum (z.B. Bottnischer Meerbusen mit bis zu 320 mg/kg oder entsprechender Peaks mit bis zu 480 mg/kg im Skagerrak [FFI 2002]). Zwar wurden arsentolerante Bakterien an zwei der fünf Messstationen gefunden, die grundsätzlich bei den sonst zu geringen Konzentrationen im Ostseewasser Indikator für entsprechende Anomalien sind. Deren Konzentrationen lagen aber mit 6 Zellen/ml nahe an der Nachweisgrenze. Signifikant waren aber physiologische Anomalien der

untersuchten Organismen wie z.B. embryonale Letalität in Frühphasen oder die Sterblichkeit der männlichen Repräsentanten. Ein kausaler Zusammenhang mit chemischen Kampfmittelversenkungen war allerdings aufgrund einer einzigen Studie nicht darstellbar. [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005]

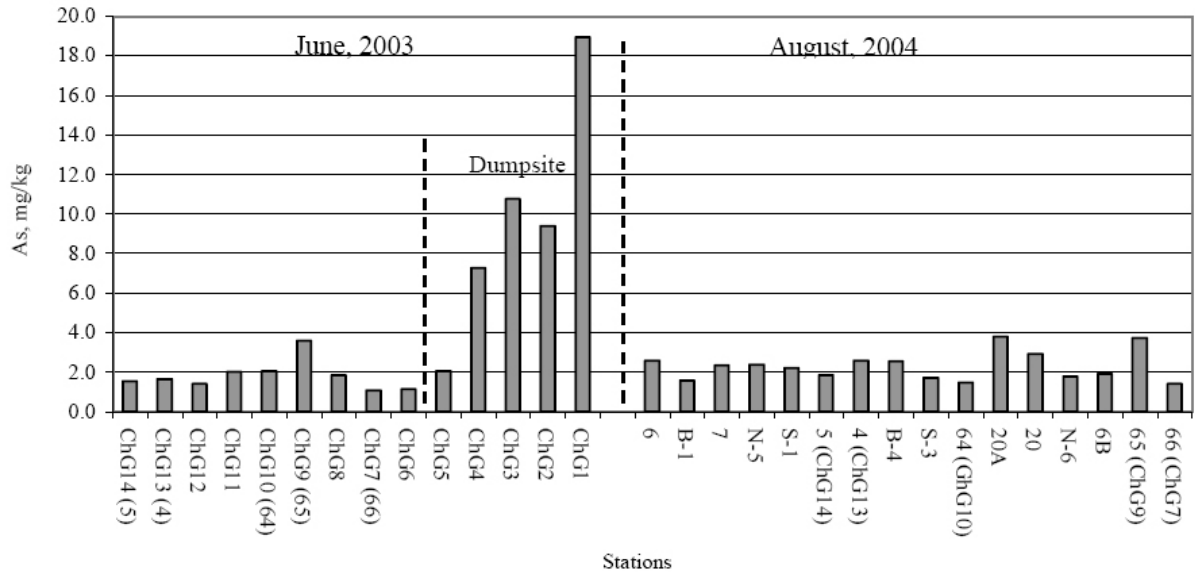


Abbildung 15: Ergebnisse der oberflächennahen Sedimentproben in der südöstlichen Ostsee [GARNAGA & STANKEVICIUS 2005]

4.5.3 Kleiner Belt und benachbarte Gebiete

Einführung

Laut [BSH 1993] wurden 1945 südlich des Kleinen Belt von der deutschen Kriegsmarine bzw. Wehrmacht zwei Schiffe mit 69.000 Tabungranaten sowie weiteren 5.000 t chemischer Kampfmittel, die 750 t Phosgen und Tabun enthielten, ungefähr 7 Seemeilen südöstlich von Pøls Huk (Südspitze Insel Als) auf der Position 54° 48' 22'' Nord, 10° 13' 22'' Ost (Position laut [HELCOM 1994]) versenkt. Die 69.000 Granaten wurden 1959/60 aus den Schiffen geborgen und im Golf von Biskaya rückversenkt [BSH 1993].

[EPA DK 1992] sowie [JÄCKEL 1969] nennen zudem eine Menge von 600 t „V1“ Kampfmittel, die in genanntem Bereich zudem in 20-30 m Wassertiefe versenkt worden sein sollen.

Im August 1961 gaben Deutsche Behörden des Weiteren die Versenkung chemischer Kampfmittel im Süden des Kleinen Belt auf einer Position 54° 50' N bis 54° 47' N, 10° 08' E bis 10° 15' E an [HELCOM 1994]. Laut [BSH 1993] handelt es sich hierbei um eine Doppelnennung (für diese Versenkungsstelle wird ebenfalls eine Menge an chemischen Kampfmitteln von 5.000 t angegeben, was tendenziell auf eine Doppelnennung hinweist). [EPA DK 1992] bestätigt diese Meldung, räumt aber aufgrund fehlender Funde ebenfalls Zweifel an besagter Meldung ein.

Eine weitere Versenkung ist 1961 durch die Stadt Lübeck auf der Position 54° 04,5' N und 11° 02,3' E in der Lübecker Bucht veranlasst worden: Im Rahmen einer Versenkung von „Chemikalien“ wurden laut [BSH 1993] 520 l Chlorgas, 10 l Lachgas und 10 l Phosgen versenkt (siehe hierzu weitergehende Ausführungen des Autors unter „Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung“).

Geographische, geologische und hydrographische Charakteristika

Zusammenfassend lassen sich die beiden bekannten Versenkungsgebiete für chemische Kampfmittel im Bereich des Südeingangs des Kleinen Belt auf ein Gebiet zwischen 54° 47' bis 54° 50' N und 10° 08' bis 10° 15' E eingrenzen. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt etwa 30 m, und der Meeresboden ist mit einer Schlammschicht von bis zu 8 m Mächtigkeit bedeckt. Die Sedimentationsrate liegt bei etwa 1-2 mm/Jahr. Es wird angenommen, dass die Munition entweder in das weiche Deckmaterial eingesunken ist und/oder – basierend auf der zugrunde zu legenden Sedimentationsrate – mit einer etwa 8 bis 10 cm dicken Schicht an Sedimentmaterial bedeckt ist. [BSH 1993]

Die Oberflächenströmung fließt hauptsächlich in nordwestlicher und südöstlicher Richtung mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 bis 0,5 m/s [HELCOM 1994].

Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung

Laut [BSH 1993] wurden im Herbst 1971 sowie Frühjahr 1972 28 Bomben sowie 15 Granaten, die ursprünglich Phosgen und Tabun enthielten, aus dem Südausgang des Kleinen Belt geborgen und untersucht. Die Kampfmittel waren etwa 50 cm in das Sediment eingesunken und

meist stark korrodiert, der Kampfstoffinhalt ausgeschwemmt. In den genommenen Sediment- und Wasserproben in unmittelbarer Nähe zu den Kampfmitteln konnten keine Kampfstoffe nachgewiesen werden.

Die durch deutsche Behörden genehmigte Versenkung der „Chemikalien“ in etwa 20 m Wassertiefe und in 8 km Entfernung von der Küste in der Lübecker Bucht [PAPE 1970] wirft einige Fragen auf bzw. bringt ein nicht unbedeutendes Gefährdungspotenzial mit sich:

- Bei den versenkten Chemikalien handelt es sich nach derzeitigem Kenntnisstand des Autors der vorliegenden Arbeit um 13 Gasflaschen mit Chlor, sowie jeweils einer Gasflasche mit Lachgas und Phosgen (vgl. u.a. [BSH 1993]). Chlor und Phosgen sind einerseits gebräuchlich in der chemischen Industrie verwendete bzw. anfallende (Zwischen-)Produkte, andererseits aber auch hochgiftige Kampfstoffe und kamen als solche im Ersten Weltkrieg zum Einsatz.
- Alle drei Gase liegen – gemäß damaliger als auch heutiger Abfüllmodalitäten – verflüssigt vor, die verfügbaren und in den Medien veröffentlichten Volumenangaben von je 40 l für die 13 Chlorgasflaschen sowie je 10 l für Lachgas und Phosgen sind somit irreführend (nachfolgend detaillierter ausgeführt).
- Die Volumenangabe von 40 l scheint nach eigenen Recherchen einer (nicht vorsätzlichen) Fehldeklarierung zu unterliegen: viel wahrscheinlicher sind 40 kg-Flaschen, wie sie im Ersten Weltkrieg für das Blasverfahren verwendet wurden (vgl. z.B. [GELLERMANN 1986] oder [MARTINETZ 1996]), was auch ein nachzuvollziehender Grund dafür wäre, warum man diese Flaschen 1961 versenkte und nicht in industriellen Prozessen verwendete: Die Flaschen waren nach jahrzehntelanger Lagerung wohl soweit korrodiert, dass Gewinde – soweit überhaupt noch kompatibel zu späteren Gasanschlüssen – nicht mehr sicher zu handhaben waren, zudem könnte die generelle Sicherheit durch die korrodierten Außenhüllen bereits problematisch gewesen sein. Eine simple Versenkung durchaus problemlos in industriellen Prozessen verwendbarer Gase ist sonst so nicht nachvollziehbar.
- 40 kg Flaschen enthalten bei einem spezifischen Gewicht des flüssigen Chlors von 1,6 Volumina von 25 l Flüssiggasinhalt pro Flasche. Laut [KOPECZ 1996] (vgl. hierzu auch entsprechende Ausführungen in Kapitel 5.1.2 „Chlor“) resultiert 1 l flüssiges Chlor nach dem Freiwerden unter atmosphärischem Druck in etwa 500 l Chlorgas, 25 l flüssiges Chlor somit in 12.500 l Chlorgas. Potenziell beläuft sich somit das in den 13 40-kg-Flaschen enthaltene Chlorvolumen auf 162.500 l Chlorgas. Ähnliche Zusammenhänge gelten für die beiden anderen Gase. Sollten tatsächlich doch die Liter – nicht die Kilogramm-Annahme zutreffend sein, sind die resultierenden Chlorgasvolumina noch um den Faktor 1,6 größer und beliefen sich insgesamt auf 260.000 l.
- Die Wasserlöslichkeit von Chlor liegt nach [KOPECZ 1996] bei etwa 7,3 g/l bzw. 2,3 l Chlorgas. Im Falle eines schlagartigen Freiwerdens des verflüssigten Chlorgases – z.B. aufgrund mechanischer Einwirkungen oder Versagens der Außenhülle auf Basis korrosiver Prozesse – ist in einer Wassertiefe von 20 m davon auszugehen, dass auf-

grund der vernachlässigbaren Lösungsmechanismen (sehr kurze Verweilzeiten, unzureichende Durchmischung mit der Wassersäule) ein erhebliches Chlorgasvolumen an die Wasseroberfläche gelangt. Dort verbleibt das hochgiftige Chlorgas aufgrund der hohen relativen Dampfdichte von 2,5 als Chlorschwaden unmittelbar über der Wasseroberfläche und wird in Windrichtung verdriften.

- Ein entsprechendes Szenario ist für das ebenfalls versenkte Phosgen nur bei recht hohen Wassertemperaturen denkbar, da dessen Siedetemperatur unter Atmosphärendruck bei + 8°C liegt und somit freiwerdendes Phosgen weiterhin flüssig und – aufgrund des hohen spezifischen Gewichtes – auf dem Meeresgrund in Form von „Pfützen“ vorläge (siehe hierzu detaillierte Ausführungen unter Kapitel 5.1.2). Der niedrige Dampfdruck sorgt dafür, dass Phosgen mit zunehmender Wassertiefe erheblich höhere Umgebungstemperaturen für einen Aggregatzustandswechsel benötigt.
- Lachgas wird aufgrund seiner mindertoxischen Eigenschaften an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Abgesehen von einigen Aktivitäten hinsichtlich der bereits beschriebenen und kommentierten Versenkung der „Chemikalien“ in der Lübecker Bucht und deren Lokalisierung und angeordneten Bergung liegen nach Kenntnis des Autors der vorliegenden Arbeit keine neueren Ergebnisse oder Untersuchungen zu Versenkungsgebieten in diesem Bereich der Ostsee vor.

4.5.4 Skagerrak, Masekaer & Kattegat

Grundsätzlich lässt sich der Großraum des Skagerraks hinsichtlich der Versenkungsaktivitäten chemischer Kampfmittel in vier Teilgebiete einteilen (vgl. Abbildung 16):

- das an der Südspitze Norwegens gelegene Versenkungsgebiet südlich Lista (Nr. 1)
- das ebenfalls an der Südspitze Norwegens, aber etwas östlicher gelegene Versenkungsgebiet südlich Kristiansand (Nr. 2)
- das zentral im Skagerrak gelegene Hauptversenkungsgebiet südlich Arendals (ebenfalls Norwegen) (Nr. 3)
- und das im südöstlichen Skagerrak gelegenen Gebietes des Masekaer, im Übergang zum nördlichen Kattegat westlich Lysekil (Schweden) (Nr. 4)



Abbildung 16: Überblickartige Positionierung der Hauptversenkungsgebiete im Skagerrak ([GOOGLE MAPS 2008], verändert)

Die Versenkungsgebiete bei Lista, Kristiansand und Arendal

Im Jahr 1945 gaben die norwegischen Behörden die Erlaubnis, im Zuge der alliierten Demilitarisierungsmaßnahmen gegenüber Deutschland, beschlagnahmte chemische Kampfmittel inklusive der sie transportierenden Schiffe in einem Bereich von etwa 14 x 14 km, 25 km südöstlich Arendals zu versenken [FONNUM 1997]. Nachfolgende Abbildung 17 zeigt dieses offiziell freigegebene Versenkungsgebiet östlich Arendals (Position Arendals: etwa in Bildmitte am linken Seitenrand):

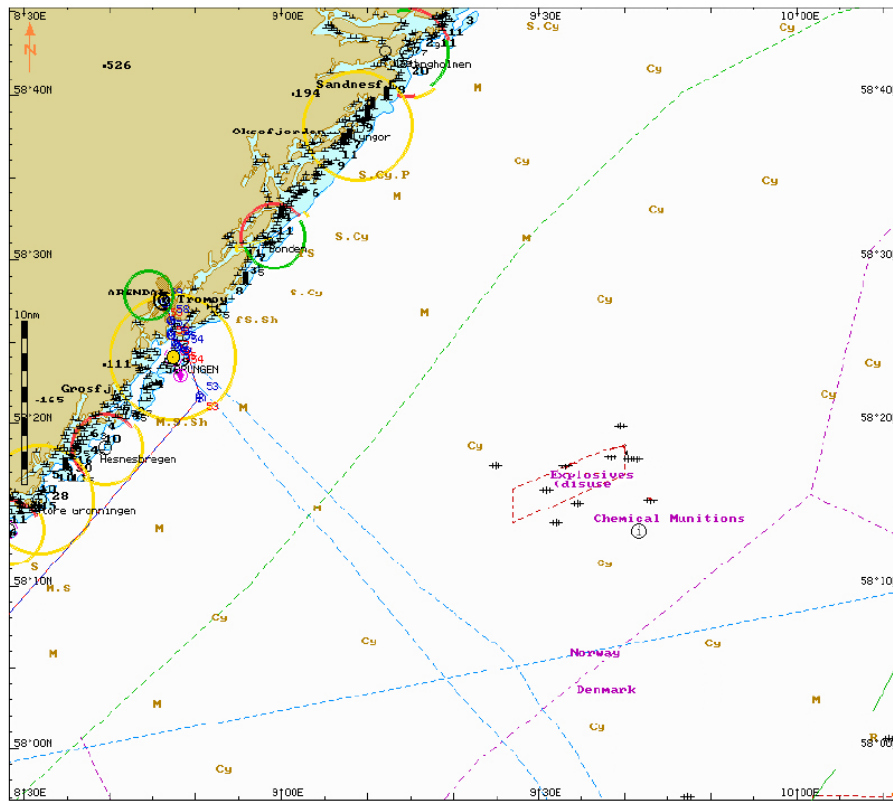


Abbildung 17: Eingezeichnetes Versenkungsgebiet östlich Arendals (digitale Karte) [FFI 2002]

Nach offiziellen Angaben umfassten diese Versenkungsmaßnahmen 168.000 t (chemischer) Kampfmittel, die in einer Wassertiefe von 600 bis 700 m im Bereich Arendal versenkt wurden [OSPAR 2005]. Andere Quellen (z.B. [FFI 2002]) beziehen in den genannten 168.000 t die Versenkungen im Bereich des Masekaer (später ausgeführt) mit ein oder nennen bis zu 270.000 t an Kampfmitteln, die durch Großbritannien und die USA im Bereich des Skagerrak im Rahmen der genannten Aktivitäten versenkt worden sein sollen (z.B. [TALMAGE 2007]). Ebenso umstritten ist die Anzahl der im Großgebiet des Skagerrak (Lista, Kristiansand, Arendal und Masekaer) mitversenkten Schiffe mit chemischen Kampfmitteln an Bord: die verfügbaren Angaben schwanken zwischen 13 und 45 [FONNUM 1997] bis zu 60 Schiffen (gemäß Erling Skjold in [FFI 2002]). Laut Bericht des Norwegischen Verteidigungsministeriums [FFI 2002] geht man derzeit von 36 Schiffen im norwegischen Teil des Skagerrak (Lista, Kristiansand und Arendal) sowie weiteren 9 Schiffen im schwedischen Masekaer aus.

Eine Klärung dieser Diskrepanzen wird in Kapitel 5.3 der vorliegenden Arbeit auf Basis intensiver Recherchen versucht, in deren Rahmen u.a. mindestens 74 Schiffe den Versenkungen im Skagerrak namentlich zugeordnet und ihrerseits mit chemischen Kampfmittelversenkungen in Verbindung gebracht werden konnten.

Geographische, geologische und hydrographische Charakteristika

Im Rahmen einer Untersuchung durch das norwegische Verteidigungsministerium im Auftrag der „Norwegian Pollution Control Authority“ im Juni und September 2002 [FFI 2002] wurden im Bereich des Arendal Versenkungsgebietes bodennah Wassertemperaturen von etwa 6,2°C

und recht geringe Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 2,5 cm/s festgestellt. Frühere Untersuchungen ergaben laut [FFI 2002] Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 19 cm/s.

Es herrschen laut genannter Quelle weiche, schlammige Sedimente auf dem Meeresgrund vor, wobei die oberen 10 bis 15 cm des unverdichteten Meerbodens aus einem bräunlichen, flockigen Substrat bestehen. Sedimentierungsprozesse sind aufgrund des geringen Eintrages an Sedimenten auf die küstennahen Regionen beschränkt. Durchschnittliche Sedimentationsraten belaufen sich auf etwa 1,5 bis 4,5 mm/a.

Weitere geographische, geologische und hydrographische Informationen finden sich bereits in Kapitel 4.3.3 sowie sehr detailliert in der späteren Betrachtung des Masekaer / Lysekil Versenkungsgebietes. Die dort gemachten Angaben können in hohem Umfang auf den Kernbereich des Skagerraks übertragen werden.

Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung

Das norwegische Verteidigungsministerium untersuchte 1989 ein 16 x 8 km großes Gebiet 25 km südöstlich von Arendal, in dessen Kontext 15 mögliche Schiffwracks durch Sonaraufnahmen geortet wurden. Von diesen wurden 5 durch ein ROV optisch untersucht und wiesen in ihrem Umfeld eine Reihe von Bomben unterschiedlicher Größe auf, die wiederum teilweise durchkorrodiert waren. Zwar wurden Wasserproben genommen, chemische Kampfmittel konnten damals aber darin nicht nachgewiesen werden. [TØRNES ET AL. 1989] (in [FFI 2002], Originalreport in Norwegisch)

Im Juni und September 2002 wurde eine weitere Untersuchung durch das norwegische Verteidigungsministerium im Auftrag der „Norwegian Pollution Control Authority“ (SFT) durchgeführt, deren Ergebnisse detailliert in [FFI 2002] dargestellt sind und nachfolgend kurz zusammengefasst werden:

- Lokal wurden Hartbodenstrukturen aufgrund von Schiffswracks oder Metallteilen auf dem sonst weichen Meeresgrund beobachtet, die wiederum entsprechende, spezifische Flora und Fauna nach sich ziehen. Die Schiffswracks wurden allem Anschein nach als Rückzugsorte für vielerlei Lebewesen genutzt. Die Fauna erschien generell sehr gesund und repräsentativ für entsprechende Tiefseegebiete.
- Das schwere, kalte und salzhaltige Wasser erscheint in Bodennähe sehr gut mit Sauerstoff angereichert.
- Fischereiausrüstung (u.a. Schleppnetze) wurde mehrfach an Wracks hängend gesichtet und ist Indiz für eine dort aktiv betriebene Tiefsee-Schleppnetzfisherei.
- Bomben von 50 bis 250 kg, aber auch Granaten wurden im Umfeld der Wracks gesichtet. Ebenso wurden in einem Wrack mehrere große Container gefunden, die wahrscheinlich chemische Kampfstoffe enthalten.
- Die Wracks selbst waren laut [FFI 2002] in überraschend gutem Zustand, die Korrosion nur begrenzt fortgeschritten. Holzteile sind wahrscheinlich durch Einwirkung ent-

sprechender Würmer verschwunden, Metallstrukturen zeigten sich aber nahezu unbeschädigt.

- Die optisch untersuchten Kampfmittel waren teilweise durchkorrodiert und Inhalte ausgeschwemmt, während andere wiederum in intaktem Zustand waren.
- Die festgestellte Hintergrundkontaminierung des Sedimentes mit Arsen beläuft sich auf etwa 42,8 bis 49,3 mg/kg.
- 4 Wasserproben wurden oberhalb der Laderäume der Wracks genommen und wiesen keinerlei Kampfstoffe, deren Bei- oder Abbauprodukte auf. Die Konzentrationen von elementarem Arsen lagen unterhalb der Nachweisgrenze.
- Die Sedimentproben wiesen neben 2,4 mg/kg Senfgas (eine Probe) auch Clark I (bis zu 178 mg/kg) sowie Abbauprodukte von Senfgas auf. Zudem wurde in einer Probe Chloracetophenon nachgewiesen, sowie oftmals Clark I, Triphenylarsin (Bestandteil von Arsinöl) sowie weitere Organoarsen-Komponenten. Die Arsenkonzentrationen lagen generell meist im Bereich der genannten Hintergrundbelastung, 4 Proben wiesen aber erhöhte Konzentrationen von 75 bis 480 mg/kg auf.
- Während chemische Kampfstoffe selbst nur in unmittelbarer Nähe zu den Wracks bzw. Kampfmitteln nachgewiesen werden konnten, wurden die Arsen enthaltenden Komponenten auch in größeren Entfernungen detektiert.
- Hinsichtlich des Konsums von Fisch (1-3 mal pro Monat) wird das Risikopotenzial über die Aufnahme von Arsen, basierend auf den Messwerten im Sediment und spezifischer Annahmen hinsichtlich der Verteilung organischer/anorganischer Arsenverbindungen und entsprechender Konzentrationsmechanismen in der Nahrungskette, als gering eingestuft.

Der Bericht des Norwegischen Verteidigungsministeriums [FFI 2002] macht auch deutlich, dass aufgrund des oftmals schlechten Zustandes der zur Versenkung genutzten Schiffe die Möglichkeit besteht, dass ein signifikanter Anteil überhaupt nicht das eigentliche Versenkungszielgebiet erreichte, sondern bereits auf dem Weg dorthin inklusive der an Bord befindlichen chemischen Kampfmittel im Meer versank. Die verfügbaren Informationen hinsichtlich des Verbleibs von bekannten Schiffen erscheinen – gerade auch im Bezug auf die beiden anderen Versenkungsgebiete Lista und Kristiansand – sehr begrenzt (vgl. hierzu entsprechenden Anhang mit Schifflisten in [FFI 2002]). Der nachgewiesene Fischfang in den Versenkungsgebieten wird sehr kritisch bewertet, die Hauptgefahren werden hinsichtlich der Gefährdung der Fischer aber insbesondere auch in möglichen Beschädigungen der Schiffwracks gesehen, die in einer Erhöhung der Freisetzung der enthaltenen Substanzen resultieren könnte. Ein Fischfangverbot sowie das Untersagen anderer Aktivitäten, die in einem Kontakt mit den Kampfmitteln und Inhalten verbunden sind, werden klar empfohlen.

Das Masekaer / Lysekil Versenkungsgebiet

Im Bereich des Masekaer Versenkungsgebietes wurden 1945 bis 1947 (eventuell auch bis 1948 laut [LAURIN 1997]) mindestens neun Schiffe – davon acht Schiffe der Marine und ein mittelgroßer Frachter – etwa acht Seemeilen westlich des Masekaer-Leuchtturms im östlichen Skagerrak auf Befehl der britischen und amerikanischen Besatzungsmächte versenkt [HELCOM 1994]. Die Menge der mitversenkten chemischen Kampfmittel wurde durch schwedische Behörden auf etwa 20.000 t geschätzt und umfassen u.a. Senfgas [EPA DK 1992]. Die Versenkung anderer Kampfstoffe wie Nervengase wurde zwar nicht bestätigt, kann aber auch nicht ausgeschlossen werden [HELCOM 1994].

Laut [HELCOM 1994] wurden weitere zwei Schiffe mit 1.500 t chemischer Kampfmittel an einer Position parallel zu Skaw (Skagen, Nordspitze Dänemark) im Skagerrak, in unmittelbarer Nähe zum HELCOM-Konventionsgebiet versenkt. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um die Schiffe, die auf Befehl der französischen Besatzungsmacht versenkt wurden [HELCOM 1994].

[EPA DK 1992] erwähnt für 1946 – in Übereinstimmung mit vorangehenden Angaben – eine Versenkung von 9 Schiffen (8 eher kleinere Marineschiffe und 1 mittelgroßer Frachter) mit etwa 20.000 t Senfgas im Masekaer in einer Wassertiefe von etwa 200 m. Demnach nimmt Schweden die Schiffe im Masekaer als mit Senfgas beladen an, aber andere Inhalte wie Nervengas sind auch nicht ausgeschlossen. Zudem nennt [EPA DK 1992] ebenfalls die Versenkung zwei weiterer Schiffe in der Nähe von Skagen (Nordspitze Dänemarks) mit chemischen Kampfmitteln.

Hinsichtlich der Menge an mitversenkten Kampfstoffen ergibt sich in der verfügbaren Literatur eine recht weite Spreizung der Annahmen: [LAURIN 1997] legt auf Basis von Augenzeugenberichten eine Auslastung der spezifischen Schiffskapazitäten von 90 % zugrunde und gelangt somit zu einer theoretischen Maximalmenge von etwa 55.000 t an Kampfmitteln, die alleine im Bereich des Masekaer versenkt worden sein könnten. Großbritannien bestätigt hier zwar offiziell die Versenkung von Schiffen inklusive chemischer Kampfmittel, gibt aber teilweise keine Informationen über Mengen und Typen.

Die Schiffe wurden in Tiefen von etwa 180 bis 230 m versenkt, die genauen Positionen – soweit bekannt – sowie weitere Details sind den tabellarischen Ausführungen im Kapitel 5.3 zu entnehmen. Abbildung 18 zeigt sowohl die Position des Masekaer-Vsenkungsgebietes als auch die Position der dort entdeckten und vorangehend genannten neun Schiffswracks.

Anders als bei Versenkungsgebieten wie Bornholm sind aus dem Skagerrak/Masekaer keine Unfälle in der Fischerei durch aufgefishete Kampfmittel bzw. Kampfmittelinhaltsstoffe öffentlich (siehe hierzu insbesondere Kapitel 5.7), auch wenn es für entsprechende Fischereiaktivitäten klare Hinweise gibt (z.B. gekappte Fischnetze an den Wracks [GRANBOM 1996]). Ein Grund für das Ausbleiben gemeldeter Zwischenfälle dürfte einerseits die Positionierung der Kampfmittel innerhalb der Wracks und somit die verminderte Zugänglichkeit zu den Kampfmitteln und Inhaltsstoffen für externe Einwirkungen sein [MERCW 2006]. Andererseits trägt –

anders als im Falle Dänemarks – sicher das Fehlen entsprechender finanzieller Kompensationen bei durch subaquatische Rüstungsaltlasten verursachten Schäden in der norwegischen und schwedischen Fischerei zu einer stark verminderten „Meldefreudigkeit“ bei [EPA DK 1992]. Gehäufte Zwischenfallmeldungen gefährden gemäß entsprechender Aussagen betroffener Fischer in genannter Quelle letztendlich doch nur den Fortbestand des legalen Fischfangs in den betroffenen Gebieten und somit teilweise die Existenzgrundlage der dortigen Fischer.

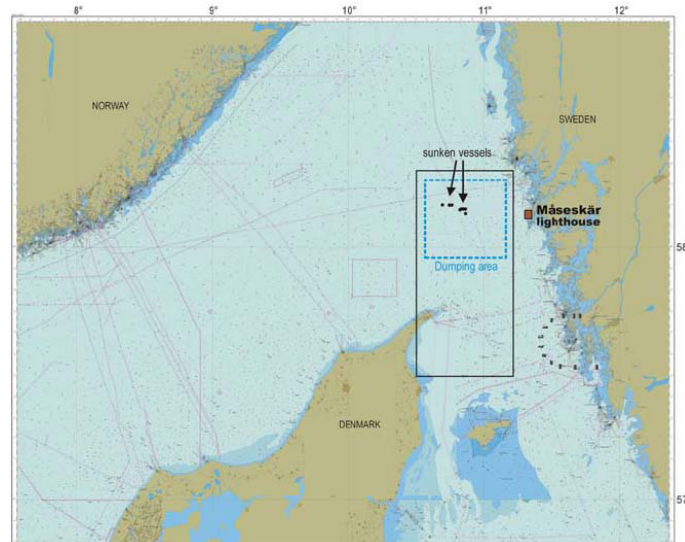


Abbildung 18: Position der bekannten Schiffwracks im Masekaer-Versenkungsgebiet vor der Schwedischen Westküste [MERCW 2006]

Geographische, geologische und hydrographische Charakteristika

Das Masekaer-Versenkungsgebiet liegt im östlichen Teil der Norwegischen Rinne in Wassertiefen von etwa 180 bis 200 m. Die Struktur des Seebodens ist geprägt von einer bis zu 1,5° geneigten Sohle, die wiederum durch zahlreiche Grate durchzogen ist, die eine Höhe von bis zu 15 m haben. Im Osten wird das Versenkungsgebiet durch eine Senke (Lussekill) begrenzt, die von Südsüdwest nach Nordnordost verläuft. [PAKA & SPIRIDONOV 2002]

Das Gebiet zeichnet sich aufgrund seiner spezifischen Topographie durch gut ausgeprägte Sedimentierungsprozesse aus, die z.B. die Akkumulation von Sediment auf der „Lee-Seite“ der dort befindlichen Schiffwracks begünstigen, wobei Sediment auf der „Luv-Seite“ gezehrt wird und es zu ausgeprägten Kolken kommt. Die Sedimente im Bereich der Lussekill-Senke bestehen aus Schlack, der teilweise mit Sand gemischt ist. Die obere Sedimentschicht (5 bis 7 cm Stärke, manchmal mehr) ist mit Sauerstoff angereichert („oxidiert“), darunter ist der reduzierte, sauerstoffarme Schlack grau. Die oxidierte obere Schicht stellt eine gute Abdeckung z.B. hinsichtlich des Austauschs von chemischen Elementen dar. [MERCW 2006]

Der graue Schlack besteht aus einem recht hohen Feinkornanteil (< 0,01 mm) von 56 bis 65 %, während der Feinstkornanteil (< 0,001 mm) bei etwa 8,4 bis 16,9 % liegt. Die oberflächennahe Schlackschicht stellt eine halbflüssige Substanz dar, die tiefere Schicht ist recht weich und besteht zu 50 bis 70 % aus Wasser. [EMELYANOV ET AL. 2000]

Aus hydrographischer Sicht stellt das Masekaer Versenkungsgebiet einen recht starken Gegensatz zum Versenkungsgebiet bei Bornholm dar. Hauptcharakteristikum ist eine homogene Temperatur- und Salzgehalt-Verteilung in tieferen Wasserschichten, die auf eine permanente Durchmischung mit dem aus dem Skagerrak kommenden Tiefenwasser schließen lässt. Dies resultiert auch in dem Nichtvorhandensein eines Dichtegradienten und entsprechender Deckschicht, die somit den vertikalen Austausch z.B. toxischer Substanzen nicht verhindert. Allerdings reduziert dieser erleichterte Abtransport ein lokales Akkumulationspotenzial in der bodennahen Wassersäule und begünstigt Verdünnungseffekte. Die Strömungsgeschwindigkeiten in Grundnähe erreichen bis zu 10 cm/s, die durchschnittliche Geschwindigkeit liegt bei etwa 3 bis 5 cm/s, in etwas höher gelegenen Wasserschichten (75 bis 80 m Wassertiefe) bis zu 20 cm/s. [MERCW 2006], [EMEL'YANOV ET AL. 2000]

Bisherige Untersuchungsergebnisse und aktuelle Forschung

Eine wissenschaftliche Untersuchung im Jahre 1992, beauftragt durch die „Swedish National Maritime Administration“, hatte das Ziel, die exakte Position der Schiffswracks im Meeresgebiet vor Masekaer zu bestimmen und einige der Wracks zu untersuchen. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden 19 Objekte gefunden, dabei wurde angenommen, dass 16 von ihnen Wracks oder Teile von Wracks darstellen. Es wurden keine Bomben visuell entdeckt und auch keine signifikanten Toxizitätswerte in untersuchten Fischen und Krabben beobachtet, allerdings zeigten Sedimentanalysen Senfgaskonzentrationen bis zu 190 ppm. Die genannte Spitzenkonzentration wurde in einer Entfernung von etwa 1 km zum nächstgelegenen Schiffswrack festgestellt. [GRANBOM 1996]

Eine russische Untersuchung in den Jahren 1997 und 2000 belegte starke Anomalien hinsichtlich des Arsengehaltes im Sediment, die bis zu 200 mg/kg erreichten und die auch unter Einbeziehung eventueller natürlicher Arsenanreicherungsmechanismen durchaus auf externe Quellen und somit auch auf die dort versenkten Kampfmittel zurückgeführt werden können. Bei pH-Messungen wurden nur bedingt Anomalien festgestellt. Diese sind aber ebenfalls wohl auf Kampfmittel und deren Inhalte zurückzuführen, gleiches gilt für teilweise erhöhte Phosphorwerte (bis zu zweifach erhöht im Verhältnis zum Hintergrundwert). Überraschenderweise konnten in einer Sedimentprobe im östlichen Skagerrak (58° 10,63' N und 10° 45,68' E) Spuren von Sarin im bodennahen Wasser gefunden werden. Diese auf eine Emission von Kampfstoffen deutende Feststellung wird auch durch die Anwesenheit einer großen Zahl an Senfgas toleranten Mikroorganismen in diesen Wasserschichten gestützt. Im Rahmen mikrobiologischer Untersuchungen im Zeitraum 1994 bis 2000 wurde an 27 Stationen der Gehalt an Bakterien in grundnahen Wasserschichten untersucht, die tolerant gegenüber Senfgas-Hydrolyseprodukten sind. Bis zu 98 % der Gesamtmenge an heterotrophen Organismen waren tolerant, und an sieben Stationen wurden sogar akkumulierende Kulturen von entsprechenden Mikroorganismen festgestellt⁽⁴⁰⁾. Die Lebensräume der toleranten Mikroorganismen stimmten meist mit den Bereichen mit hydrochemischen Anomalien überein, was eine Emission von Senfgas in die marine Umwelt indiziert. [PAKA & SPIRIDONOV 2002], [MERCW 2006]

⁴⁰ Vgl. hierzu entsprechende Ausführungen im Rahmen der stofflichen Neubewertung von Senfgas (Kapitel 5.1.2)

Auf Basis der Korrosion der Schiffswracks und Behälter scheint sich auch sehr signifikant Eisen in den grundnahen Schwebeteilchen anzureichern. Diese wiesen Eisengehalte auf, die durchaus mit denen von Eisenmangankrusten und Mangannadeln zu vergleichen sind [EMELYANOV ET AL. 2000].

Im Zuge der genannten russischen Untersuchungen wurden auch 12 Schiffwracks kartiert. Eines der Wracks wurde per ROV („Remotely Operated Vehicle“⁽⁴¹⁾) visuell untersucht und zeigte, wahrscheinlich durch beabsichtigte Sprengungen zum Versenken des Wracks hervorgerufene, recht starke Zerstörungen und eine fortgeschrittene Korrosion des metallenen Bootsrumpps. Zerrissene Fischnetze waren auf dem Deck und an Aufbauten hängend sichtbar (vgl. auch [GRANBOM 1996]). Es wurden am untersuchten Wrack keine Kampfmittel gesichtet, das Wrack war recht stark bewachsen, und es wurde eine recht ausgeprägte Fauna beobachtet. Beides könnten Indizien dafür sein, dass das Wrack entweder keine bedeutende Menge an toxischen Stoffen enthält oder eventuell enthaltene chemische Kampfmittel noch keine oder noch keine ausreichenden Leckagen aufwiesen, um signifikante Schadstofffrachten zu emittieren. [PAKA & SPIRIDONOV 2002]

Das Spezifikum der mit chemischen Kampfmitteln beladenen Schiffwracks resultiert laut [MERCW 2006] in einer möglichen Ausbildung von echten Hot Spots mit einer lang andauernden Sedimentbelastung und eher kurzzeitigen Wasserbelastungen im unmittelbaren Umfeld der Wracks.

⁴¹ Ein ROV ist somit ein ferngesteuertes Fahrzeug und unterscheidet sich von einem AUV (Autonomous Underwater Vehicle), welches autonom, also unabhängig von kontinuierlichen externen Steuerbefehlen, operieren kann.

4.5.5 Sonstige Versenkungsgebiete in der Ostsee sowie „en route dumping“

Laut [HELCOM 1994] wurden 1964 im Hafen von Wolgast 462 Tabungranaten gefunden, die daraufhin geborgen, in Betonblöcke gegossen und dann im Norwegischen Meer auf der Position 64° 42' N, 01° 36' W in 3.100 m Wassertiefe rückversenkt wurden. Die Möglichkeit von versehentlichen oder auf Unfällen basierenden Versenkungen von konventionellen als auch chemischen Kampfmitteln kann in keinem der damaligen Beladehäfen kategorisch ausgeschlossen werden. Diese wichtigen Beladehäfen waren: Kiel, Emden, Wilhelmshaven, Lübeck, Flensburg, Nordenham, Bremerhaven, Cuxhaven, Peenemünde und Wolgast (vgl. [RAPSCH & FISCHER 2000], [LAURIN 1997]) sowie die russischen Häfen Liinakhamari (Murmansk Oblast) für Barents- und Karasee, Severodvinsk für das Weiße Meer, Posyet und Nakhodka für das Japanische Meer sowie Paldiski und Tallinn für die Ostsee [FEDEROV 1996].

Weitere Versenkungs- und Verdachtsgebiete für konventionelle und chemische Kampfmittel werden im Kapitel 5 eingehend behandelt.

En route dumping

Das Phänomen des „en route dumping“ – also des unkontrollierten Versenkens von Kampfmitteln bereits auf der Fahrt in die offiziell ausgewiesenen Versenkungsgebiete – im Zuge der Vernichtungsmaßnahmen der Alliierten nach Ende des Zweiten Weltkrieges ist ein in zahlreichen Literaturquellen behandeltes und ebenso zahlreich durch Augenzeugenberichte belegtes Spezifikum der diesbezüglichen Versenkungsaktivitäten im Ostseeraum (vgl. hierzu z.B. [BSH 1993], [HELCOM 1994], [POLITZ 1994], [ANDRULEWICZ 1996] sowie [LAURIN 1997]). Demnach begannen die Besatzungen auf den angeheuertem und pauschal bezahlten Schiffen des Öfteren nahezu unmittelbar nach dem Auslaufen aus dem Beladehafen damit, kleinere und mittelgroße Kampfmittel über Bord zu werfen, um somit erheblich früher zu einer weiteren Fahrt aufbrechen zu können. Entsprechende Auswertungen von Logbüchern und Vergleiche mit den theoretisch nötigen Fahrtauern belegen, dass viele Schiffe nicht einmal in den Versenkungsgebieten ankamen, bevor sie bereits – entleert – die Rückreise antraten.

Von diesen „en route dumpings“ ist prinzipiell im Umfeld jedes Beladehafens für Versenkungsaktionen nach dem Zweiten Weltkrieg auszugehen, die zusätzlich zu den ohnehin stattgefundenen Zwischenfällen in den Häfen selbst oder auf den Reisen zu den Versenkungsgebieten – bei denen chemische und konventionelle Kampfmittel „über Bord gingen“ – zu einer potenziell signifikanten Belastung der unmittelbaren Küstengewässer mit entsprechenden Kampfmitteln beitrugen.

Detaillierte Untersuchungen zu diesem Thema haben nach Kenntnis des Autors der vorliegenden Arbeit im Kontext der Kampfmittelversenkungen in der Ostsee nur durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in den Jahren 1994 bis 1997 stattgefunden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie [SCHULZ-OHLBERG ET AL. 2002] sollen nachfolgend kurz dargestellt und kommentiert werden.

Bei den angesprochenen Untersuchungen wurden die Transportrouten in der heutigen Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) im Zuge von insgesamt acht Forschungsfahrten durch akustische (Sidescan-Sonar) und magnetische Messmethoden (Protonen-Magnetometer) flächendeckend analysiert. Die untersuchten Transportwege erstrecken sich – wie aus Abbildung 19 ersichtlich – in der Pommerschen Bucht und weisen Wassertiefen von durchschnittlich 15 bis über 20 m auf. Im Bereich der Oderbank reduzieren sich diese Wassertiefen auf unter 10 m. Der Meeresgrund wird hauptsächlich durch feinkörnige Sandablagerungen bestimmt, während in den unmittelbaren Küstenbereichen eher Schlick dominiert.

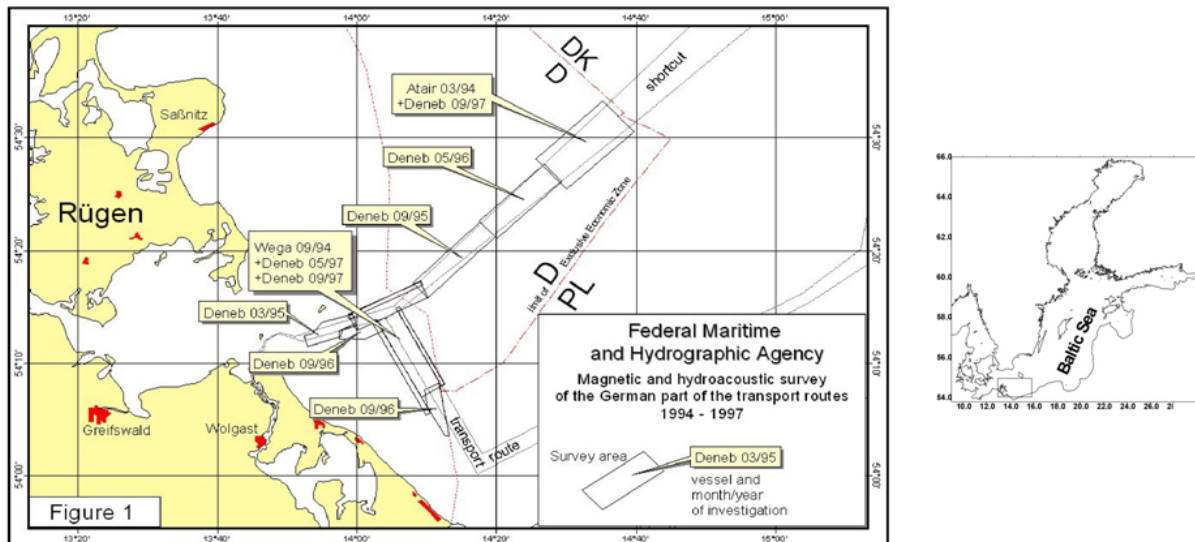


Abbildung 19: Untersuchte Transportwege vor der Pommerschen Küste [SCHULZ-OHLBERG 2002]

Als Ergebnis der Untersuchungen wurden auf Basis einer Überlagerung der magnetischen als auch akustischen Daten (vgl. Abbildung 20 sowie Abbildung 21) etwa 100 Objekte auf dem Meeresboden festgestellt, die optisch weiter geprüft wurden (vgl. Abbildung 22). Von diesen 100 Objekten stellten sich die Mehrzahl als harmlose Metallobjekte wie z.B. Wrackteile und Anker heraus, vier Objekte stellen aber wohl korrodierte Teile von Kampfmitteln dar. Im Meeresboden wurden weitere 130 Metallobjekte detektiert, von denen eine Vielzahl im Bereich der Oderbank situiert ist und deren Ursprung nach wie vor ungeklärt ist.

Im Rahmen der Darstellung der Untersuchungsergebnisse wird darauf hingewiesen, dass manche der auf dem Meeresgrund befindlichen Findlinge mit magnetischen Mineralien angereichert sind und somit die magnetischen Aufzeichnungen stören. Ballungen dieser Findlinge wurden im Küstenbereich Usedom sowie im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes festgestellt. Zudem tragen Muschelkonzentrationen, die auch als künstliche Objekte interpretiert werden können, beidseitig der Oderbank zu unklaren Ergebnissen der Sidescan-Sonaraufnahmen bei. Zudem wurden – gerade im unmittelbaren Küstenbereich – signifikante Marken der Schleppnetzfisherei auf dem Meeresgrund gefunden, ebenso wie erhebliche Sedimentumlagerungen.

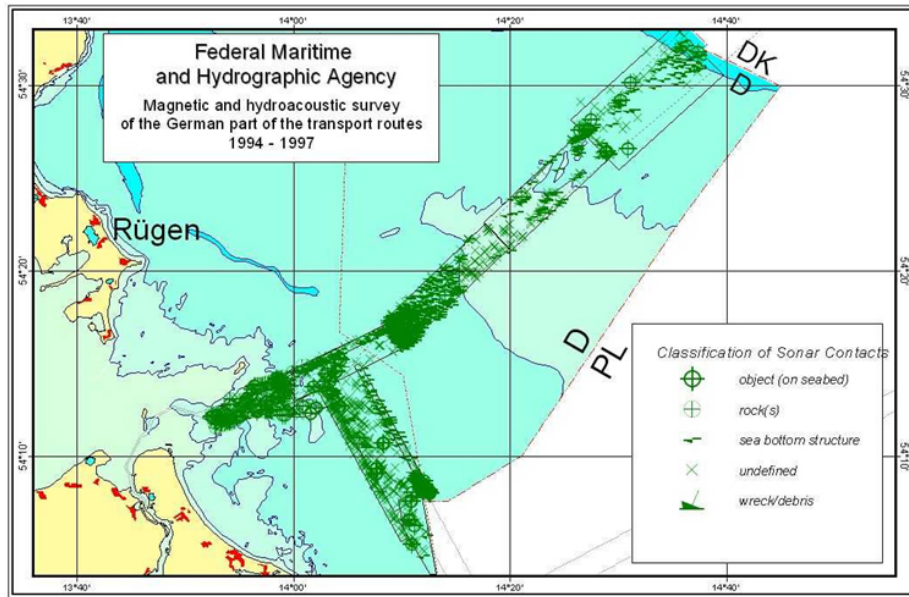


Abbildung 20: Sonarkontakte im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002]

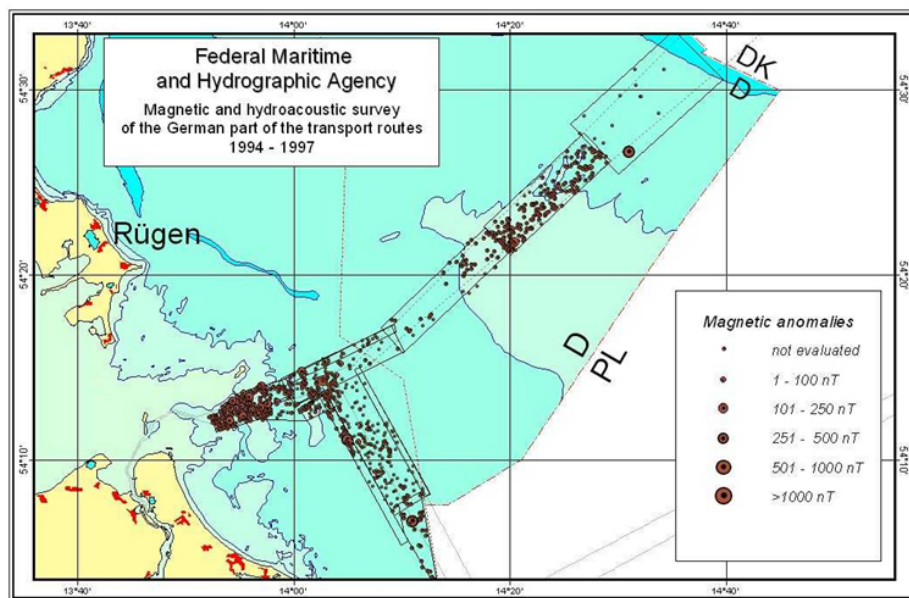


Abbildung 21: Magnetische Anomalien im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002]

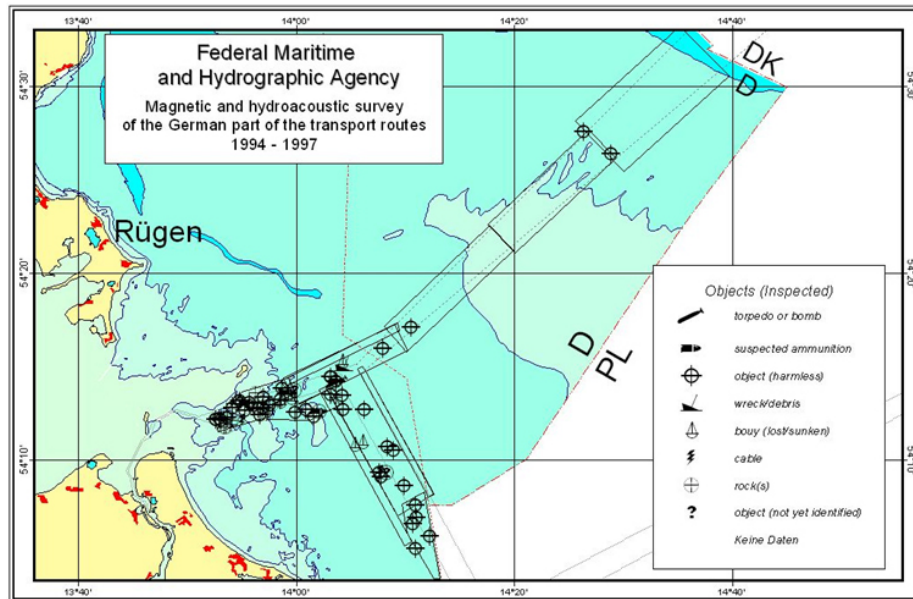


Abbildung 22: Inspizierte Objekte im Bereich der untersuchten Transportwege [SCHULZ-OHLBERG 2002]

Offene Fragen und offensichtliche Fehlinterpretationen

Die vorliegende Studie wird seit Veröffentlichung gerade von öffentlichen Institutionen oftmals als Argument für eine Nichtbelastung bzw. zumindest einer nicht signifikanten Belastung der deutschen Küstengewässer mit Kampfmitteln – insbesondere im Rahmen des „en route dumpings“ – verwendet. Diese Interpretation ist aus nachfolgenden Gründen objektiv so nicht nachvollziehbar bzw. nicht gerechtfertigt:

Nach Aussage eines der Autoren im Rahmen einer schriftlichen Kommunikation [SCHULZ-OHLBERG 2006] mit dem Verfasser der vorliegenden Arbeit wurde „mit magnetischen Verfahren im Wesentlichen nach Anhäufungen von chemischer Kampfstoffmunition, nicht nach Einzelkörpern“ gesucht. Der Profilarabstand der Suchschleifen war so gewählt, dass „eine Anomalie von mehreren Munitionskörpern, z.B. mehr als 10 Stück in der Größe von chemischen Granaten, verteilt auf einer Fläche von ca. 20 m x 20 m auf alle Fälle entdeckt wird“.

Eben diese Anhäufungen sind bei einer händigen Versenkung von Kampfmitteln von einem fahrenden Boot aus aber nicht zu erwarten. Geht man von einer Geschwindigkeit des fahrenden Bootes von etwa 20 km/h aus, was etwas mehr als 5,5 m/s entspricht, müssten für die genannte Flächenbelastung dauerhaft etwa drei Kampfmittel in der Größe einer Granate (etwa 14 bis > 50 kg Gesamtgewicht) pro Sekunde über Bord gegangen sein, was nicht ausgeschlossen, aber eben nicht sehr wahrscheinlich ist. Erreichbar sind diese Ballungen eigentlich nur bei Versenkungen von Kampfmitteln in Packgefäßen (wie Kisten, Körben etc.), die so zwar auch oftmals realisiert wurden, eher aber aus den offiziellen Versenkungsgebieten mit den damit verbundenen Problemen wie Aufschwimmen und Verdriftung bekannt sind.

Die optischen Verifizierungen umfassten nur die 100 auf dem Sediment befindlichen Objekte, von denen sich vier als korrodierte Kampfmittel herausstellten. Eben diese oberflächlichen Bereiche werden aber – wie auch belegt – signifikant durch die Schleppnetzfischerei überstri-

chen, was eine Verschleppung ursprünglich vorhandener, sich auf dem Meeresboden befindlicher Kampfmittel sehr wahrscheinlich macht. Der Fund von vier Kampfmitteln – trotz der Verschleppungsproblematik und insbesondere der sehr geringen Wahrscheinlichkeit der Detektion von vereinzelt Kampfmitteln auf dem Sediment – kann somit sicher nicht als „nur vier“ und damit Entwarnung interpretiert werden.

Die sich im Sediment befindlichen Anomalien wurden gemäß vorliegender Veröffentlichung überhaupt nicht weiter untersucht. Basierend auf vorangehenden Ausführungen ist aber gerade hier von einer vermehrten Präsenz von chemischen Kampfmitteln auszugehen, die – durch das Sediment geschützt – an ihrem ursprünglichen Versenkungsort liegen und nicht den Einflüssen der Schleppnetzfischerei unterworfen sind.

Persönliche Bemerkung

Die vorangehend gemachten Ausführungen zielen in ihrer Kritik nicht auf die eigentliche Untersuchung sowie diese ausführende Institutionen oder Personen ab, sondern wenden sich einzig und allein gegen eine offensichtliche Fehlinterpretation der objektiven Untersuchungsergebnisse durch Zweite und die damit verbundenen Unschärfen.

5 Neubewertungen subaquatischer Kampfmittelaltlasten in der Ostsee

5.1 Stoffliche Charakteristika der versenkten Kampfmittelinhaltsstoffe

5.1.1 Vorbemerkungen

Grundsätzliche Vorbemerkungen

Die nachfolgenden Zusammenfassungen hinsichtlich der stofflichen und toxikologischen Charakteristika von 30 Hauptvertretern der chemischen und konventionellen Kampfmittelinhaltsstoffe basieren auf der in Kapitel 10.1 dargestellten Stoffdatenbank. Diese beruht auf einer intensiven Literaturrecherche sowie der Auswertung einiger nationaler und internationaler Datenbanken.

Die bearbeiteten Substanzen sind – wie in Kapitel 10.1 auch – in alphabetischer Reihenfolge gelistet, wobei zunächst die Kampfstoffe, dann die konventionellen Inhaltsstoffe dargestellt werden. Die Ergebnisse und nachfolgende Kurzzusammenfassung dieser Neubewertung der Kampfmittelinhaltsstoffe im Kontext einer subaquatischen Altlast sind auch Grundlage für das in Kapitel 6 näher dargestellte, internetbasierende Erstbewertungstool „FRATSAD“.

Nachfolgende Kurzcharakteristika entsprechen einer zusammenfassenden Interpretation der Detailangaben der Stoffdatenblätter im Anhang. Resultierend sind einige allgemeingültige Aussagen der Stoffdatenblätter entsprechend modifiziert (z.B. Wasserlöslichkeit). Annahmen des Autors sind als solche ausgewiesen („angen.“). Innerhalb der nachfolgenden Zusammenfassungen sind oftmals auch wichtige Zusatzinformationen gegeben, die aufgrund ihres Umfangs nicht in die Stoffdatenblätter integriert werden konnten (siehe insbesondere Chlor, Phosgen und Senfgas).

Widersprüchliche Informationen

Oftmals widersprachen sich die in den Literaturquellen enthaltenen Informationen diametral. In diesen Fällen sind beide Informationen in den Stoffdatenblättern enthalten und wurden für die nachfolgenden Zusammenfassungen auf Basis der Gesamtinformationen konservativ interpretiert.

Hinsichtlich der Aspekte der Teratogenität, Mutagenität sowie Karzinogenität soll an dieser Stelle nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass eine Substanz als diesbezüglich „nicht klassifiziert/nicht eingestuft“ gilt, wenn keine oder keine eindeutigen Informationen hierzu vorliegen. Eine Nicht-Einstufung bedeutet keinesfalls, dass eine entsprechende Substanz diese Wirkung kategorisch nicht aufweist, was oft in vorliegenden Literaturquellen und Studien fehlinterpretiert wird.

Eine große Spreizung der Informationen ist insbesondere hinsichtlich der Hydrolyseeigenschaften einiger Substanzen auffällig. Oftmals sind entsprechende Eigenschaften nur qualitativ (z.B. „langsame Hydrolyse“), ohne weitere Angaben zu tatsächlich zu erwartenden Zeiträumen. In diesen Fällen wurden als wahrscheinlich zu betrachtende Zeiträume

auf Basis sonstiger Angaben angenommen und wurden entsprechend als Annahmen ausgewiesen. Hierbei sei nochmals darauf hingewiesen, dass viele Angaben zur Hydrolyse optimalen Laborbedingungen zugrunde liegen, die zudem in nahezu als ideal anzusehenden, dauerhaft gerührten Gefäßen bestimmt wurden. Entsprechende Ergebnisse sind im Rahmen subaquatischer Kampfmittelaltlasten oftmals nicht oder auch nicht ansatzweise realisierbar, was auch entsprechend dargestellt ist (vgl. z.B. entsprechende Ausführungen bezüglich Senfgas oder Phosgen) und ebenfalls in aktuellen Studien wie [MERCW 2006] kritisiert wird.

Haftungsausschluss

Trotz sorgfältiger Erarbeitung und Auswertung der Literaturquellen kann keinerlei Haftung hinsichtlich eventuell falscher oder missverständlicher Informationen übernommen werden. Dies betrifft insbesondere die Dekontaminations- und Erste Hilfemaßnahmen in den jeweiligen Stoffdatenblättern, die hier rein informativen, übersichtlichen Charakter haben und nur sehr peripher im Rahmen der vorliegenden Arbeit Relevanz haben. Gerade hinsichtlich praktikabler Lösungen für eine Prävention und Maßnahmen bei Zwischenfällen auf Fischfangbooten bietet die HELCOM unter http://www.helcom.fi/environment2/hazsubs/en_GB/chemu/ eine aktualisierte Informationsplattform an.

Die aufgeführten Erstmaßnahmen umfassen nur sehr grob einige Handlungsoptionen bis zum Eintreffen bzw. der Verfügbarkeit von geschultem Personal oder Ärzten. Atropingaben oder sonstige schwerwiegende Handlungsoptionen, z.B. bei Nervenkampfstoffen, werden deshalb gar nicht berücksichtigt. Insbesondere die individuellen Rahmenbedingungen (Expositionsdauer, Konzentrationen der Substanzen, betroffene Kontaminationspfade etc.) erfordern individuelle Handlungsweisen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit überhaupt nicht darstellbar sind und auch den Rahmen und Ausrichtung der Arbeit sprengen würden. Hierzu finden sich z.B. in [MARRS ET AL. 2007] sowie an anderer Stelle (z.B. auf der genannten Internetpräsenz der HELCOM oder der UK Health Protection Agency) spezifische Detailinformationen. Ausdrücklich wird darüber hinaus darauf hingewiesen, dass auf den persönlichen Schutz beim Umgang mit Kampfstoffverletzten geachtet werden muss, um eine Sekundärvergiftung zu vermeiden.

5.1.2 Hauptcharakteristika einiger chemischer Kampfstoffe

Adamsit (CAS Nr. 578-94-9)

- Hochtxischer Nasen- und Rachenreizstoff, Ätzstoff und Lungengift
- Giftig beim Einatmen und Verschlucken, sehr giftig bei Hautkontakt
- Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, extrem toxisch für Wasserorganismen
- Praktisch wasserunlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Jahre), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch
- Sehr stabil, jahrelange Lagerung unter Wasser ohne Zersetzung möglich
- Reinsubstanz enthält etwa 27 Gew.-% Arsen

Arsenrichlorid (CAS Nr. 7784-34-1); (Bestandteil von Arsinöl)

- Hochtxischer Reiz- und Ätzstoff; Lungen-, Zell- und Nervengift
- Ätzende Wirkung auf Haut, Schleimhäute und Augen, beim Verschlucken starke Ätzwirkung mit Gefahr der Perforation von Speiseröhre und Magen
- Kanzerogen, Verdacht auf mutagene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, sehr giftig für Wasserorganismen insb. Fische
- Sehr gut löslich in Wasser; schnelle Hydrolyse (Minuten angen.), hochtoxische Hydrolyseprodukte (u.a. Arsen(III)-oxid (sehr giftig, kanzerogen, Mutagenitätsverdacht))
- Recht stabil bei Ausschluss von Feuchtigkeit
- Reinsubstanz enthält etwa 41 Gew.-% Arsen

Arsinöl (Mischung ohne eigene CAS Nr.)

Gemisch aus 50 % Phenylarsindichlorid (Pfiffikus), 35 % Diphenylarsinchlorid (Clark I) sowie 5 % Triphenylarsin und 5 % Arsen-(III)-chlorid

➔ Siehe hierzu die entsprechenden Datenblätter der Einzelsubstanzen

Blausäure (Cyanwasserstoff) (CAS Nr. 74-90-8)

- Stark toxischer Reizstoff sowie Lungen- und Hautgift
- Reizwirkung auf Atemwege und Augen
- Teratogene Wirkung in hohen Konzentrationen
- Nicht oder nur sehr gering bioakkumulierbar
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Fische und Plankton
- Sehr gut wasserlöslich, langsame Hydrolyse (Minuten bis Stunden angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen
- Bei Lagerung in Stahlbehältern nur mittelfristig stabil (Monate bis wenige Jahre angenommen), Gefahr explosionsartiger Zersetzungen

Chlor (CAS Nr. 7782-50-5)

- Hochtoxischer Reizstoff sowie Lungen- und Hautgift
- Starke Reizwirkung auf die Haut, Atemwege, die Augen und Schleimhäute
- Verdacht auf teratogene Wirkung, aber nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK- und BAT-Wertes; eventuelle Hinweise auf Mutagenität in vitro
- Nicht bioakkumulierbar
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Fische und Plankton
- Gut wasserlöslich, langsame Hydrolyse (Minuten bis Stunden angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch
- Stabil bei Ausschluss von Feuchtigkeit
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen
- Lagerung verflüssigt in Stahlbehältern; bei Perforation und unter Berücksichtigung des Umgebungsdrucks sowie Lösungsmechanismen Entwicklung großer Gaswolken (1 Liter flüssiges Chlor produziert theoretisch etwa 463 l Chlorgas)

Bemerkung: Die verflüssigte Lagerung von Chlor insbesondere in Kampfmitteln [PRENTISS 1937] ist bezüglich der theoretisch produzierten Gaswolke gerade hinsichtlich eines „sudden release“, also eines schlagartigen Freiwerdens signifikanter Mengen an verflüssigtem Chlor von großer Relevanz: Hierbei produziert ein Liter verflüssigten Chlors etwa 463 l Chlorgas (vgl. hierzu u.a. [GELLERMANN 1986] und die Ausnutzung bezüglich des „Blasverfahrens“ im Ersten Weltkrieg). Laut [MARTINETZ 1996B] verdampfen bei einer mechanischen Beschädigung aber nur etwa 18 % des enthaltenen verflüssigten Chlors spontan, während sich der größte Teil des Inhaltes auf den Siedepunkt (-34°C) abkühlt und für eine weitere Verdampfung einer entsprechenden Wärmezufuhr aus der Umgebung bedarf und somit nur allmählich verdampft.

Hinsichtlich eines „sudden release“ in subaquatischer Umgebung ist eine solche kontinuierliche Wärmezufuhr zwar gegeben, reicht aber wohl nicht aus, um nach der initialen spontanen Verdampfung weiterhin kurzfristig signifikante Mengen an Chlorgas freizusetzen. Zudem sind Lösungs- und Hydrolysemechanismen sowie Druckabhängigkeiten bei erhöhten Wassertiefen zu beachten. Dennoch ist gerade in geringen Wassertiefen davon auszugehen, dass bei einem schlagartigen Freiwerden größere Mengen an flüssigem Chlor in verdampfter, gasförmiger Form an die Wasseroberfläche gelangen und dort signifikante Konzentrationen in der Atmosphäre und Kontaminationsfahne erreichen können. Die relative Gasdichte liegt bei 2,5; somit würde ein entstehendes Chlorgas-/Luftgemisch in Abhängigkeit der meteorologischen Gegebenheiten auf der Wasseroberfläche verdriften.

Chloracetophenon (CAS Nr. 532-27-4)

- Hochtxischer Reizstoff
- Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Verdacht auf kanzerogene und teratogene Wirkung
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Gefährlicher Wasserschadstoff
- Gut wasserlöslich; sehr langsame bis keine Hydrolyse, Hydrolyseprodukt mindertoxisch
- Sehr stabil, auch nach längerer Lagerung in feuchter Atmosphäre sind keine chemischen Zersetzungsreaktionen zu beobachten
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Chlorpikrin (CAS Nr. 76-06-2)

- Sehr giftiges Lungen- und Hautgift
- Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut; verursacht schwere Hautschäden
- Keine kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung bekannt
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Gefährlicher, für Wasserlebewesen sehr toxischer Wasserschadstoff
- Gut wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukt mindertoxisch (angen.)
- Relativ stabil
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Clark I (CAS Nr. 712-48-1)

- Sehr giftiges Haut- und Lungengift
- Giftig beim Einatmen und Verschlucken; bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung
- Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen
- Wasserlöslich bis gut wasserlöslich; langsame bis sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Monate angen.), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch
- Stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit
- Reinsubstanz enthält etwa 28 Gew.-% Arsen
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Clark II (CAS Nr. 23525-22-6)

- Hochtoxisches Haut- und Lungengift
- Giftig beim Einatmen und Verschlucken; bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung
- Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen
- Wasserlöslich bis gut wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch
- Stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit
- Reinsubstanz enthält etwa 29 Gew.-% Arsen
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Diphosgen (Perstoff) (CAS Nr. 503-38-8)

- Hochtoxisches Lungengift
- Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Keine kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung bekannt
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial (angen.; vgl. Phosgen)
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff
- Schwer wasserlöslich; langsame Hydrolyse (Minuten bis Stunden angen.), Hydrolysezwischenprodukt Phosgen hochtoxisch, Endprodukte mindertoxisch
- Relativ stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit

Lewisit I (cis) (CAS Nr. 541-25-3)

- Extrem toxischer Hautkampfstoff
- Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen; bewirkt u.a. Blasenbildung
- Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Wasserorganismen
- Wasserlöslich; schnelle Hydrolyse (wenige Minuten), Hydrolyseprodukte teilweise stark toxisch
- Relativ stabil unter Normalbedingungen
- Reinsubstanz enthält etwa 36 Gew.-% Arsen

Lewisit I (trans) (CAS Nr. 50361-05-2)

- Extrem toxischer Hautkampfstoff
- Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen
- Verdacht auf kanzerogene Wirkung, keine Angaben zu Mutagenität oder Teratogenität
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff
- Wasserlöslich; schnelle Hydrolyse, Hydrolyseprodukte teilweise stark toxisch
- Relativ stabil unter Normalbedingungen
- Reinsubstanz enthält etwa 36 Gew.-% Arsen

Lewisit II (CAS Nr. 40334-69-8); (Nebenkomponente von Lewisit)

- Extrem toxischer Reizstoff, Haut-, Zell- und Lungengift, Enzyminhibitor
- Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen
- Keine kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung bekannt
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen
- Schwer wasserlöslich (angen.); schnelle Hydrolyse (Minuten angen.), Hydrolyseprodukte teilweise stark toxisch (angen., vgl. Lewisit I)
- Relativ stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchte
- Reinsubstanz enthält etwa 32 Gew.-% Arsen

Lewisit III (CAS Nr. 40334-70-1); (Nebenkomponente von Lewisit)

- Extrem toxischer Reizstoff, Haut-, Zell- und Lungengift, Enzyminhibitor
- Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen
- Keine kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung bekannt
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Wasserorganismen
- Schwer wasserlöslich (angen.); sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukte teilweise stark toxisch (angen., vgl. Lewisit I)
- Sehr stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchte
- Reinsubstanz enthält etwa 29 Gew.-% Arsen

Phenylarsindichlorid (Pfiffikus) (CAS Nr. 696-28-6)

- Stark toxischer Reizstoff, Haut- und Lungengift
- Giftig beim Einatmen, Berührung mit der Haut sowie bei Verschlucken
- Verdacht auf kanzerogene Wirkung, keine mutagene und teratogene Wirkung bekannt
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen
- Schwer wasserlöslich bis unlöslich; sehr langsame Hydrolyse (angen.), Hydrolyseprodukte teilweise stark toxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit
- Reinsubstanz enthält etwa 34 Gew.-% Arsen

Phosgen (CAS Nr. 75-44-5)

- Extrem toxisches Lungengift, starker Hautreizstoff in Verbindung mit Feuchte
- Giftig beim Einatmen und Berührung mit der Haut
- Keine kanzerogene oder mutagene Wirkung bekannt; nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK-Wertes
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Gefährlicher Wasserschadstoff (WGK 2)
- Wasserlöslich; schnelle Hydrolyse (mehrere Sekunden angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit

Bemerkung: Grundsätzlich muss bei Phosgen als Füllung in Kampfmitteln beachtet werden, dass dieses – wie Chlor – in verflüssigter Form verfüllt wurde und sich hierbei bei einer me-

chanischen Beschädigung vergleichbare Mechanismen einstellen wie bei einem „sudden release“ von Chlor (vergleiche hierzu die entsprechenden Ausführungen unter „Chlor“). Dies führt zu einem zumindest teilweisen spontanen Verdampfen des Inhaltes und entsprechender Potenzierung des originären Volumeninhaltes.

Hinsichtlich der Hydrolyseeigenschaften muss – auch im Hinblick auf entsprechende Publikationen in der Vergangenheit – deutlich darauf hingewiesen werden, dass die oftmals zitierte „sekundenschnelle“ Hydrolyse auf optimaler Durchmischung im Labormaßstab beruht. In der Realität bestanden bei entsprechenden Vernichtungsaktionen in dafür vorgesehenen Wasserbecken laut [ZELLERMANN 2007] aber erhebliche Probleme, in Kampfmitteln enthaltenes Phosgen adäquat zu hydrolysieren, bevor es die Wasseroberfläche erreichte und von dort auf der Wasseroberfläche verdriftete (relative Dampfdichte 3,42). Ähnliche „Phänomene“ beschreibt auch nachfolgend [LIVINGSTON 2007].

Insbesondere im Kontext eines „sudden release“ hat dies zur Folge, dass Phosgen aus (sehr) geringen Wassertiefen sehr wohl in signifikanten Konzentrationen die Wasseroberfläche erreicht und dort zwar den atmosphärischen Durchmischungseffekten unterliegt, aber in aktiver Form als hochtoxischer Kampfstoff verfügbar ist und entsprechende Effekte nach sich ziehen kann (vergl. hierzu [LIVINGSTON 2007] sowie nachfolgende, resümierende Ausführungen).

Das Britische Verteidigungsministerium veröffentlichte 2007 erstmals eine detaillierte Studie über Abbau- und Hydrolysemechanismen unter Realbedingungen einer subaquatischen Altlast [LIVINGSTON 2007], bezugnehmend auf deren größtes Versenkungsgebiet für konventionelle und chemische Kampfmittel, den sogenannten „Beaufort’s Dyke“ zwischen Nordirland und der schottischen Westküste. Die Versenkungsstelle ist durch Wassertiefen von meist 200 m bis maximal 315 m, Wassertemperaturen von 9,5 bis 15°C an der Oberfläche sowie 7 bis 12°C auf dem Meeresgrund und einer Dichte des Meerwassers von etwa 1,026 g/cm³ ⁽⁴²⁾ charakterisiert.

Die jeweiligen Druckverhältnisse – basierend auf der Wassertiefe in der die betrachteten Kampfmittel lagern – entscheiden, ob das in ihnen enthaltene und durch eine Perforation oder „sudden release“ freiwerdende Phosgen gasförmig oder flüssig ist:

$$\text{Gemäß } P = \rho * g * h + P_{\text{at}}$$

wobei P dem Druck in Pascal (Pa), ρ der Dichte des umgebenden Meerwassers, g der Gravitation (9,8 m/s²), h der Mächtigkeit der Wassersäule über dem betrachteten Kampfmittel und P_{at} dem atmosphärischen Druck (101 kPa) entspricht, ergibt sich gemäß [LIVINGSTON 2007] nachfolgende Tiefen/Druck-Verteilung:

⁴² Die Variation der Dichte des Meerwassers über die Wassertiefe ist mit Werten von 1,025 (0 m WT) bis 1,029 (bei 1.000 m WT) bei nachfolgender Betrachtung praktisch vernachlässigbar.

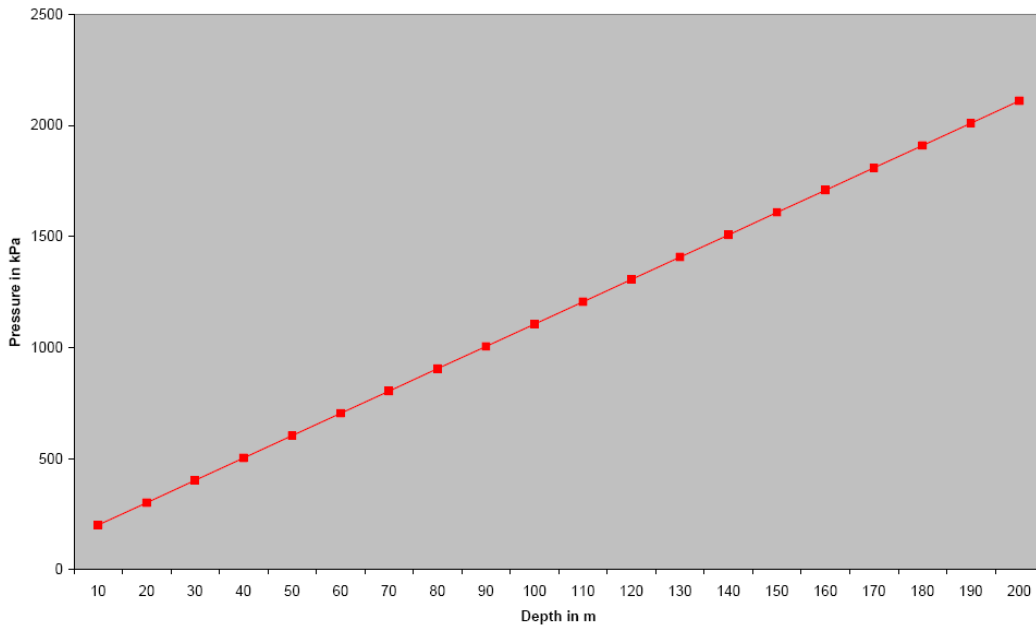


Abbildung 23: Druckverhältnisse in Abhängigkeit der Wassertiefe in Beaufort's Dyke [LIVINGSTON 2007]

Unter Berücksichtigung des Siedepunktes von Phosgen unter Normbedingungen ([LIVINGSTON 2007] legt 7,6°C zugrunde) ergeben sich in unterschiedlichen Wassertiefen und resultierenden Druckverhältnissen folgende spezifische Siedetemperaturen:

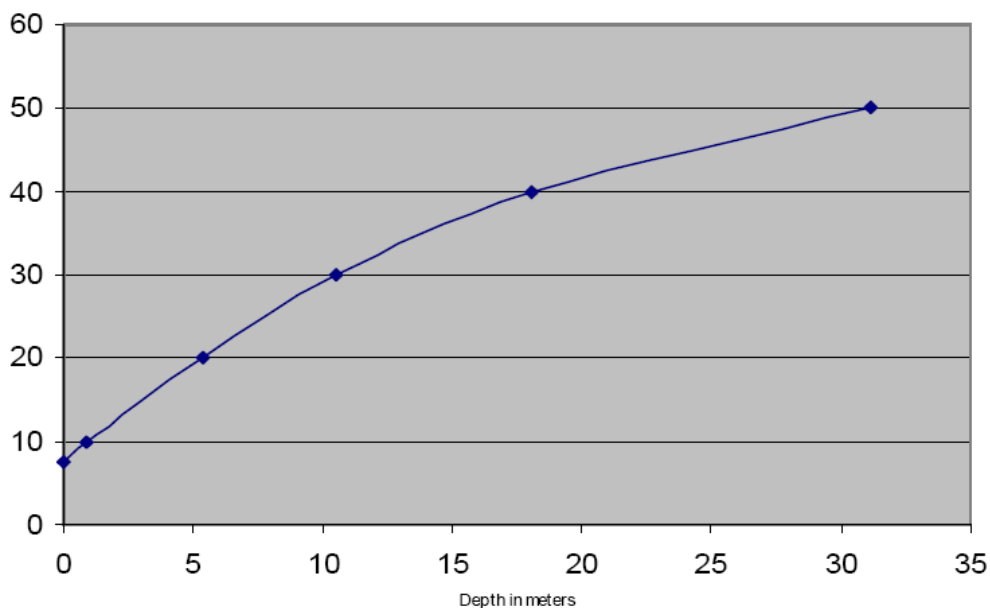


Abbildung 24: Siedepunkt von Phosgen bei geringen Meerestiefen [LIVINGSTON 2007]

Hierbei zeigt die y-Achse die entsprechende Siedetemperatur in °C, die x-Achse die Wassertiefe in Metern. Oberhalb des resultierenden Graphen liegt Phosgen unter den gegebenen Umgebungsparametern dabei gasförmig-, unterhalb flüssig vor. Somit bedarf es laut vorangehenden Berechnungen einer Wassertemperatur von etwa 29°C, damit Phosgen in 10 m Wassertiefe verdampfen und somit gasförmig vorliegend an die Wasseroberfläche aufsteigen würde.

Freiwerdendes, flüssiges Phosgen – wie es bereits ab Wassertiefen von 10 m nahezu in allen europäischen Gewässern ganzjährig vorzufinden wäre – setzt sich somit aufgrund seiner Dichte im flüssigen Aggregatzustand von 1,4 g/cm³ am Meeresboden ab und bildet dort „Pfützen“, die allmählich den durch die dortigen Umgebungsbedingungen beeinflussten Lösungs- und Hydrolysemechanismen unterliegen. Laut [LIVINGSTON 2007] und basierend auf Laborversuchen des Defence Science and Technology Laboratory (DSTL) des Britischen Verteidigungsministeriums ist davon auszugehen, dass diese Lösungsvorgänge bei größeren Mengen flüssigen Phosgens „einige Zeit“ brauchen. Dies ergibt sich aus Problemen der Mischbarkeit flüssigen Phosgens mit Natriumhydroxidlösungen (um Seewasser zu simulieren), wobei eine deutliche Trennung der beiden Phasen Phosgen und Lösung beobachtet und nur durch heftiges Schütteln überhaupt eine Reaktion hervorgerufen werden konnte.

Durch die recht hohe Dichte des flüssigen Phosgens können „Pfützen“ in weniger dichte Bodenschichten eindringen, was zudem entsprechende Lösungs- und Hydrolyseeffekte behindert. Hinsichtlich einer Gefährdung der aquatischen Flora und Fauna ist von einer akuten Schädigung auszugehen, betroffene Fische und Pflanzen würden somit recht schnell zugrunde gehen; Langzeiteffekte würden kaum zu beobachten sein. [LIVINGSTON 2007]

Sarin (CAS Nr. 107-44-8)

- Hochgiftiges Nervengas
- Extrem giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Keine kanzerogene oder mutagene Wirkung bekannt, Verdacht auf teratogene Wirkung
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, extrem toxisch für Wasserorganismen
- Sehr gut wasserlöslich; langsame Hydrolyse (mehrere Tage angen.), Hydrolyseprodukte eher mindertoxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Sauerstofflost (CAS Nr. 63918-89-8)

- Extrem toxisches Haut-, Lungen- und Zellgift
- Extrem giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut; Hautwirkung 3,5 mal stärker als bei Senfgas
- Kanzerogene Wirkung in Analogie zu Senfgas erwartet, mutagene Wirkung belegt, keine Informationen zu teratogener Wirkung (allerdings entsprechender Verdacht in Analogie zu Senfgas angen.)
- Geringes Bioakkumulationspotenzial angenommen (teilweise gegensätzliche Literaturangaben; Annahme in Analogie zu Senfgas)
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff

- Wasserunlöslich bis schwer wasserlöslich (angen.); langsame Hydrolyse (mehrere Tage angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch (angen.)
- Stabil unter Normalbedingungen

Bemerkung: Unter Bezug auf [MARTINETZ 1996B] ist kein nennenswerter biologischer Abbau auf Basis der stark zellschädigenden Wirkung von Sauerstofflost zu erwarten (dies ist insbesondere hinsichtlich der in manchen Literaturquellen genannten, möglichen bakteriellen Abbaubarkeit von Losten zu berücksichtigen; siehe hierzu auch nachfolgende Ausführungen zu „Senfgas“).

Senfgas (S-Lost) (CAS Nr. 505-60-2)

- Extrem toxischer Reizstoff, Hautgift, Lungengift, Zellgift und Enzyminhibitor
- Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Kanzerogene Wirkung beim Menschen belegt, starker Verdacht der mutagenen sowie teratogenen Wirkung (u.a. im Tierversuch belegt)
- Eher geringes Bioakkumulationspotenzial in Fischen und aquatischen Lebewesen
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Wasserorganismen
- Wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch
- Sehr stabil unter Normalbedingungen
- Besonderheit „Kokosnusseffekt“: durch lederartige Schutzmantelbildung teilweise hydrolysierte Bestandteile (insb. bei Zähllost) verbleibt vollaktives Senfgas im Inneren auch nach jahrzehntelanger Lagerung in Wasser. Die meist runden „Klumpen“ sind praktisch beliebig durch Meeresströmungen transportierbar.

Bemerkung: Laut [MAYNARD 2007C] sinkt flüssiges Senfgas (Schmelztemperatur etwa 14°C) zwar tendenziell aufgrund der höheren Dichte (1,27 g/cm³) als ölige Schicht auf den Meeresgrund ab, es verbleibt aber ein gefährlicher, öliger Film auf der Wasseroberfläche (evtl. ist dies insbesondere relevant für die Kontamination von Fischfängen). Das Trinken kontaminierten Wassers kann zu Schäden des Gastrointestinaltraktes führen.

Laut [MARTINETZ 1996B] ist kein nennenswerter biologischer Abbau auf Basis der stark zellschädigenden Wirkung von Senfgas zu erwarten. So basiert die Anreicherung von akklimatisierten Mikroorganismen/Bakterien wie z.B. in [MERCW 2006] oder [MEDVEDEVA 2009] beschrieben, wohl nur auf die Verwertung des durch die Hydrolyse freiwerdenden Thiodiglykol (TDG), aus dem die Organismen dann ihren Energiehaushalt decken. Von einer bakteriologischen Verwertung/Abbau des eigentlichen Senfgases kann in diesem Fall nicht die Rede sein.

Die TDG produzierende Hydrolyse ist sehr langsam bzw. nahezu völlig gestoppt, sobald sich die genannte Schutzhaut aus Abbauprodukten, Verdickern und Sand entwickelt hat und das entstandene TDG aufgezehrt ist, was somit auch eine weitere bakteriologische Einwirkung reduziert bzw. gegebenenfalls unmöglich macht. [SCHNEIDER 2005] bestätigt dies (teilweise

wörtlich übernommen): Demnach ist eine Biodegradation im Boden über den Thioether-Oxidationsweg unter Bildung von Bis(2-Chlorethyl)-Sulfoxid sowie über reduktive Dehalogenierung und Dehydrohalogenierung zwar theoretisch möglich, diese Abbauewege sind jedoch vermutlich wegen der toxischen Wirkung auf Mikroorganismen langsam und quantitativ von untergeordneter Bedeutung. Aufgrund der DNS-alkylierenden Eigenschaften wird dem hingegen vermutet, dass Senfgas letale Wirkungen auf Bakterien hat, trotzdem konnte man zwei Spezies identifizieren ⁽⁴³⁾, die das Abbauprodukt Thiodiglykol als alleinige Kohlenstoffquelle nutzen können und den Abbau von Senfgas, der mit Thiodiglykol im Reaktionsgleichgewicht steht, fördern.

Soman (CAS Nr. 96-64-0)

- Extrem giftiges Nervengas
- Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Keine kanzerogene oder mutagene Wirkung bekannt, Verdacht der teratogenen Wirkung
- Geringes Bioakkumulationspotenzial, dennoch wird eine Depot-Bildung im Organismus vermutet
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, extrem toxisch für Wasserorganismen
- Gut wasserlöslich (angen.); langsame bis sehr langsame Hydrolyse (Stunden bis Tage angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch (angen.)
- Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchte
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Stickstofflost HN 1 (CAS Nr. 538-07-8)

- Hochtöxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift
- Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Starker Verdacht der kanzerogenen und mutagenen Wirkung, teratogene Wirkung
- Eher geringes Bioakkumulationspotenzial (angen.)
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff
- Gut wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate angen.), Zwischenprodukte der Hydrolyse toxisch, langfristige Hydrolyseprodukte eher mindertoxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen, teilweise Dimerisierung bei langer Lagerung möglich
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

⁴³ *Pseudo monas picketti* und *Alcaligenes xylosoxidans ssp.* [SCHNEIDER 2005]

Stickstofflost HN 2 (CAS Nr. 51-75-2)

- Hochtöxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift
- Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Kanzerogene Wirkung für den Menschen belegt, mutagene sowie teratogene Wirkung im Tierversuch belegt
- Eher geringes Bioakkumulationspotenzial (angen.)
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff
- Gut wasserlöslich; schnelle Hydrolyse (Minuten bis wenige Stunden angen.), Zwischenprodukte der Hydrolyse toxisch, langfristige Hydrolyseprodukte eher mindertöxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen, teilweise Dimerisierung bei langer Lagerung möglich

Stickstofflost HN 3 (CAS Nr. 555-77-1)

- Hochtöxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift
- Stark toxisch beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Kanzerogene und mutagene Wirkung im Tierversuch belegt, teratogene Wirkung
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial (angen.)
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff
- Wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Monate angen.), Zwischenprodukte der Hydrolyse tlw. stark toxisch sowie karzinogen und teratogen, langfristige Hydrolyseprodukte eher mindertöxisch
- Recht stabil unter Normalbedingungen, teilweise Dimerisierung bei langer Lagerung möglich

Tabun (CAS Nr. 77-81-6)

- Hochgiftiges Nervengas
- Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Keine kanzerogene Wirkung bekannt, Verdacht der mutagenen und teratogenen Wirkung
- Geringes Bioakkumulationspotenzial
- Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtöxisch für Wasserorganismen
- Sehr gut wasserlöslich; langsame Hydrolyse (Stunden bis Tage angen.), Hydrolyseprodukte teilweise hochtöxisch (Blausäure)
- Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchte
- Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen

Triphenylarsin (CAS Nr. 603-32-7); ; (Bestandteil von Arsinöl)

- Giftstoff
- Giftig beim Verschlucken und Einatmen, verursacht Hautschäden
- Keine kanzerogene, mutagene oder teratogene Wirkung bekannt
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial insbesondere über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben
- Wassergefährdend, sehr giftig für Wasserorganismen
- Schwer wasserlöslich; keine Informationen zum Hydrolyseverhalten (langsame Hydrolyse angen.), Hydrolyseprodukte als mindertoxisch angen.
- Keine Informationen zur Stabilität (als recht stabil angen.)
- Reinsubstanz enthält etwa 25 Gew.-% Arsen

5.1.3 Hauptcharakteristika einiger konventioneller Kampfmittelinhaltsstoffe

Phosphor (CAS Nr. 7723-14-0)

- Sehr giftiges Brandmittel und Ätzstoff
- Sehr giftig beim Verschlucken, Berührung mit der Haut und beim Einatmen
- Keine Hinweise auf kanzerogene und mutagene Wirkung, teratogene Wirkung im Tierversuch belegt
- Signifikantes Bioakkumulationspotenzial gegeben
- Starker Meeresschadstoff, schädlich für Wasserorganismen
- Schwer wasserlöslich bis wasserunlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Wochen); Hydrolysezwischenprodukte teilweise extrem toxisch (Phosphin), langfristige Hydrolyseprodukte eher mindertoxisch (angen.)
- Stabil bei entsprechend angepasster Lagerung
- Besonderheit: kann trotz höheren spezifischen Gewichts der Reinsubstanz in Meerwasser durch enthaltene Beimischungen aufschwimmen. Optisch am Strand angespült nicht ohne Weiteres von Bernstein unterscheidbar. Zündet beim Abtrocknen selbsttätig an der Atmosphäre.

Hexogen (CAS Nr. 121-82-4)

- Giftiger Explosivstoff
- Giftig beim Verschlucken, keine Angaben zur dermalen und inhalativen Toxizität, wird über die Haut resorbiert
- Verdacht auf kanzerogene Wirkung, keine mutagene oder teratogene Wirkung bekannt
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Gefährlicher Wasserschadstoff, wirkt auf Wasserorganismen toxisch
- Schwer wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate); keine Angaben zur Toxizität der Hydrolyseprodukte
- Chemisch sehr stabil

Nitroglycerin (CAS Nr. 55-63-0)

- Sehr giftiger Explosivstoff
- Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut; Gefahr der Hautresorption
- Starker Verdacht auf kanzerogene Wirkung, mutagene Wirkung im Tierversuch bewiesen, keine teratogene Wirkung bekannt
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial

- Gefährlicher Wasserschadstoff, stark wassergefährdend
- Gut wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Monate angen.), keine Angaben zur Toxizität der Hydrolyseprodukte
- Chemisch recht stabil, hygroskopisch, schlag- und wärmeempfindlich

Pikrinsäure (CAS Nr. 88-89-1)

- Giftiger und ätzender Explosivstoff
- Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut, Gefahr der Hautresorption
- Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung
- Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial
- Wassergefährdender Stoff
- Gut wasserlöslich; keine Hydrolyse
- Chemisch recht stabil, greift aber die Metalle der Granaten an, wobei sich hochexplosive, stoßempfindliche Pikrate bilden können

Trinitrotoluol (TNT) (CAS Nr. 118-96-7)

- Giftiger Explosivstoff
- Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
- Verdacht auf kanzerogene und mutagene Wirkung, keine teratogene Wirkung bekannt
- Geringes Bioakkumulationspotenzial; in der Umwelt persistent mit Gefahr der kumulativen Wirkung
- Gefährlicher Wasserschadstoff
- Wasserlöslich; praktisch keine Hydrolyse (Halbwertszeit > 50 Jahre)
- Stabil

Bemerkung: [EK 2005] behandelt sehr detailliert die Spezifika von TNT in mariner Umgebung. Nach ihren Ausführungen scheint es – wie offensichtlich auch bei anderen Untersuchungen im Bereich der chemischen Kampfmittel – nicht unerhebliche Probleme bei der messtechnischen Detektion von TNT in der Wassersäule und dem Sediment zu geben. Oftmals lagen entsprechende Konzentrationen messtechnisch unter den Nachweisgrenzen, insbesondere das beprobte Sedimentmaterial wies aber gegenüber den untersuchten benthischen Organismen toxische bis stark toxische Wirkungen auf. Dies scheint darauf zurückzuführen zu sein, dass in den messtechnischen Untersuchungen die Gehalte an TNT und seiner Abbauprodukte aufgrund ihrer starken Absorption durch die Sedimentpartikel nicht eluierbar zu sein scheinen, im Organismus diese im mit der Nahrung aufgenommenen Sediment enthaltenen Giftstoffe aber verfügbar werden und entsprechende toxische Wirkungen entfalten.

5.1.4 Zusammenfassung und Fazit im Rahmen der stofflichen Betrachtungen

Nachfolgend sollen die vorangehenden Ausführungen nochmals in Kurzform resümiert werden. Detailinformationen zu den Kampfmittelinhaltsstoffen finden sich im Rahmen der Stoffdatenblätter in Kapitel 10.1.

Bemerkung: in nachfolgender Zusammenfassung wurden aus vorangehend beschriebenen Kampfstoffen die beiden Lewisit-I-Erscheinungsformen (cis/trans) sowie das Stickstofflostgemisch (HN 1 / HN 2 / HN 3) jeweils nur als eine Substanz berücksichtigt und nicht einzeln gewertet.

Kampfstoffe (insgesamt 21 unterschiedliche Substanzen betrachtet)

- Von den betrachteten 21 Substanzen sind 16 (also 76 %) in ihrer akuten Toxizität als hochtoxisch oder sogar extrem toxisch anzusehen.
- 15 Substanzen (71 %) unterliegen dem Verdacht auf kanzerogene, mutagene oder teratogene Wirkungen oder haben diese Wirkungen nachweislich.
- 10 Substanzen (48 %) haben – oftmals auf Basis ihrer arsenhaltigen Abbau- und Hydrolyseprodukte – ein signifikantes Bioakkumulationspotenzial.
- Alle 21 Substanzen sind gefährliche oder sehr gefährliche Wasserschadstoffe.
- 8 Substanzen (38 %) sind arsenhaltig und resultieren in arsenhaltigen Abbau- und Hydrolyseprodukten.
- 10 Substanzen (48 %) besitzen aufgrund ihrer hohen Wasserlöslichkeit und nur langsamen oder sogar sehr langsamen Hydrolysegeschwindigkeit – in Abhängigkeit spezifischer Verdünnungsmechanismen – ein signifikantes Potenzial für die Ausbildung einer zumindest mittelfristig persistenten Kontaminationsfahne.

Explosivstoffe sowie Phosphor (insgesamt 5 Substanzen betrachtet)

- Alle 5 betrachteten Substanzen stehen im Verdacht, kanzerogene, mutagene oder teratogene Wirkungen zu haben oder haben diese Wirkungen bewiesenermaßen.
- Eine der Substanzen (Phosphor) hat zudem ein signifikantes Bioakkumulationspotenzial.
- Alle 5 Substanzen sind gefährliche Wasserschadstoffe.

Resümiierend sind insbesondere die arsenhaltigen Kampfstoffe und Beimischungen hinsichtlich ihrer arsenhaltigen Abbauprodukte im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten von großer Brisanz. Eine Sonderstellung kommt dem extrem toxischen Senfgas zu, das aufgrund des Spezifikums der Ausbildung einer Schutzhaut bei einsetzender Hydrolyse selbst bei jahrzehntelanger Lagerung in Meerwasser in diesem Schutzmantel vollaktiv vorliegt. Nach Untersuchungen des Belgischen Verteidigungsministeriums (in [MARTENS & DE BISSCHOP 2008]) wiesen analysierte 77 mm Senfgasgranaten aus dem Ersten Weltkrieg auch nach 70 Jahren

Lagerung einen durchschnittlichen Gehalt an voll aktivem Senfgas von etwa 38 % auf, in Einzelfällen bis über 60 %.

Die oftmals rundlichen oder sogar kugelförmigen Senfgastreibsel sind im Gegensatz zu den meisten Kampfmitteln nahezu beliebig durch Welleninteraktion oder Strömungen verdriftbar (siehe Kapitel 5.6 „Gefährdungspotenziale“).

Bezüglich der oftmals als harmlos dargestellten Hydrolyse einiger Kampfstoffe zu Salzsäure (HCl) sei auf die Ausführungen von [EMELYANOV ET AL. 2000] hingewiesen (vgl. auch [MERCW 2006]): Demnach haben die leicht sauren Hydrolyseprodukte in bodennahen Wasserschichten und im Porenwasser schädliche Einflüsse auf die dort befindliche Flora und Fauna und können irreversible Effekte auf deren Spezienzusammensetzung nach sich ziehen. Dies resultiert schlimmstenfalls in einem Bruch der Funktion der etablierten Nahrungskette und somit signifikanten Störung des lokalen Ökosystems als Ganzem.

Nicht unterschätzt werden sollten die Inhaltsstoffe der konventionellen Kampfmittel wie unter anderem TNT oder seiner Varianten, die teilweise signifikante Toxizitäten gegenüber marinen Organismen aufweisen und zudem laut [BEDDINGTON & KINLOCH 2005] ein nicht zu vernachlässigendes Akkumulationspotenzial in der Nahrungskette aufweisen, wenn sie in gewissem Grad an Sedimente angelagert wurden. Hier besteht gerade im Bereich der konventionellen Kampfmittelinhaltsstoffe ein erheblicher Klärungsbedarf, was auch die Ausführungen von [EK 2005] belegen.

5.2 Die russische Kampfstoffproduktion, deutsche Beutebestände und potenziell versenkte Mengen

5.2.1 Die russische Kampfstoffproduktion und diesbezügliche Diskrepanzen

Hinsichtlich der russischen Produktion an chemischen Kampfstoffen und insbesondere der offenen Fragen zum Verbleib Tausender von Tonnen dieser Substanzen bzw. der im Raum stehenden Frage zu Nachversenkungen bis Mitte der 1980er Jahre liegen bis heute kaum Literaturquellen für eine detaillierte Bewertung des Status Quo vor. Die Belastbarkeit der wenigen, verfügbaren Quellen ist oftmals aufgrund fehlender, begleitender und unabhängiger Publikationen kaum zu prüfen oder ohnehin oftmals fraglich. Häufig berufen sich die Autoren auf „Geheimdokumente“, die bisher der Öffentlichkeit für eine Einsicht nicht zur Verfügung stehen. Gerade die Jahre und Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg sind hinsichtlich der russischen Aktivitäten im Bereich der chemischen Kampfstoffproduktion aufgrund der nach wie vor bestehenden Geheimhaltung am wenigsten beleuchtet, an den Westen gerichtete offizielle Stellungnahmen sowjetischer Chemiewaffenexperten oftmals „politisch gefärbt“ und entsprechend vorsichtig zu bewerten [KRAUSE & MALLORY 1993].

Die russische Kampfstoffproduktion im Zeitraum 1940 bis 1945

Dennoch scheint eine Betrachtung insbesondere der Ausführungen von [FEDOROV 1996] grundsätzlich als sinnvoll, wenn auch die hier gemachten Aussagen kaum überprüfbar sind und somit im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur orientierenden Charakter haben können. Demnach wurden alleine im Zeitraum 1940 bis 1945 etwa 120.000 t an chemischen Kampfstoffen von russischer Seite produziert, die sich folgendermaßen zusammensetzten:

- 77.400 t Senfgas
- 20.600 t Lewisit
- 11.100 t Zyanwasserstoff
- 8.300 t Phosgen
- sowie 6.100 t Adamsit

Zusammen ergeben sich somit 123.500 t an chemischen Kampfstoffen, die seitens Russlands alleine während des Zweiten Weltkriegs produziert wurden. Davon waren laut [FEDOROV 1996] etwa ein Drittel des Senfgases und Lewisit in Munition verfüllt, der Rest wurde in Tanks und Fässern aufbewahrt.

Das besondere Augenmerk lag bei der Produktion insbesondere auf chemischen Kampfstoffen, die auch bei Kälte eingesetzt werden konnten, woraus sich die besondere Wertschätzung und Massenproduktion Russlands von (mit Lewisit gemischtem) Senfgas begründet. Zwar bestanden während des Zweiten Weltkrieges anscheinend enorme jährliche Produktionskapazitäten, die sich laut Einschätzungen des damaligen deutschen Nachrichtendienstes im Jahre 1943 alleine für Senfgas auf bis zu 180.000 t belaufen haben sollen, diese theoretischen Kapazitäten wurden aber nicht in vollem Umfang genutzt. Zudem unterlagen die sowjetischen Senfgasbestände dieser Zeit, aufgrund der für die Produktion in abgewandelter Form ange-

wandten Lewinstein-Methode, einem kontinuierlichen Zersetzungsprozess und erst ab 1943 wurde mit einem anderen Verfahren ein dauerhaftes Endprodukt ermöglicht. Angeblich war bis zu genanntem Datum damit zu rechnen, dass sich binnen fünf Jahren Lagerung mindestens ein Viertel der ursprünglichen Senfgasproduktionsmenge zersetzt hatte. [KRAUSE & MALLORY 1993]

Grundsätzlich waren die – zumindest durch die Nachrichtendienste angenommenen – Produktionskapazitäten Russlands enorm: Zu Beginn des Zweiten Weltkrieges soll es acht größere militärische Phosgen-Fabriken gegeben haben, während des Krieges kamen weitere 13 Fabriken dazu. Die angenommene Produktionskapazität alleine Phosgen betreffend soll sich auf 77.000 t pro Jahr belaufen haben. Hochrechnungen auf Basis deutscher, damaliger Schätzungen hinsichtlich der Gesamtproduktionskapazität an chemischen Kampfstoffen der gesamten sowjetischen chemischen Industrie belaufen sich auf bis zu 250.000 t im Jahr (204.000 t bei alleiniger Betrachtung der Fabriken, die eindeutig nur der Kriegsproduktion zuzuordnen waren), wobei Kapazität – wie bereits angedeutet – nicht mit realer Produktion gleichzusetzen ist. Allerdings sind diese Annahmen auch aufgrund der durch den deutschen Nachrichtendienst oftmals pauschalisiert angenommenen Herstellungskapazitäten – von 750 t pro Monat und Produktionsstätte – wohl als „überzogen“ anzusehen. [KRAUSE & MALLORY 1993]

Die russische Kampfstoffproduktion nach 1945

Keinerlei oder nur spärliche Informationen liegen zudem hinsichtlich im Zeitraum 1945 bis 1958 produzierter Mengen an chemischen Kampfstoffen und auch einer eventuellen Wiederaufnahme der Produktion chemischer Kampfstoffe in Fabriken der sowjetisch besetzten Zone Deutschlands unter Anwendung der deutschen Technologien – insbesondere die Nervengase Tabun, Sarin und Soman betreffend – vor. [BRAUCH 1982] beziffert die sowjetischen monatlichen Produktionskapazitäten der chemischen Industrie, basierend auf Abschätzungen der deutschen Aufklärung, im Jahre 1945 auf 8.000 t, respektive insgesamt 96.000 t im betreffenden Jahr. Zudem seien 1945 nach genannter Quelle bei der Übernahme der unbeschädigten deutschen Produktionsstätte „Dyhrenfurt“ 12.000 t Tabun vorgefunden worden, die sofort in die Sowjetunion abtransportiert worden seien.

Laut [KRAUSE & MALLORY 1993], die eingehend auf die historische Bedeutung chemischer Kampfstoffe in den Militärdoktrin der Sowjetunion im Zeitraum 1919-1991 eingehen, waren die sowjetischen Streitkräfte aber bis Mitte der 1950er Jahre mehr mit der Vernichtung zu meist deutscher Vorräte an chemischen Kampfstoffen und Kampfmitteln aus dem Zweiten Weltkrieg beschäftigt, als mit der eigenen Produktion derselben. Welche Mengen letztendlich zerstört wurden und welche wiederum dem eigenen Inventar „einverleibt“ wurden, wurde nie bekannt. Die Sowjetunion schien zumindest nicht vor den frühen 1970er Jahren eigenen chemischen Programmen eine hohe Priorität einzuräumen, in den 1950er Jahren sollen sich die Bemühungen weitestgehend auf die Herstellung kleinerer Mengen nervenschädigender Kampfstoffe wie Sarin und Soman beschränkt haben. Jedoch wiesen die sowjetischen Militärdoktrin im Zeitraum 1965 bis 1985 der chemischen Kriegsführung „einen erkennbar hohen Stellenwert zu“ und es wurden „gewaltige Anstrengungen in den Bereichen der ABC-Abwehr und Produktion chemischer Waffen“ unternommen (vgl. hierzu auch die vorangehenden An-

gaben zur Produktion von etwa 33.000 t an Nervengasen im Zeitraum 1958 bis 1987 durch [FEDOROV 1996]), bis in den 1980er Jahren die Wertschätzung der chemischen Kriegsführung abnahm und schließlich als Option im weltpolitischen Wandel aufgegeben wurde. Im April 1987 verkündigte Michail Gorbatschow⁽⁴⁴⁾, öffentlich, die UdSSR habe die Herstellung chemischer Waffen eingestellt. [KRAUSE & MALLORY 1993]

In der Zeit von 1958 bis 1987 wurden laut [FEDOROV 1996] zudem mindestens 33.000 t an chemischen Kampfstoffen der „zweiten Generation“ produziert, wie nachfolgend gelistet:

- 12.000 t Sarin
- 5.000 t Soman
- sowie 15.500 t V-Gas⁽⁴⁵⁾

Russische Deklarationen im Rahmen des CWÜ und vorherige Vernichtungsmaßnahmen

Im Rahmen des 1997 in Kraft getretenen Internationalen Chemiewaffenübereinkommens [OPCW 2005] deklarierte Russland allerdings nur 40.000 t an Kampfstoffen der Kategorie I (32.200 t Sarin, Soman und VX) sowie 7.800 t an Senfgas, Lewisit und deren Gemische, im Bereich der Kategorie II wurden lediglich 10 t Phosgen deklariert [RMA 2003]. Laut [FEDOROV 1994] teilten sich die letztgenannten etwa 8.000 t wiederum folgendermaßen auf:

- Senfgas: 690 t in Tanks
- Lewisit: 6.625 t in Tanks sowie etwa 730 t in Kampfmitteln verfüllt
- Lewisit/Senfgas Mischung: etwa 210 t in Tanks sowie 4,3 t in Kampfmitteln verfüllt
- Phosgen: 5 t verfüllt in Kampfmitteln

Weiter wurden folgende Mengen unter der Einordnung „Reizstoffe“ und nicht chemische Kampfstoffe als solche im Rahmen des CWÜ bekannt gegeben [FEDOROV 1994]:

- 3.200 t Adamsit (das auf der Militärbasis Shikhany vergraben war)
- 3.400 t anderer Reizstoffe wie Chloracetophenon und CS, die in Stahl- und Polyethylenfässern gefunden wurden (der Fundort ist laut [FEDOROV 1994] unveröffentlicht)

Somit ist zunächst der definitive Verbleib von mindestens etwa 76.000 t Senfgas sowie weiteren fast 45.000 t anderer Kampfstoffe (darunter fast 3.000 t Adamsit, mehr als 8.000 t Phosgen und mehr als 12.000 t Lewisit) russischer Produktion im Zeitraum von Beginn des Zweiten Weltkriegs bis zur offiziellen Deklaration der vorhandenen Kampfstoffe im Kontext des Chemiewaffenübereinkommens ungeklärt.

⁴⁴ Michail Sergejewitsch Gorbatschow (* 1931) von 1985 bis 1991 Generalsekretär der Kommunistischen Partei der Sowjetunion (KpdSU) und 1988 bis 1991 Staatsoberhaupt der Sowjetunion (Quelle: [MSN ENCARTA 2009])

⁴⁵ Laut [NOBLIS 2008] handelt es sich bei „V-Gas“ um eine russische Variante des 1954 entwickelten VX-Nervengases (CASRN: 50782-69-9) mit gleicher Summenformel, aber abweichendem strukturellem Aufbau. Fraglich bleibt die grundsätzliche Berücksichtigung der in den späten 1980er/ frühen 1990er Jahren entwickelten russischen Binär-Nervenstoff-Gruppe „Novichok“. Eine Subsummierung unter „V-Gas“ ist nach Einschätzung des Autors dieser Arbeit eher unwahrscheinlich.

Laut [FEDOROV 1996] gibt es für die doch sehr signifikanten Diskrepanzen in den vorangehenden Ausführungen und konkreten Zahlen zur potenziellen Produktion und letztendlichen Deklaration von chemischen Arsenalen verschiedene Erklärungen:

- Demnach wurden überflüssig oder unbrauchbar gewordene Kampfstoffe, die bereits in Kampfmittel oder Container verfüllt waren, massiv in die umliegenden Meere versenkt. [FEDOROV 1996] spricht von einem Drittel bis zur Hälfte der während des Krieges produzierten Menge an Kampfstoffen, namentlich genannt sind die Ostsee, das Weiße Meer, die Barentssee, das Schwarze Meer sowie das Ochotskische und das Japanische Meer. Zudem gibt es Hinweise auf Versenkungen in Flüssen und Sümpfen. Relevante Häfen für russische Versenkungen in der Ostsee waren Paldiski und Tallinn (beide Estland, südöstlicher Ausgang des Finnischen Meerbusens). Diese Versenkungen verteilen sich letztendlich auf 12 betroffene große Seegebiete und mehrere Hundert spezifische Versenkungsstellen [FEDOROV 1996].
- Die verbleibende, unverfüllte Restmenge – etwa die Hälfte bis zwei Drittel der produzierten Kampfstoffe – wurde an Land vernichtet. Diese Maßnahmen umfassten die Verbrennung und/oder Vergrabung der meist unverfüllten Kampfstoffe in der Nähe der Produktions- und Lagerstandorte sowie Testgebiete der damaligen Sowjetunion.

Wichtig sind in diesem Rahmen die bereits erwähnten Ausführungen von [KRAUSE & MALLORY 1993], die auf signifikante Stabilitätsprobleme des vor 1943 produzierten Senfgases hinweisen. Demnach sollen die realen Vorräte der Roten Armee an eigenproduzierten chemischen Kampfstoffen bei Kriegsende nicht über denen der Briten oder Deutschen gelegen und sich auf etwa 60.000 t belaufen haben [KRAUSE & MALLORY 1993].

Hinsichtlich einer quantitativ-geographischen Gewichtung der Versenkungsaktivitäten bezieht [HART 2000] - allerdings meist basierend auf Angaben Fedorovs – die in der Barents- und Karasee versenkten Kampfstoffmengen mit maximal 75.000 t Senfgas und Lewisit, 40.000 t im Weißen Meer sowie maximal 2.000 t Sarin und 30.000 t Tabun in der Barents- und Karasee sowie dem Weißen Meer.

Die genannten Vernichtungsaktionen liefen laut [FEDOROV 1996] in drei „Wellen“ ab:

- Die erste, umfangreichste Vernichtungswelle chemischer Kampfstoffe fand unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg zwischen 1946 und 1948 statt. Zusätzlich zu den bekannten Mengen an versenkten Beutekampfstoffen wurden etwa 60.000 bis 65.000 t Senfgas sowie etwa 14.000 t Lewisit aus eigener Produktion vernichtet. Aus den vorliegenden Unterlagen geht nicht eindeutig hervor, ob es sich bei den angegebenen vernichteten Mengen eigener Kampfstoffe ausschließlich um Versenkungen handelte. Entsprechend der Angaben von [PERERA 1997], die sich aber grundsätzlich auf die Aussagen Fedorov's stützen, wurden diese Mengen zusammen mit deutschem Beutematerial versenkt.
- In einer zweiten Welle wurden zwischen 1956 und 1962 weitere 10.000 bis 12.000 t Senfgas eigener Herstellung vernichtet. Zahlen zu zusätzlich versenkten Beutekampfstoffen

stoffen in dieser Zeit liegen nicht vor. Auch hier ist nicht eindeutig klar, ob sich Fedorov's Angaben auf Versenkungsaktionen oder Vernichtungsmaßnahmen im Allgemeinen beziehen. Laut [PERERA 1997] wurden diese Mengen ebenfalls hauptsächlich versenkt.

- Die letzte Vernichtungswelle russischer Bestände fand im Zeitraum 1987 bis 1989 statt, als laut [FEDOROV 1996] in großem Maßstab chemische Kampfstoffe zu sieben später im Rahmen des CWÜ benannten Standorten (wie Kambarka und Gorniy/Saratov Oblast) transferiert und die Dimensionen der russischen Kampfstoffarsenale an die deklarierten Mengen der Amerikaner (etwa 32.200 t wurden offiziell deklariert) „angepasst“ wurden. Laut [PERERA 1997] handelte es sich hierbei um weitere 47.000 bis 54.000 t an chemischen Kampfstoffen, die in den späten 1980er Jahren entweder verbrannt, vergraben oder versenkt wurden. Angeblich wurden gemäß eines Dokumentes der „Kommunistischen Partei der Sowjetunion“ 112.523 t an chemischen Kampfmitteln, deren Inhalte zwischen 1952 bis 1964 produziert wurden (und wohl größtenteils die vorangehend genannten 47.000 bis 54.000 t an Kampfstoffen enthielten), 1989/90 an den bereits vorher genutzten Versenkungsstellen versenkt [PERERA 1997]. Die Belastbarkeit dieser Angaben – insbesondere hinsichtlich des Versenkungsdatums – ist auch aufgrund unzureichender Referenzen zur Primärquelle Perera's nicht überprüfbar und somit fraglich.

Zusammenfassung und Zwischenfazit zur Produktion und Vernichtungsmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle 11 fasst die vorangehenden Betrachtungen und resultierende Mengen an durch Russland produzierten, chemischen Kampfstoffen mit völlig offenem Verbleib nochmals zusammen:

Tabelle 11: Verbleib der Kampfstoffe russischer Herkunft 1940 bis 1989 (basierend auf [FEDOROV 1994])

Kampfstoff	Produzierte Menge (in t)	Deklarierte Menge (in t)	Vernichtete Mengen vor der Deklaration (in t)	Mengen mit völlig ungeklärtem Verbleib (in t)
Adamsit	6.100	3.200	0	2.900
Lewisit (*)	20.600	7.570	14.000	-970
Phosgen	8.300	10	0	8.290
Senfgas	77.400	690	77.000	-290
Sarin	12.000	32.200	0	300
Soman	5.000			
V-Gas	15.500			
Zyanwasserstoff	11.100	0	0	11.100
Sonstige (**)	3.400	3.400	0	0
Summe	159.400	47.070	91.000	22.290

(*) die laut [FEDOROV 1994] deklarierten 214,3 t Lewisit/Senfgas-Gemisch wurden hier unter "Lewisit" berücksichtigt

(**) die deklarierten 3.400 t beinhalten Reizstoffe wie Chloracetophenon und CS

Demnach wurden in der Zeit 1940 bis Mitte/Ende der 1980er Jahre durch Russland bzw. die Sowjetunion mindestens 160.000 t an chemischen Kampfstoffen produziert. Davon wurden vor der Deklaration im Rahmen des CWÜ anscheinend etwa 91.000 t (laut [PERERA 1997] sogar bis zu 145.000 t) an Land oder durch Versenkungen vernichtet und letztendlich insge-

samt ca. 47.000 t offiziell deklariert. Der Verbleib von etwa 22.000 t ⁽⁴⁶⁾ an Kampfstoffen (insbesondere Adamsit und Phosgen) ist völlig ungeklärt. Diese Mengen sind sehr wahrscheinlich ebenfalls im Rahmen der vorangehend geschilderten „Vernichtungswellen“ an Land oder in Form von Versenkungen beseitigt worden.

Völlig unklar sind ebenso die Zusammenhänge bezüglich der bereits erwähnten russischen Binär-Nervenkampfstoffgruppe „Novistok“ ⁽⁴⁷⁾, die Ende der 1980er/Anfang der 1990er Jahre durch die damalige UDSSR im Bruch mit internationalen Abrüstungs- und Informationsabkommen geheim entwickelt und zumindest in zwei bis dreistelligen Tonnagen auch produziert wurde [MIRZAYANOV 1995]. Aufgrund dieser Geheimhaltung ist – in Einklang mit diesbezüglichen Hinweisen in verfügbaren Literaturquellen – nicht davon auszugehen, dass entsprechende Produktionsmengen bereits „prophylaktisch“ in den angegebenen Mengen der produzierten „V-Gase“ enthalten waren.

5.2.2 Russische Versenkungen von deutschen Beutekampfstoffen

Im Gesamtkontext der unklaren Mengen an durch Russland vernichteten/versenkten chemischen Kampfstoffen ergeben sich ähnliche offene Fragen auch hinsichtlich der nach Ende des Zweiten Weltkrieges im russischen Sektor aufgefundenen deutschen chemischen Beutekampfmittel. Laut [HELCOM 1994] wurden in der sowjetischen Besatzungszone 70.500 t an chemischen Kampfmitteln und noch unverfüllten Kampfstoffen aufgefunden. Offiziell wurden etwa 34.000 t chemische Kampfmittel und Kampfstoffe enthaltende Container deutscher Herkunft durch Russland bzw. die russische Militäradministration (SMAD) unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg 1947/48 östlich Bornholms und südlich Gotlands versenkt, die netto insgesamt etwa 12.000 t an chemischen Kampfstoffen enthielten [HELCOM 1994]. Eine detaillierte Aufstellung der versenkten Kampfmittel und der enthaltenen Kampfstofftonnagen zeigen die nachfolgende Tabelle 12 sowie Tabelle 13:

Tabelle 12: Überblick über die russischen Versenkungen 1947/1948 (Teil I) (nach [RUSFED 1993])

Typ der Chemischen Kampfmittel	Adamsit (**)			Arsenhaltige Kampfstoffe			Chloracetophenon (CAP)		
	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)
<i>Flugzeug-Bomben</i>	51	591	642	78	906	984	41	479	520
<i>Artillerie-Granaten</i>	5	61	66	-	-	-	3	36	39
<i>Hochexpl. Bomben</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Minen</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Encasements (*)</i>	60	693	753	18	203	221	-	-	-
<i>Rauchgranaten</i>	6	65	71	-	-	-	-	-	-
<i>Container</i>	-	-	-	80	924	1.004	-	-	-
<i>Fässer</i>	2	18	20	-	-	-	-	-	-
Gesamt	124	1.428	1.552	176	2.033	2.209	44	515	559

⁴⁶ Die in Tabelle 11 angegebenen 22.290 t an chemischen Kampfstoffen mit ungeklärtem Verbleib beziehen sich nur auf die entsprechenden Mengen an Adamsit, Phosgen und Zyanwasserstoff und dienen aufgrund der teilweise ungenauen Literaturangaben nur als Orientierungswerte.

⁴⁷ Zu dieser Kampfstoffgruppe liegen nur sehr wenige Informationen vor. Mitte der 1970er Jahre wurde durch sowjetische Wissenschaftler zunächst eine Substanz „33“ entwickelt, die dem westlichen VX-Nervenkampfstoff entsprach. Hierauf aufbauend entstanden 1988 die Nervenkampfstoffe A-230 bzw. A-232, die wiederum die Basis für Novichok-5 waren, den ersten bestätigten Vertreter der neu geschaffenen Novichok-Gruppe. Novichok-5 gilt bereits als 5 bis 8-mal wirksamer als VX. Bekannt sind weiter nur Novichok-7 (10-fache Wirksamkeit des Somans, 1993 getestet) sowie eine Zwischenstufe (Novichok-6?), die 1990 als Kampfstoff aufgenommen wurde, allerdings anscheinend unbenannt blieb. [MIRZAYANOV 1995]

Tabelle 13: Überblick über die russischen Versenkungen 1947/1948 (Teil II) (nach [RUSFED 1993])

Typ der Chemischen Kampfmittel	Senfgas			Sonstige			Summe		
	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)	Gotland (in t KS)	Bornholm (in t KS)	Gesamt (in t KS)
<i>Flugzeug-Bomben</i>	512	5.920	6.432	-	-	-	682	7.896	8.578
<i>Artillerie-Granaten</i>	58	671	729	-	-	-	66	768	834
<i>Hochexpl. Bomben</i>	27	314	341	-	-	-	27	314	341
<i>Minen</i>	4	42	46	-	-	-	4	42	46
<i>Encasements (*)</i>	7	80	87	6	74	80	91	1.050	1.141
<i>Rauchgranaten</i>	-	-	-	-	-	-	6	65	71
<i>Container</i>	-	-	-	-	-	-	80	924	1.004
<i>Fässer</i>	-	-	-	-	-	-	2	18	20
Gesamt	608	7.027	7.635	6	74	80	958	11.077	12.035

(*) Sammelbegriff für Fässer mit 100/150 und 250 l Inhalt sowie Trommeln mit 100 kg und Container mit 1.000 kg Inhalt sowie "Dosen" mit 0,3 kg Kampfstoff [RUSFED 1993].

(**) Adamsit wurde durch Russland als Reizstoff, nicht als klassischer arsenhaltiger Kampfstoff angesehen und ist dementsprechend hier separat gelistet.

Laut des Nationalen Reports der Russischen Föderation an die Helsinki Kommission im Jahre 1993 [RUSFED 1993] befanden sich etwa 8.000 t Kampfstoffe im Rahmen der 70.500 t aufgefundenen chemischer Kampfmittel nicht in Kampfmitteln, sondern verfüllt in Behältern (sog. „Encasements“ sowie Fässern und Containern). Im Zuge der Versenkungsaktivitäten in der Ostsee wurden allerdings offiziell nur etwa 2.200 t dieser Kampfstoffe mit den weiteren fast 32.000 t an chemischen Kampfmitteln – und somit etwa weiteren 9.800 t darin enthaltenen Kampfstoffen – versenkt. Folglich ist der Verbleib weiterer 5.800 t unverfüllter sowie etwa 9.500 t⁽⁴⁸⁾ in Kampfmitteln befindlichen Kampfstoffen aus deutscher Produktion zunächst offen. [LAURIN 1997] spricht diesbezüglich von 10.000 bis 30.000 t an Kampfmitteln mit ungeklärtem Verbleib, legt aber nur 63.000 t deutscher Bestände im russischen Sektor zugrunde. Laut [PERERA 1997] wurden Teile dieser Mengen auf dem Gelände der ursprünglichen Lagerungsstätten oder speziellen Flächen „zerstört“ oder in der zivilen chemischen Industrie genutzt.

Auf Basis der Angaben des Deutschen Bundestages [DBT 1995] und der in Kapitel 4.3.3 gemachten Ausführungen kann davon ausgegangen werden, dass insgesamt mindestens etwa 6.000 t an chemischen Kampfstoffen (650 bis 700 t in Halle-Ammendorf, etwa 1.500 t in Dessau sowie etwa 4.000 t in Löcknitz) durch die SMAD an Land – meist durch Verbrennung – vernichtet wurden.

5.2.3 Resultierende Schlussfolgerungen hinsichtlich der in russischem Besitz befundenen Arsenale

Summiert man nun überschlägig die Mengen an chemischen Kampfstoffen, die sich offenbar im Besitz Russlands in Form eigener Produktion und in Form von Beutewaffen befunden haben, aber offiziell weder deklariert noch versenkt wurden, so ergibt sich abschließend folgendes Bild:

⁴⁸ Die Menge ergibt sich überschlägig aus den 70.500 t aufgefundenen deutschen chemischen Kampfmitteln, von denen etwa 34.000 t offiziell bis 1948 durch Russland versenkt wurden (Inhalt: 2.200 t KS in Encasements sowie etwa 9.800 t KS als Inhalt der Kampfmittel). Die 9.800 t KS entsprechen einem Gew.-% Anteil von fast 31 % an den 31.800 t sie enthaltender chemischer Kampfmittel. Betrachtet man die versenkte Menge an Kampfmitteln sowie ihre Verteilung Bomben/Granaten/Sonstige KM und folglich deren Inhalte an Kampfstoffen als repräsentativ, so lässt sich für die unversenkte Menge an chemischen Kampfmitteln der gleiche Prozentsatz für den Kampfstoffinhalt ansetzen, was bei den übrigen 30.700 t chemischer Kampfmitteln in einem Netto Gehalt von etwa 9.500 t Kampfstoffen resultiert.

- Etwa 121.000 t chemische Kampfstoffe (darunter 76.000 t Senfgas sowie 12.000 t Lewisit) sind zwar durch Russland produziert, aber nicht deklariert worden und müssen somit an Land vernichtet oder ins Meer versenkt worden sein. Hinsichtlich einer Gewichtung der beiden „Entsorgungswege“ ist eine etwa hälftige Aufteilung bis hin zu einer leicht überwiegenden Versenkung auf Basis der vorhandenen Quellenangaben anzunehmen.
- Über die russische Produktion in den Jahren 1945 bis 1958 liegen praktisch keine Informationen vor. Ebenso gibt es keine Informationen zu Produktionszahlen der Neuentwicklungen in der „Novichok“-Gruppe. Nach Schätzungen sind wohl mehrere Dutzend Tonnen der Novichok-Gruppe produziert worden. Ob sich diese Mengen auf über 100 t summieren, ist ungeklärt. Ohnehin sind die grundsätzlichen russischen Produktionszahlen wohl am stärksten zu hinterfragen, was auch in einem Kommentar des Vorsitzenden der „Interdepartmental Commission for Ecological Safety of the Russian Security Council“, Aleksey Yablokov, deutlich wird, der 1994 die 40.000 t an chemischen Kampfstoffen in russischem Besitz als „sehr konservative“ Annahme kommentierte und hinzufügte, dass sich die reale Menge an Kampfstoffen „durchaus um eine ganze Größenordnung“ (und somit Faktor 10?) höher bewegen könnte [SMITHSON 1995A].
- Der Verbleib von etwa 9.500 t verfüllter Kampfstoffe deutscher Produktion aus der russischen Besatzungszone stammend, bleibt ungeklärt. Inwieweit diese Mengen – neben den bereits zugeordneten etwa 6.000 t unverfüllter Kampfstoffe – tatsächlich den von [PERERA 1997] skizzierten Vernichtungs- bzw. Verwertungswegen zugeführt wurden („Zerstörung“ auf den ursprünglichen Lager- bzw. speziellen Flächen sowie eine teilweise Nutzung in der zivilen chemischen Industrie), ist nicht abschließend zu beurteilen. Ebenso gibt es keine Informationen zu sonstigen Mengen an Beutekampfstoffen im Zuge von Gebietsrückeroberungen oder beschlagnahmter Arsenale anderer Nationen.

Abschließend ist somit der Verbleib von mehr als 130.000 t an chemischen Kampfstoffen von russischer Seite nicht geklärt. Diese Mengen sind sehr wahrscheinlich im Rahmen der beschriebenen Vernichtungsaktionen Russlands und der späteren Sowjetunion insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg, aber auch im Rahmen „anpassender Maßnahmen“ im Kontext des Chemiewaffenübereinkommens und der ihm vorausgegangenen internationalen Verhandlungen und Abkommen an Land vernichtet und ebenfalls massiv in den umgebenden Meeren versenkt worden. Diese größtenteils streng geheimen Vernichtungsmaßnahmen unbekannter Mengen an chemischen Kampfstoffen ohne internationales Monitoring dauerten laut Angaben eines Beraters des russischen „Security Council“, Valery Menshikov, zumindest bis 1993 an [BOULDEN 1995]. Subaquatische Vernichtungsaktionen gelten (international) zumindest bis zum Jahr 1985 aufgrund der Aufnahme entsprechender Regelungen im CWÜ als gesichert (vergl. hierzu u.a. Artikel III „Declarations“, Paragraph 2 [OPCW 2005]). Laut Aussage des

Vorsitzenden der „Russian Union for Chemical Security“, Lev Fyodorov ⁽⁴⁹⁾, im Dezember 1994, umfassten die russischen Versenkungen 4,5 Millionen chemische Kampfmittel [BOULDEN 1995]. Setzt man diese Zahl mit den nicht ganz 609.000 chemische Kampfmittel bzw. Kampfstoffe enthaltenden Behältern in Relation, die Russland offiziell 1947/48 mit den enthaltenen 12.000 t an chemischen Kampfstoffen in der Ostsee versenkt hat, so ergibt sich eine potenziell versenkte Menge an chemischen Kampfstoffen von etwa 88.670 t ⁽⁵⁰⁾. Diese Menge ist auch im Hinblick auf die vorangehenden Ausführungen in diesem Kapitel im Rahmen subaquatischer Vernichtungsaktivitäten durchaus darstellbar und repräsentiert – abzüglich der offiziell versenkten 12.000 t – etwa 59 % der betrachteten Kampfstoffmenge mit ungeklärtem Verbleib (etwa 130.000 t).

Die massiven Spekulationen hinsichtlich der russischen Produktionszahlen spiegeln sich in Mengenangaben von 500.000 bis zu einer Million Tonnen chemischer Kampfstoffe (in [PERRERA 1997], bezugnehmend auf ein Interview mit „Interfax News Agency vom 19. Jan. 1993) wider. [BRAUCH 1982] bezieht sich auf Uneinigkeiten zwischen den US-Geheimdiensten und nennt Schätzungen bezüglich des sowjetischen C-Waffenpotenzials von 30.000 bis mehrere hunderttausend Tonnen (bis zu 700.000 t werden genannt).

Andere Quellen sprechen von Versenkungsaktivitäten betreffend 356.872 t chemischer Kampfmittel, die laut eines „Geheimpapiers“ unabhängig von den offiziell durch Russland in der Ostsee versenkten Mengen zusätzlich durch die Sowjetische Ostsee-Flotte versenkt worden seien (in [LAURIN 1997], bezugnehmend auf einen Artikel der „Tjas Pik“, eines Journals der örtlichen Journalistenvereinigung in St. Petersburg, vom 10. Feb. 1993). [POLITZ 1994] bestätigt in seinen Ausführungen die letztgenannten knapp 357.000 t an in der Ostsee durch Russland versenkten chemischen Kampfmitteln ⁽⁵¹⁾ (darunter angeblich auch 20.000 t Sarin 50 km vor der Küste Lettlands), erwähnt zusätzlich aber auch eine mögliche Versenkung nicht nur chemischer, sondern auch biologischer Kampfstoffe durch Russland in der Ostsee ⁽⁵²⁾.

Diese Extremangaben sind – auch hinsichtlich der generell produzierten Kampfstoffmenge Russlands – in ihrer Belastbarkeit aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit der Primärquellen nicht zu überprüfen. In Relation zu den sonst vorliegenden qualitativen und quantitativen Angaben anderer Quellen sind die gemachten Angaben aber zumindest in Frage zu stellen.

⁴⁹ Hierbei handelt es sich allem Anschein nach um den in diesem Kapitel oftmals zitierten „L. Fedorov“, nur in einer alternativen Namensschreibweise.

⁵⁰ Diese überschlägige Berechnung legt dasselbe KM/KS Verhältnis als repräsentativ zugrunde. Demnach enthalten 50,75 „Stück“ Kampfmittel/Container 1 t an Kampfstoff. Hieraus ergeben sich dann 4.500.000 Stück KM/50,75 KM/t = 88.670 t enthaltene Kampfstoffe.

⁵¹ [POLITZ 1994] bezieht sich auf ein „streng geheimes Papier“ des Zentralkomitees der KPdSU vom 19. Oktober 1989, das in der genannten Zeitschrift „Tschas-pik“ im Heft 5/1993 veröffentlicht worden sei und von besagter Menge an versenkten chemischen Kampfmitteln und mit Kampfstoffen gefüllten Containern im Zeitraum zwischen 1946 bis 1978 in der Ostsee im Bereich Bornholms und ungefähr 70 km vor der Marinebasis Liepaja (Libau, Lettland; Versenkungsgebiet entspricht dem Großraum südöstlich Gotlands) spricht. Zudem ist von weiteren 112.523 t chemischer Kampfmittel die Rede, die an den „früheren Versenkungsorten“ ebenfalls versenkt werden sollten.

⁵² Die Hinweise auf biologische Kampfstoffversenkungen in der Ostsee beziehen sich laut [POLITZ 1994] auf Aussagen eines St. Petersburger Wissenschaftlers im Rahmen einer internationalen Tagung im schleswig-holsteinischen Ratzeburg im Oktober 1991 (vgl. [POLITZ 1994] S. 84).

Persönliche Bemerkung

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich der Autor der vorliegenden Arbeit mit den vorangehenden Ausführungen in keiner Weise an eventuellen qualitativen als auch quantitativen Spekulationen beteiligen oder diese gar fördern will.

Die verfügbare Quellenlage ist sehr beschränkt, die Belastbarkeit der dort getätigten Aussagen und Angaben oftmals in Frage zu stellen. Eine abschließende, mengenmäßige Zuordnung vernichteter Kampfstoffe ist insbesondere hinsichtlich der in der Ostsee versenkten Mengen auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht gesichert möglich und eine diesbezügliche abschließende Aussage bliebe somit spekulativ. Dennoch bilden die in diesem Kapitel dargestellten Ausführungen und Erarbeitungen zumindest eine Basis für zukünftige Nachforschungen sowie eine etwas greifbarere Einschätzung der realen Situation und im Raum stehender Spekulationen.

Eine letztendliche Klärung der Sachverhalte scheint auch in Zukunft schwierig, da selbst den Behörden und Ministerien der damaligen russischen Regierung laut Aussage des früheren Vorsitzenden des „Presidential Committee“, Anatoly Kuntsevich, angeblich keine umfassenden Informationen zu Mengen und Orte früherer Vernichtungsaktionen vorliegen [BOULDEN 1995]. Ähnlich wenig Hoffnung auf eine zukünftige Klarheit geben vergleichbare Einschätzungen einer Mehrzahl der Autoren der in diesem Kapitel verwendeten Quellen.

5.3 Die Versenkungen der „Westmächte“ USA, Großbritannien und Frankreich

5.3.1 Vorbemerkungen und Einführung

Großbritannien und die USA vernichteten zwischen 1945 und 1947 im Zuge der Demilitarisierung und entsprechender interalliiertes Abkommen der Siegermächte von Potsdam und späterer Absprachen innerhalb des Allied Control Council mit Sitz in Berlin (siehe Eingangskapitel) u.a. die in ihren Sektoren aufgefundenen deutschen chemischen Kampfmittel- und Kampfstoffbestände. Detaillierte Informationen hierzu finden sich in Kapitel 4.3.3.

Im Juli 1945 waren laut Bericht der BAOR⁽⁵³⁾ wohl alle größeren Depots an chemischen Kampfmitteln in der britischen Zone entdeckt und etwa 111.000 t (evtl. „long tons“) „feindlicher“ chemischer Kampfmittel in der britischen Zone gelistet [MOD UK 1993].

Durch den norwegischen Fischereidirektor und die norwegische Armee wurde zunächst folgendes Gebiet gegenüber der CADC für Versenkungen empfohlen: 58° 14' N und 9° 27' E, 58° 16' N und 9° 27' E, 58° 19' N und 9° 40' E, 58° 17' N und 9° 40' E.

Versenkungsgebiete für konventionelle Kampfmittel sollten möglichst innerhalb deutscher Hoheitsgewässer liegen ([MOD UK 1993], S. 6), wobei die britischen Aufzeichnungen laut eigener Aussage bezüglich chemischer Kampfmittel und damit verbundener Schiffsversenkungen nur Tiefseegebiete im Skagerrak ausweisen.

Das betreffende Gebiet, was britische Versenkungsaktivitäten anging, war das Skagerrak, mit zwei Hauptversenkungsgebieten innerhalb folgender Koordinaten: 58° 05' N und 58° 25' N, 09° 15' E und 09° 40' E sowie 58° 05' N und 58° 15' N und 10° 30' E und 10° 55' E [MOD UK 1993].

Zusätzlich zu den chemischen Kampfmittelversenkungen gab es durch Großbritannien und die USA Versenkungen von ehemaligen deutschen Marineschiffen, die – laut eigener Angaben – keine chemischen Kampfmittel enthielten. Diese Versenkungen waren Bestandteil des „völlig separaten“ Demilitarisierungsprogramms der Tripartite Naval Commission, die auf Basis des Potsdamer Abkommens etabliert wurde, bestehend aus den USA, UDSSR und Großbritannien.

Laut [MOD UK 1993] wurden Versenkungsfahrten ab September 1946 nur noch über den Hafen Emden (Nordsee) realisiert, und die letzte Versenkung erfolgte dann im Juni 1947. Die kleine verbleibende Restmenge an chemischen Kampfmitteln wurde dann bis Dezember 1947 „in situ“ durch Verbrennung vernichtet. Ladehäfen seit Beginn der Maßnahmen unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkrieges waren Emden, Wilhelmshaven, Kiel, Lübeck und Flensburg [JÄCKEL 1971].

Das Britische Vernichtungsprogramm umfasste in diesem Zeitraum etwa 120.000 t chemischer Kampfmittel aus der britischen Besatzungszone sowie kleinerer Mengen an chemischen Kampfmitteln aus der französischen und amerikanischen Zone, die Großbritannien laut eige-

⁵³ BAOR: „British Army of the Rhine“; weitere Informationen z.B. unter <http://baor-locations.com/default.aspx>

ner Angabe mit vernichtete. Norwegische Behörden wurden über die britischen Aktivitäten auch hinsichtlich der genauen Positionen und enthaltenen Ladungen informiert. Zudem gab es laut [MOD UK 1993] diesbezüglich auch eine Zusammenarbeit mit dänischen und amerikanischen Behörden.

Für die eigentlichen Versenkungsmaßnahmen standen dem „British Ministry of War Transport“ (BMWT) 40 deutsche Handelsschiffe sowie eine unbekannte Zahl anderer Seefahrzeuge, wie nicht fertig gestellte oder schwer beschädigte Schiffsrümpfe und sogenannte Zementschiffe zur Verfügung. Die Schiffe wurden in Konvois von 2 bis 6 Munitionsschiffen durch einen Geleitzug in die Versenkungsgebiete gebracht, wo sie dann mittels vorher installierter Ladungen versenkt wurden. Eigene Navigation war den deutschen Schiffsführern verboten, teilweise auch ohnehin unmöglich, da entsprechende Ausrüstung vor der Abfahrt aus den Beladehäfen demontiert wurde. [JÄCKEL 1971]

Insgesamt seien laut BAOR-Bericht 119.910 t an chemischen Kampfmitteln und Kampfstoffen durch Großbritannien vernichtet worden. Eine Splittung hinsichtlich der Vernichtungsart (Versenkung/Verbrennen/Neutralisierung) ist viel schwieriger. Zudem weisen zeitgenössische, erhaltene Berichte auf mindestens 127.000 t chemischer Kampfmittel und Kampfstoffe hin, die alleine per Versenkung vernichtet wurden. Darin enthalten sind offensichtlich 3.000 t aus der französischen und weitere bis zu 10.000 t aus der amerikanischen Zone, die in entsprechendem Auftrag versenkt wurden. [MOD UK 1993]

Hinsichtlich der amerikanischen Versenkungen im Skagerrak ergibt sich ein ähnliches Bild: Insgesamt wurden laut [BRANKOWITZ 1989] sowie [US ARDEC 2001] mehr als 140.000 t Kampfmittel alleine durch die USA im Skagerrak versenkt, der größte Teil davon chemische Kampfmittel. Bezüglich verwendeter Schiffe ist kaum etwas bekannt, wie aus den nachfolgenden tabellarischen Ausarbeitungen ersichtlich.

Insgesamt wurden laut [JÄCKEL 1971] samt Handelsschiffen etwa 176.425 t an überwiegend chemischen Kampfmitteln versenkt, davon 155.425 t im Skagerrak. Jäckel berücksichtigt aber bei der zugrundeliegenden Berechnung nur 36 der im Rahmen der vorliegenden Arbeit gelisteten und im Großraum Skagerrak verorteten 74 Schiffe sowie etwa 21.000 t an in der Biskaya versenkten Kampfmitteln (siehe hierzu auch nachfolgenden Abschnitt). Im Bereich des Skagerraks kommt laut seinen Ausführungen eine unbekannte Menge an Kampfmitteln durch nicht bekannte Schiffstypen und sogenannte Zementschiffe sowie Kampfmittelversenkungen ohne Mitversenkung der Transportschiffe hinzu. Wichtig ist hierbei, dass Jäckel fast ausschließlich die Arendal-Region – und somit zwar die theoretische Kernregion für britische und amerikanische Versenkungsaktivitäten – betrachtet, seine Erkenntnisse aber kaum die weiteren drei Versenkungsgebiete Lista, Kristiansand sowie Masekaer betreffen (siehe Kapitel 4.5.4 sowie nachfolgende tabellarische Ausführungen).

Der Bericht des Dänischen Umweltministeriums im Jahre 1992 zu den Versenkungen von chemischen Kampfmitteln in den Gewässern um Dänemark [EPA DK 1992] erwähnt zwar Gerüchte um eine Menge von 250.000 t an chemischen Kampfstoffen (gemeint sind sicher chemische Kampfmittel), schließt aber ebenfalls mit einer vermuteten Gesamtmenge von 173.000

t versenkter chemischer Kampfmittel im Großgebiet des Skagerraks, inklusive der 9 von [LAURIN 1997] genannten, im Bereich des Masekaer versenkten Schiffe mit einer Ladung von 20.000 t chemischer Kampfmittel (vgl. hierzu ebenfalls Kapitel 4.5.4).

Versenkungen deutscher Arsenale in anderen Meeren

Wie bereits in Kapitel 4.3.3 ausgeführt, wurden die deutschen chemischen Kampfstoff- und Kampfmittelbestände nicht nur unmittelbar in situ oder durch Versenkung im Skagerrak, der Ostsee oder anderen angrenzenden Meeren vernichtet (siehe hierzu u.a. entsprechende Listungen in Kapitel 5.3.5), sondern auch signifikante Mengen in die Heimatländer der Alliierten abtransportiert. Dies betraf insbesondere die „Spitzenkampfstoffe“ wie Nervengase aber auch Lose, die, dort angekommen, einer intensiven Analyse unterzogen wurden. Beispiel hierfür ist insbesondere die britische Operation „*Op(eration) Dismal*“, in deren Kontext etwa 10.000 t an chemischen Kampfmitteln zu Forschungszwecken nach Großbritannien verschifft wurden [MOD UK 1993].

Ähnliches gilt für die USA, die bereits 1946 mit der Versenkung deutscher Beutearsenale in eigenen Hoheitsgewässern begannen (siehe z.B. [BRANKOWITZ 1989] oder [US ARDEC 2001]). Entsprechende Gesamtmengen sind aufgrund meist fehlender Detailangaben in den genannten Quellen nicht belastbar zu errechnen, sie dürften aber ebenfalls über 10.000 t liegen. Laut [MOD UK 2006] wurden durch Großbritannien des Weiteren 14.000 t mit Tabun gefüllte deutsche Kampfmittel, die nach dem Zweiten Weltkrieg konfisziert wurden, im Rahmen der „*Operation Sandcastle*“ in den Jahren 1955 bis 1956 im Atlantik versenkt.

Bemerkungen zu den nachfolgenden Ausführungen und Tabellen

Hinsichtlich der Beladung der in der Literatur aufgeführten Schiffe mit Kampfmitteln ist zu sagen, dass dort oftmals Bruttoregistertonnen (BRT, also räumliche Ladekapazitäten in m³) mit Tonnen Beladungskapazität bzw. sogar realer Ladung konventioneller oder chemischer Kampfmittel gleichgesetzt wurden. Wo immer möglich, wurden in den nachfolgenden Ausarbeitungen deshalb die verfügbaren schiffsspezifischen Details wie BRT sowie die Netto-Tragfähigkeit (tdw, „tons dead weight“) angegeben, um gegebenenfalls angegebene Ladungsgewichte wiederum mit dem genutzten Schiff in Relation zu setzen und somit ansatzweise die gemachten Angaben verifizieren zu können.

Im Falle eines Übersteigens des gegebenen Ladungsgewichtes verglichen mit der eigentlich nur möglichen Netto-Tragfähigkeit (tdw) ist zu sagen, dass laut [JÄCKEL 1971] keine Vorräte und Ausrüstung an Bord mitgenommen wurde, um die Tragfähigkeit zu erhöhen und somit eine maximale Ausnutzung der Transportkapazität zu gewährleisten. Diese sonst an Bord befindliche „Infrastruktur“ wird bezüglich der offiziellen Angabe der Netto-Tragfähigkeit (tdw) berücksichtigt und mindert somit den tdw-Wert.

In britischen Dokumenten wird oftmals die britische Tonne („long tons“) als Gewichtsangabe verwendet. Diese Angaben wurden – soweit vorhanden bzw. eindeutig als solche zu interpretieren – gemäß des entsprechenden Umrechnungsfaktors (1,016) in Tonnen (Megagramm, Mg) umgerechnet.

Die verwendeten Quellen werden in den nachfolgenden Tabellen aus Gründen der Übersichtlichkeit durch in Klammern gesetzte Zahlen angegeben, die sich wie folgt auf entsprechende Quellen beziehen:

- (1) [BSH 1993]
- (2) [JÄCKEL 1969]
- (3) [JÄCKEL 1971]
- (4) [MOD UK 1993]
- (5) [US ARDEC 2001]
- (6) [FFI 2002]
- (7) [BRANKOWITZ 1989]
- (8) [LAURIN 1997]
- (9) [FONNUM 1997]
- (10) [HØVDING 1997]
- (11) [ACDA 1993]
- (12) [ACDA 1993B]
- (13) [THAMM 2002]
- (14) [GRANBOM 1996]
- (x) Eigene Anmerkungen bzw. Erarbeitungen des Verfassers

Die nicht gesondert gekennzeichneten Inhalte jeder Zeile beziehen sich immer auf die jeweilig erstgenannte Quellenangabe, deren Angaben wurden dann sukzessive jeweils durch Informationen der nachfolgend genannten Quellen ergänzt.

Die richtige Interpretation der Quellenangaben soll – exemplarisch auch für andere Datenbanken in dieser Arbeit – an einem Lesebeispiel für die nachfolgenden Tabellen am Beispiel der Tabelle 14, Zeile 2 „Triton“ verdeutlicht werden:

- Der Schiffsname, das erstgenannte Versenkungsdatum sowie alle weiteren Informationen, die nicht mit einer Quellenangabe (z.B. (13) für das ebenfalls genannte Versenkungsdatum) gekennzeichnet sind, beziehen sich auf die unter „Quellen“ erstgenannte Quelle (4).
- Informationen anderer Quellen sind von den vorhergehenden und nachfolgenden Aussagen durch Semikolon getrennt: „Nördl. Kattegat“ in der Spalte „Ungefähre geographische Einordnung“ beruht somit, wie bereits ausgeführt, auf Quelle (4) – da nicht weiter präzisiert, „Skagerrak“ auf Quelle (3).

5.3.2 Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1945

Laut [BRANKOWITZ 1989] sowie [US ARDEC 2001] wurden bis Dezember 1945 alleine durch die USA insgesamt 116.000 t an chemischen Kampfmitteln aus deutschem Bestand im Skagerrak versenkt. Dies sind:

- 66.000 t KM mit Phosgen und Senfgas (HS, histor. Kürzel für Senfgas aus dem WW I)
- 35.000 t KM mit Chloracetophenon und Adamsit
- 11.000 t KM mit Sarin
- 4.000 t KM mit Senfgas

Diesbezügliche Detailinformationen finden sich in Tabelle 16.

Die amerikanischen Angaben auf Basis zweier Berichte der US Environmental Protection Agency [BRANKOWITZ 1989] bzw. einer Forschungsinstitution der US Army [US ARDEC 2001] überraschen erheblich, übersteigen die hier genannten Mengen an chemischen Kampfmittelversenkungen bereits 1945 doch bei weitem die offiziellen Zahlen dessen, was innerhalb des amerikanischen Sektors nach dem Zweiten Weltkrieg überhaupt insgesamt an deutschen Arsenalen chemischer Kampfmittel aufgefunden wurde (93.995 t laut [BSH 1993], 104.500 t laut [RUSFED 1993]). Ebenso unverständlich sind die Angaben über Sarin enthaltende Kampfmittel: die enthaltene Sarinmenge von mehr als 1.000 t netto übertrifft selbst bei sehr konservativer Annahme eines Kampfstoffgehaltes in Granaten von 10 Gew.-% die in Kapitel 4.2.2 behandelten, maximalen deutschen Produktionsmengen um mehr als das 16-fache. Zudem wären eben diese Kampfmittel mit dem erst im Dezember 1938 durch Deutschland entwickelten Spitzennervenkampfstoff für die eigenen Arsenale wohl mehr als attraktiv gewesen. Eine Massenversenkung von Sarin ist somit kaum darstellbar und klar in Frage zu stellen.

Da laut [FONNUM 1997] Großbritannien in den Jahren 1945 bis 1948 auch Transporte aus der amerikanischen Zone übernommen hat (etwa 10.000 t werden von [MOD UK 1993] genannt), ist eine Doppelzählung bei britischen und amerikanischen Angaben nicht ausgeschlossen, dieser Umstand rechtfertigt im Grunde aber nicht die genannten Diskrepanzen. Ein Versuch der Klärung findet sich im abschließenden Kapitel 5.3.7.

Hinsichtlich der britischen Versenkungsmengen im Jahr 1945 an chemischen, eventuell auch teilweise konventionellen Kampfmitteln, ergeben sich auf Basis der Listungen in Tabelle 14 bis Tabelle 16 eine Gesamtmenge von etwa 72.000 t. Völlig unklar bleibt aber, welche Arten chemischer Kampfstoffe versenkt wurden, da hierzu in den verfügbaren Quellen keinerlei Aussagen getroffen werden.

Ungeklärt bleibt im Jahr 1945 zudem die Zuordnung der im Kattegat explodierten *Bernleff* sowie eventuell sonst noch über die gemachten Angaben hinausgehend enthaltene Kampfmittel (siehe nachfolgende Tabelle 14 oben).

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 14: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil I)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1945										
1	Bernieff	14.08.1945	56° 10' N 12° 07' E (6)	Südl. Kattegat	konventionell (?)	Wasser- und Fliegerbomben	-	bei Gilleleje Flak durch zwei Untenwasserdetonationen während Verklappung gesunken; Nordausgang des Oresund	(3), (6)	-
2	Triton (S/S)	04.10.1945; 14.09.1945 (13)	-	Nördl. Kattegat; Skagerrak (3)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	2.065 t angenommen (3); 2.050 t w (3); 1.620 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 1"; Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	Schiffsliste in (10) sowie bestätigt den 04.10.1945
3	Patagonia (Deutsche SS)	04.10.1945; 14.09.1945 (13); laut (9) im Feb. 1946 versenkt	58° 15' N 09° 35' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	7.800 t (3); 8.000 t (4); 10.100 t w (3); 5.898 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 1"; Beladehafen Kiel (13)	(4), (3), (6), (9), (10), (13)	Schiffsliste (3) & (10) bestätigt den 04.10.1945
4	Louis(e) Schröder (Deutsche S/S); "Louise Schröder" (3) & (6); laut (13) "Luise Schröder"	04.10.1945; 14.09.1945 (13); laut (9) im Feb. 1946 versenkt	58° 15' N 57° 25' N 10° 41' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal); zweite Angabe Nördl. Kattegat direkt westl. Jütlands)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	1.800 t; 2.200 t w (3); 1.327 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 1"; Beladehafen Emden (13); von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (3), (6), (9), (10), (13)	Schiffsliste (3) & (10) bestätigen den 04.10.1945
5	Pillau (S/S)	04.10.1945; 14.09.1945 (13)	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	1.800 t; 2.000 t angen. (3); 1.885 t w (3); 1.308 BRT (3)	BMAD	Teil des Konvois "CW 1"; Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	Schiffsliste (3) & (10) bestätigt den 04.10.1945
6	Duborg (Deutsche S/S); "Duburg" laut (3) & (7); "Duisburg" (13)	04.10.1945; 14.09.1945 (13); laut (9) im Feb. 1946 versenkt	58° 14,5' N 58° 13,57' N 57° 02,5' N 09° 31' E 09° 32,09' E (6) 10° 04,1' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	4.244 t (3); 3.500 t; 4.650 t w (3); 2.675 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 1"; Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (7), (9), (10), (13)	Schiffsliste (3) & (10) bestätigt den 04.10.1945; dritte Positionsangabe liegt auf dem Festland Jütlands!
7	Balkan (Deutsche S/S)	17.10.1945; 14.09.1945 (13); laut (9) im Feb. 1946 versenkt	58° 16' N 58° 16' N 09° 26' E 09° 27' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch (?); (3), (9) & (13) bestätigten chemisch	3.500 t angen. (3) & (4); 3.180 t w (3); 2.208 BRT (3); 2.269 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 2"; Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (9), (10), (13)	(3) bestätigt 17.10.1945; laut Schiffsliste (10) am 04.10.1945 versenkt
8	Drau (S/S)	17.10.1945	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch & konventionell; "Gasschiff" (6)	8.000 t (3); 8.000 t angen. (4); 8.350 t w (3); 5.141 BRT (3)	BMAD	Teil des Konvois "CW 2" (?); Beladehafen Flensburg (3)	(4), (3), (6), (10)	(3) bestätigt Versenkungsdatum und chemische KM
9	Edith Howaldt (S/S)	17.10.1945; 17.11.1945 (3)	58° 15' N 58° 14' N 09° 30' E 09° 27' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch & konventionell; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	3.000 t (3); 3.245 t w (3); 2.068 BRT (3); 2.067 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 2" (?); Beladehafen Flensburg (13)	(4), (3), (6), (13)	(13) bestätigt erstgenanntes Datum (17.10.)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 15: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil II)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1945										
10	Emmy Friedrich (M/V); laut (6) und (10) "Friedrich"; (3) & (13) bestätigten erstgenannten Namen	17.10.1945	58° 14' N 09° 27' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch & konventionell; (6) bestätigt chemisch	4.500 t (3); 6.800 taw (3); 8.000 t angenommen (4); 5.066 BRT (13)	BMAD	"gesunken im Skagerrak"; (10) bestätigt Skagerrak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (3), (6), (10), (13)	Schiffsliste (10) bestätigt wie auch (13) & (3) den 17.10.1945
11	Trude Schünemann; laut (3) & (6) "Trude Schünemann"; "Trude Schürmann" (13)	17.10.1945	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch & konventionell; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	1.800 t (3); 1.500 t angen.; 1.855 taw (3); 1.260 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 2" (?); Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	(3) & (13) bestätigen Datum, laut (10) 1956 versenkt; (6) listet eine "Erika Schünemann"; (4) verweist auf eine "Erika Schünemann"
12	Olga Siemens (SS)	17.10.1945	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	5.000 t; 4.616 angen. (3); 4.450 taw (3); 3.347 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 2" (?); Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	Schiffsliste (10) bestätigt wie auch (3) & (13) den 17.10.1945
13	Oderstrom	17.10.1945; 14.09.1945 (13)	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (3), (6) & (13)	1.200 t (3); 1.985 taw (3); 1.511 BRT	BMAD	Teil des Konvois "CW 2" (?); Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	-
14	Sesostis (SS)	17.11.1945; (3) & (13) bestätigen Datum	58° 15' N 58° 18,32' N 58° 19' 44,9" N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	2.500 t (3); 2.000 t; 2.620 taw (3); 2.013 BRT (13)	BMAD	durch (6) als "Gasschiff" deklariert; Wrack durch Norwegen 1990 lokalisiert	(4), (3), (6), (8), (13)	Die genauen Lokalisierungen weichen in der vorhandenen Literatur teilw. erheblich ab.
15	Taurus (evtl. auch als "Tains" gelistet)	17.11.1945	58° 16' N 58° 16,01' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	1.500 t (3); 1.158 t (8); 1.800 taw (3); 1.157 BRT (3); 1.158 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 3"; Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (8), (9), (10), (13)	Schiffsliste (3), sowie (10) & (13) bestätigen den 17.11.1945
16	Janije Fritzen	17.11.1945	58° 15' N 58° 18' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	8.000 t (3); 6.600 t (4); 6.582 t (8); 11.000 taw (3); 6.582 BRT (3); 6.594 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 3" (?); Beladehafen Kiel (13); von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (3), (6), (8), (10), (13)	Schiffsliste (3), sowie (10) & (13) bestätigen den 17.11.1945
17	Theda Fritzen	17.11.1945 (3) & (10); 17.10.1945 (13)	58° 18' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (3), (6) & (13)	4.400 t (3); 5.000 taw (3); 2.882 BRT (3) & (13)	BMAD (13)	im Skagerrak versenkt; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(10), (3), (6), (13)	-
18	Taglia (SS)	17.11.1945	58° 15' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	3.500 t (3); 4.425 taw (3); 2.682 BRT (3); 2.683 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 3" (?); Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (13)	(13) bestätigt Datum

Tabelle 16: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1945 (Teil III)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1945										
19	Jan Wellens; "Jan Wellem" (3) & (13)	Okt. oder Dez. 1945	58° N 09° 30' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch (3) & (13)	7.000 t (3); 13.525 tdw(3); 11.776 BRT (13)	BMAD	(3) nimmt Versenkung im Skagerrak an Beladehafen Kiel (3) & (13)	(4), (3), (13)	nicht geführt in der Schiffsliste von (6)
(--)	(-)	Dez. 1945	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch	KM-Mengen: 11.000 t mit Sarin, 4.000 t mit Senfgas, 35.000 t mit Chloracetophenon und Adamsit sowie 66.000 t mit Senfgas und Phosgen	AMAD	"Deutsches Beutematerial", laut (9) hat UK 1945 bis 1948 auch Transporte aus der amerikanischen Zone übernommen. Eine Doppelzählung ist somit nicht ausgeschlossen.	(5), (7), (9)	wohl "bis Dezember 1945" gemeint? (7) gibt exakt diese Zahlen auch an und beruft sich auf 3 Quellen (Quellenverzeichnis fehlt leider im besagten Dokument)

5.3.3 Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1946

Im Jahr 1946 wurden durch die USA laut [BRANKOWITZ 1989] sowie [US ARDEC 2001] folgende Mengen an Kampfmitteln im Skagerrak versenkt:

- Am 01. Juli 1946 wurden auf der Position 58° 14' N und 09° 15' E etwa 1.370 t (1.349 britische Tonnen (long tons)) an deutschen Beutekampfmitteln und -kampfstoffen im Rahmen der Versenkungsaktion *Davy Jones Locker 1* mit dem Transportschiff „*Sperrbrecher*“ in 650 m Wassertiefe versenkt.
- Am gleichen Tag (01. Juli 1946) wurden auf der Position 58° 17' N und 09° 37' E weitere 1.550 t (1.526 long tons) zusammen mit dem Schiff *T 65* im Rahmen *Davy Jones Locker 2* in 650 m Wassertiefe versenkt. Auch hier gibt es keine detaillierten Angaben zur Art der Kampfmittel, es sei aber „*jegliches Beutekampfmittel sowie Beutekampfstoff aus deutschen Beständen möglich*“.
- Am 02. Juli 1946 wurden im Rahmen von *Davy Jones Locker 3* etwa 682 t an deutschen Beutekampfmitteln mit „*UJ 305*“ auf der Position 58° 16' N und 09° 29' E in 650 m Wassertiefe versenkt.
- Am 14. Juli 1946 wurden weitere etwa 2.809 t an deutschen Beutekampfmitteln (2.765 long tons) auf der Position 58° 18' N und 09° 36' E zusammen mit der „*Alco Banner*“ während der Versenkungsaktion *Davy Jones Locker 4* in 650 m Wassertiefe versenkt.
- Am 30. August 1946 wurden laut [US ARDEC 2001] etwa 3.712 t (3.653 long tons) an deutschen Beutekampfmitteln im Rahmen von *Davy Jones Locker 5* mit der „*James Otis*“ auf einer unbestimmten Position im Skagerrak versenkt. Die entsprechende Seite fehlt im Dokument von [BRANKOWITZ 1989].

Insgesamt wurden somit laut Darstellung der oben genannten Quellen 1946 etwa 10.120 t an deutschen Kampfmitteln durch die USA im Skagerrak versenkt. Auch ohne definitive Aussage ist davon auszugehen, dass die Masse davon sicherlich chemische Kampfmittel waren, deren ausgewiesenes Versenkungsgebiet das Skagerrak war. Konventionelle Kampfmittel wurden meist ohne entsprechend großen Transportaufwand relativ küstennah in Nord- und Ostsee versenkt (vgl. Kapitel 4.3.3 sowie 4.4).

Seitens Großbritanniens wurden laut nachfolgender Tabelle 17 bis Tabelle 20 mindestens 15 Schiffe mit etwa 70.000 t Kampfmitteln versenkt.

Zu beachten sind 1946 die umfangreichen Versenkungsmaßnahmen der Tripartite Naval Commission, die nach offiziellen Angaben nahezu ausschließlich die Versenkung der reinen Schiffe im Zuge der Demilitarisierung Nachkriegsdeutschlands umfasste. Allerdings werden in den ausgewerteten – und durchaus belastbaren – Literaturquellen zu zwei der insgesamt 13 Schiffe konkrete Angaben hinsichtlich ihres Ladungsgewichtes an chemischen Kampfmitteln gemacht (insgesamt etwa 5.500 t). Zudem werden alle 13 „ship-only“ Versenkungen von norwegischen Quellen [FFI 2002] als „*Gasschiffe*“ deklariert. Diese Verbindung zu Versen-

kungen chemischer Kampfmittel wird zumindest in zwei Fällen von unabhängigen Quellen [JÄCKEL 1971], [FONNUM 1997], [THAMM 2002] bestätigt.

Ungeklärt bleibt die Mengenzuordnung der durch die US Navy (also AMAD) im Jahr 1946 versenkten und mit chemischen Kampfmitteln beladenen Z 29, sowie die Versenkung von Z 37 ohne weitere Informationen.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 17: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil I)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1946										
20	Hertha Fritzen; "Hertha Engeline Fritzen" (3)	1946	-	Skagerrak (3)	chemisch; (3) bestätigt chemisch	6.000 t (3); 7.785 taw (3); 5.100 BRT	BMAD	Beladehafen Emden	(13), (3)	-
21	Torpedoboot T 190 "Claus von Bevern"	zwischen 02. bis 16.03.1946	57° 52' N 06° 15' E (6)	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	ohne zusätzliche Kampfmittel; laut (6) chemisch	"Verdrängung" 861 t (6)	Tripartite Naval Commission	von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (6)	"ships only"
22	Falkenteils (S/S)	16.03.1946	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	10.000 t angenommen (3); 8.555 taw (3); 6.318 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 4" (?); Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (13)	(3) & (13) bestätigen Datum; (3) & (6) bestätigen Skagerrak
23	Fechenheim	16.03.1946	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch (3), (6) & (13)	8.000 t (3); 11.730 taw (3); 8.116 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 4" (?); Beladehafen Kiel (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	(3) & (13) bestätigen Datum
24	Karl Leonhardt (S/S); laut (9) & (13) auch ehemals "Speerbrecher 2"	16.03.1946; laut (10) am 06.03.1946	58° 14' N 09° 24' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	8.000 t; 10.000 taw (3); 6.115 BRT (3); 6.042 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 4" (?); Beladehafen Emden (13)	(4), (3), (6), (9), (10), (13)	(3), (9) & (13) bestätigen erstgenanntes Datum; (3) bestätigt Ladung von 8.000 t
25	Hugo Oldendorf; laut (10) "Hugo Oldendorf"; (3), (6) & (13) "Hugo Oldendorf"	16.03.1946; 17.11.1945 (13)	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (3), (6) & (13)	2.200 t (3); 1.875 BRT (3); 1.876 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 4" (?); Beladehafen Lübeck (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	(3) & (10) bestätigen erstgenanntes Datum; (laut (4) alias Dora Oldendorf, siehe Tab. 23)
26	Lotte	26.03.1946; 16.03.1946 (3) 17.11.1945 (13)	58° 19' N 09° 40' E (6)	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch (3), (6) & (13)	2.000 t (3); 2.300 taw (3); 2.115 BRT (3); 2.116 BRT (13)	BMAD (13)	Beladehafen Emden (13)	(10), (3), (6), (13)	(3) bestätigt Skagerrak und Beladehafen Emden
27	Zerstörer Z 34 (Narvik Klasse)	26.03.1946	-	Ostl. Skagerrak Nordaustgang Kattegat (westl. Lysekil) (?)	ohne zusätzliche Kampfmittel; unbekannt (13); (6) chemisch	"Verdrängung" 2.657 t (6)	Tripartite Naval Commission	im Skagerrak versenkt; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (6), (13)	(13) bestätigt Datum
28	Zerstörer Z 37	26.03.1946	-	Ostl. Skagerrak Nordaustgang Kattegat (westl. Lysekil) (?)	-	-	-	im Skagerrak versenkt	(9)	-

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 18: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil II)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1946										
29	H. C. Horn; laut (9) & (13) ehemals "Spernbrecher 27"	01.05.1946; laut (3), (9) & (13) am 26.05.1946	58° 08' 30" N 10° 50' E	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel; chemisch (9), (6), & (13)	4.500 t (3); 4.900 t (9); 4.132 BRT (13)	Tripartite Naval Commission	Beladungen Lübeck (?) (13)	(4), (3), (6), (9), (13)	vermutlich von Lübeck aus, nach Beschädigung durch brit. Bombe am 02.05.1945 in Lübecker Bucht fest (13)
30	Torpedoboot TF 1; "Torpedojäger TF 1"	02.05.1946	58° 09' 15" N 10° 50' 30" E	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 489 t (6)	Tripartite Naval Commission	(6) bestätigt Positionsangabe	(4), (6)	-
31	S 7 MTB	02.05.1946	58° 08' 30" N 58° 09' N 10° 51' E 10° 50' E (6)	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 86 t (6)	Tripartite Naval Commission	-	(4), (6)	-
32	S 9 MTB	02.05.1946	58° 08' 50" N 58° 09' N 10° 52' 30" E 10° 51' E (6)	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 86 t (6)	Tripartite Naval Commission	-	(4), (6)	-
33	S 12 MTB	02.05.1946	58° 09' 10" N 58° 09' N 10° 50' 30" E 10° 52' E (6)	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 92 t (6)	Tripartite Naval Commission	-	(4), (6)	-
34	Torpedoboot T 38; "Torpedojäger T 38"	10.05.1946	58° 07' 48" N 10° 46' 30" E	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 2.190 t (6)	Tripartite Naval Commission	(6) bestätigt Positionsangabe	(4), (6)	-
35	Torpedoboot T 39; "Torpedojäger T 39"	10.05.1946	58° 08' 12" N 10° 47' 48" E	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) chemisch	"Verdrängung" 2.190 t (6)	Tripartite Naval Commission	(6) bestätigt Positionsangabe	(4), (6)	-
36	Minenräumer M 16	18.05.1946	58° 10' 12" N 10° 42' 24" E	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel; laut (6) chemisch	"Verdrängung" 874 t (6)	Tripartite Naval Commission	(6) bestätigt Positionsangabe	(4), (6), (14)	(14) bestätigt aufgrund visueller Identifizierung durch ROV die Position von M 16
37	Minenräumer M 522	18.05.1946	58° 10' 12" N 58° 10' N 10° 40' 48" E 10° 42' E (6)	Östl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	ohne zusätzliche Kampfmittel; laut (6) chemisch	"Verdrängung" 652 t (6)	Tripartite Naval Commission	-	(4), (6)	-
38	Kreuzer Berlin	31.05.1946	57° 08' 50" N 10° 49' 12" E	Nördl. Kattegat	ohne zusätzliche Kampfmittel; laut (6) chemisch	"Verdrängung" 2.970 t (6)	Tripartite Naval Commission	-	(4), (6)	-
39	Spernbrecher	01.07.1946	58° 14' N 9° 15' E (7)	Zentrales Skagerak (südl. Arendal)	chemisch	1.370 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 1 nicht enthalten	(5), (6), (7), (11)	(11) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefähre Position

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 19: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil III)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen	
1946											
40	Torpedoboot T 65; "Torpedojäger T 65" (6)	01.07.1946	58° 17' N 58° 17' 09" N 58° 17,9' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (6) bestätigt chemisch	1.550 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff; "Verdrängung" 2.566 t (6)	AMAD	im Skagerrak versenkt; auf 650 m Wassertiefe; von (6) als "Gasschiff" deklariert	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 2	(5), (6), (7), (11)	T 65 vorher auf der "provisional list" des UK, dann an USA abgegeben; (11) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefährer Position
41	UJ 305; laut (11) deutscher Trawler	02.07.1946	58° 16' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch	682 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	im Skagerrak versenkt; auf 650 m Wassertiefe; in Schiffsliste von (6) nicht enthalten	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 3	(5), (6), (7), (11)	UJ 305 vorher auf der "provisional list" des UK, dann an USA abgegeben; (11) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefährer Position
42	Kreuzer Leipzig	11.07.1946; laut (9) am 16.12.1946 versenkt	06° 13' E 06° 15,75' E (7) 06° 15,747' E (6)	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	ohne zusätzliche Kampfmittel (?); laut (6) & (9) chemisch	laut (9) inkl. 1.000 t "Gifgas", wahrscheinlich in Behältern versenkt	Tripartite Naval Commission	von (4) angegebene Position durch (9) bestätigt; Position (6) durch eigene Untersuchung bestätigt	(4), (6), (7), (8), (9)	laut (8) durch die USA im Rahmen der Day(e) Jones Locker Operationen in der Nordsee versenkt	
43	Gertrud Fritzen (S/S)	13.07.1946; 31.12.1946 (13)	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	4.600 t (3); 4.500 t; 4.900 t o/w (3); 3.217 BRT (13); 2.999 BRT (3)	BMAD	"gesunken im Skagerrak"; (3) & (6) bestätigen Skagerrak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	Teil des Konvois "CW 5" (?); Beladefahen Emden (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	Angabe "Nordsee" in (10) lässt Arendal-Region vermuten; (3) bestätigt 13.07.1946
44	Freiburg	13.07.1946	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigen chemisch	6.500 t; 5.000 t (3); 7.540 t o/w (3); 5.165 BRT (13)	BMAD	"gesunken im Skagerrak"; (3) & (6) bestätigen Skagerrak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	Teil des Konvois "CW 5" (?)	(4), (3), (6), (13)	(3) & (13) bestätigen Datum
45	Alco(a) Banner	14.07.1946	58° 18' N 58° 18' 07" N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch	2.810 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	im Skagerrak versenkt; auf 650 m Wassertiefe	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 4	(5), (7), (11)	Alcoa Banner vorher auf der "provisional list" des UK, dann an USA abgegeben; (11) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefährer Position
46	James Otis	30.08.1946	58° 16' N	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (6) bestätigt chemisch	3.712 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff; 7.176 BRT (6)	AMAD	im Skagerrak versenkt; auf 650 m Wassertiefe; von (6) als "Gasschiff" deklariert	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 5	(5), (6), (11)	James Otis vorher auf der "provisional list" des UK, dann an USA abgegeben; (11) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie Position

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 20: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1946 (Teil IV)

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1946										
47	Röhn; Röhn (?)	08.09.1946; (3) & (13) bestätigtes Datum	58° 17' N 09° 36' 45" E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	2.121 t (Summe beider Frachten); Röhn: 1.500 t (3)	BMAD	wahrscheinlich südwestlich von Arendal gesunken (6); (3) bestätigt Skagerrak	(4), (3), (6), (10), (13)	(10) bestätigt Datum sowie Position südwestlich von Arendal; Röhn: 1.778 BRT (3), (6) & (13)
48	Deutschland	08.09.1946	58° 17' N 09° 36' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch		BMAD	In der Schiffsliste von (6) nicht enthalten	(4), (6)	-
49	Eider (MV) (in manchen Dokumenten als "Ida" angegeben); laut (9) auch "Sperrbrecher 36"	12.10.1946; 15.10.1946 (9); 12.04.1946 (3) & (13)	58° 17' N 09° 38' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	5.000 t; 3.000 t (3); 3.645 taw (3); 3.288 BRT (13)	BMAD	"gesunken im Skagerrak"; (3), (6) & (10) bestätigten Skagerrak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (3), (6), (9), (10), (13)	-
50	Ludwigshafen; "Ludwigshafen" (3), (6) & (13)	12.10.1946; 12.12.1946 (13)	58° 17' N 09° 38' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch; (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	1.721 t; 1.500 t (3); 1.923 BRT (13)	BMAD	von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (3), (6), (10), (13)	Schiffsliste (3) & (10) bestätigen den 12.10.1946
51	Empire Severn (Läger) Z 29; laut (9) & (13) Zerstörer	12.10.1946	58° 18' 30" N 09° 37' E	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal)	chemisch	4.700 t; 6.681 BRT (6)	BMAD	von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (6)	-
52		16.12.1946	57° 52' N 06° 15' E	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	chemisch (6) & (13)	"Verdrängung" 2.657 t	US Navy (13); (AMAD (X))	im Skagerrak versenkt; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(6), (9), (13)	(9) & (13) bestätigt Versenkung im Skagerrak; (13) bestätigt Datum
53	Monte Pascoal (alias "Pascal"); "Monte Pascal" (13)	21.12.1946 (?); (8) bestätigt; 31.12.1946 (3) & (13)	58° 07' N 58° 10,31' N	Ostl. Skagerrak Nordaustgang Kattegat (westl. Lysekil)	chemisch (8); (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	8.000 t (3); 3.000 t (8); 10.895 taw (3); 13.870 BRT (13)	BMAD	von (6) als "Gasschiff" deklariert; (3) bestätigt Skagerrak	(4), (3), (6), (8), (13)	(6) bestätigt Position
54	Torpedoboot T-(Z) 63; "Torpedojäger T 63" (6)	21.12.1946 (?)	-	Ostl. Skagerrak Nordaustgang Kattegat (westl. Lysekil) (?)	chemisch (?); (6) bestätigt chemisch	"Verdrängung" 2.566 t	BMAD	"gesunken im Skagerrak"; (6) bestätigt Skagerrak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(4), (6)	-

5.3.4 Amerikanische & britische Versenkungsaktivitäten 1947 und 1948

In den Jahren 1947 und 1948 wurden durch die USA laut [BRANKOWITZ 1989] sowie [US ARDEC 2001] folgende Mengen an Kampfmitteln im Skagerrak versenkt:

- Am 06. Juni 1947 wurden etwa 4.064 t (4.000 long tons) an deutschen Beutekampfmitteln im Rahmen der Versenkungsaktion *Davy Jones Locker 6* in 725 m Wassertiefe auf der Position 58° 15' N und 09° 30' E an Bord der „*James Sewell*“ im Skagerrak versenkt.
- Am 20. Juni 1947 versenkten die USA auf der Position 58° 16' N und 09° 33' E etwa 3.048 t (3.000 long tons) an deutschen Kampfmitteln an Bord der „*James Harrod*“ im Rahmen von *Davy Jones Locker 7* in 665 m Wassertiefe.
- Am 30. Juni 1947 wurden weitere etwa 1.016 t (1.000 long tons) an deutschen Beutekampfmitteln unbestimmter Art auf der Position 58° 18' N und 09° 38' E mit der „*George Hawley*“ im Rahmen von *Davy Jones Locker 8* in 685 m Wassertiefe versenkt.
- Am 18. Juli 1947 erfolgte dann auf der Position 58° 15' N und 09° 30' E die laut der genannten Quellen letzte amerikanische Versenkung im Skagerrak von etwa 6.096 t (6.000 long tons) an deutschen Kampfmitteln und Kampfstoffen an Bord der „*Nesbit*“ im Rahmen der Versenkungsaktion *Davy Jones Locker 9* in 580 m Wassertiefe.

Insgesamt wurden somit durch die USA in den Jahren 1947 und 1948 mindestens weitere 14.200 t an deutschen Beutekampfmitteln im Skagerrak versenkt. Auch hier ist davon auszugehen, dass der größte Teil davon chemische Kampfmittel bzw. Behälter mit unverfüllten chemischen Kampfstoffen darstellte.

Seitens des BMAD wurden gemäß nachfolgender Tabelle 21 nur zwei weitere Schiffe im Skagerrak versenkt. Diese Versenkungen umfassten etwa 13.000 t chemischer Kampfmittel.

Ungeklärt bleibt die Versenkung der mit 2.500 t chemischen Kampfmitteln beladenen „*Helgoland*“ 1948, da hier auf Basis der ausgewerteten Quellen keine Zuordnung zur BMAD oder AMAD möglich ist.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 21: Amerikanische und britische Versenkungsaktivitäten 1947 & 1948

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1947										
55	Dessau	April 1947 (?); laut (3), (10) & (13) 17.05.1947	-	Zentrales Skagerak (südl. Arendal) (?)	chemisch (?); (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	8.000 t (3); 8.235 taw (3); 5.933 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 9" (?); vollständig geladen vor dem 20.02.1947	(4), (3), (6), (10), (13)	laut (6): Nordsee (wahrscheinlich "außerhalb Helgoland")
56	Schwabenland; (3) & (13) bestätigten Namen	06.06.1947; laut (10) & (13) am 31.12.1946 versenkt	58° 07' N 58° 10,22' N	Ostl. Skagerak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	chemisch (?); (3), (6) & (13) bestätigten chemisch	5.000 t (3); 8.631 BRT (3); 8.188 BRT (13)	BMAD	Teil des Konvois "CW 10" (?); Beladefahen Ernden (13)	(4), (3), (6), (10), (13)	(3) bestätigt 06.06.1947; laut (10) "Schwabensland", hierbei handelt es sich aber wohl um einen Schreibfehler
57	James Sewell	06.06.1947	58° 15' N	Zentrales Skagerak (südl. Arendal)	chemisch	4.064 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 6	(5), (6), (7), (12)	(12) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefähre Position
58	James Harrod	20.06.1947	58° 16' N 58° 10' N	Zentrales Skagerak (südl. Arendal)	chemisch; (6) bestätigt chemisch	3.048 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 7	(5), (6), (7), (12)	(12) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefähre Position
59	Georg(e) Hawley	30.06.1947	58° 18' N 58° 18,5' N	Zentrales Skagerak (südl. Arendal)	chemisch; (6) bestätigt dies	1.016 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 8	(5), (6), (7)	(12) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefähre Position
60	Nesbit(t)	18.07.1947	58° 15' N 58° 18' 05" N	Zentrales Skagerak (südl. Arendal)	chemisch	6.096 t chemische Kampfmittel und reiner Kampfstoff	AMAD	"Deutsches Beutematerial"; Davy Jones Locker 9	(5), (6), (7), (12)	(12) bestätigt die Angaben zu Versenkungsdatum, Wassertiefe sowie ungefähre Position
1948										
61	Helgoland	1948 versenkt	-	Zentrales Skagerak (südl. Arendal) (?)	chemisch (3) & (6)	2.500 t (3); 2.947 t BRT (3)	-	wahrscheinlich im Skagerak versenkt; (6) bestätigt Skagerak; von (6) als "Gasschiff" deklariert	(9), (3), (6)	(3) bestätigt 1948

5.3.5 Nicht zuzuordnende Wracks & weitere offene Fragen

Nachfolgende Tabelle 22 listet weitere 13 Schiffe, deren Versenkung im Bereich des Skageraks zwar als sehr wahrscheinlich angesehen werden kann, aber nicht eindeutig durch weitere Quellen belegbar war. Im Kontext der amerikanischen Versenkungen sind eben diese Schiffe, insbesondere die „*Arthur Seawall*“ von großem Interesse, fehlen hier doch für die massiven Versenkungsaktivitäten u.a. bis Dezember 1945 nahezu jegliche konkrete Schiffsnennungen. Siehe hierzu auch das entsprechende Unterkapitel 5.3.2 sowie die Zusammenfassung in Kapitel 5.3.7.

Tabelle 23 listet abschließend eine Anzahl an Schiffen, die mitsamt den an Bord befindlichen deutschen Kampfmitteln u.a. in der Biskaya versenkt wurden. Diese Listung ist insbesondere im Kontext der mannigfaltigen Spekulationen um den Verbleib vieler Schiffe im Rahmen der alliierten Versenkungstätigkeiten, aber auch bezüglich der Gesamtbilanzierung versenkter Kampfmittelmengen von Relevanz.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 22: Im Skagerrak lokalisierte sowie dort vermutete Schiffwracks mit konv. und chem. Kampfmittelbeladung

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position		Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details		Quellen	Eigene Bemerkungen
			57° 52' N	06° 15' E					als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt		
62	Brandenburg	-	-	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (?)	174 BRT	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
63	Bremse	-	57° 52' N	06° 15' E	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	chemisch (?)	"Verdrängung" 796 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	evtl. irrtümlich übersetzt: es könnte sich hierbei um die bei Bornholm für Verklappungen eingesetzte "Brake" Mai 1947 bis Jan 1948 handeln (englische Übersetzung des dt. Begriffs "Bremse") (2)
64	Erika Schünemann	-	-	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (?)	1.177 BRT	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
65	F 192	-	58° 08' N	10° 52' E	Ostl. Skagerrak Nordausgang Kattegat (westl. Lysekil)	chemisch (?)	"Verdrängung" 240 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
66	Herbert Norkus	-	-	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (?)	"Verdrängung" 1.750 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
67	KSB 13; (evtl. falsch als KSB 1 benannt)	-	-	-	Zentrales Skagerrak (südl. Arendal) (?)	chemisch (?)	"Verdrängung" 1.724 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
68	Minenräumer M 280 (TS 14)	-	57° 40' N	06° 30' E	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	chemisch (?)	"Verdrängung" 775 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
69	Torpedoboot T 21	-	57° 52' N	06° 15' E	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	chemisch (?)	"Verdrängung" 1.098 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6)	-
70	Torpedoboot T 37	-	57° 40' N	06° 30' E	Südspitze Norwegen (südl. Lista)	chemisch (?)	"Verdrängung" 2.190 t	-	als "Gasschiff" deklariert	im Skagerrak versenkt	(6), (9)	-
71	Habicht	-	-	-	Skagerrak (?)	chemisch	2.200 t angeh.; 1.300 taw; 1.577 BRT	-	Argo Reederei, Bremen	Beladefahfen Kiel	(3)	-
72	Kindersley	-	-	-	Nordsee (wahrscheinlich "außerhalb Helgoland")	chemisch	1.999 BRT	-	als "Gasschiff" deklariert	-	(6)	"Nordsee" als Angabe zur Versenkung entspricht in fast allen Fällen der Südspitze Norwegens
73	Arthur Seawall	25.05.1946 (3)	58° 16' N	9° 33' E (?) (3)	Nordsee (wahrscheinlich "außerhalb Helgoland"); (3) besagt Skagerrak (Arendal-Region)	chemisch; (3) bestätigt chemisch	7.176 BRT	AMAD	von (6) als "Gasschiff" deklariert; (3) nimmt von UK genutztes Versenkungsgebiet an	von Bremerhaven aus geschleppt	(6), (3)	"Nordsee" als Angabe zur Versenkung entspricht in fast allen Fällen der Südspitze Norwegens
74	William L. Marcy	-	-	-	Nordsee (wahrscheinlich "außerhalb Helgoland")	chemisch	7.176 BRT	-	als "Gasschiff" deklariert	-	(6)	"Nordsee" als Angabe zur Versenkung entspricht in fast allen Fällen der Südspitze Norwegens

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 23: Sonstige relevante Schiffwracks, deren Verbleib außerhalb des Skagerraks vermutet wird

Lfd. Nr.	Name des Schiffes	Datum der Versenkung	Geographische Position	Ungefähre geographische Einordnung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber / Ausführender Allierter	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
1	Kersten Miles	06.05.1945	-	Biskaya	chemisch	5.000 t; 8.470 tdw; 4.947 BRT	-	Hanseatische Rederei E. Offen & Co. Lübeck	(3)	-
2	Dora Oldendorff	13.10.1946 (3); 05.02.1947 (4)	47° 40' N 09° 22' W (6)	Nörtl. Biskaya (6); (3) & (10) bestätigten Biskaya	chemisch (3)	3.000 t (3); 4.025 tdw (3); 2.729 BRT (3)	-	Beladefahen Kiel (3)	(3), (4), (6), (10)	-
3	Haym Fritzen; "Hamm Fritzen" (6)	März 1948	47° 55' N 08° 58' W (6)	Biskaya	chemisch	5.000 t; 4.818 BRT	-	Johns. Fritzen & Sohn, Emden	(3), (6)	-
4	Philipp Heineken	24.07.1948 (7) & (12)	62° 57' N 01° 32' E (6), (7) & (12)	Atlantik (zw. Nordspitze Schottland und Norwegen) (7) & (12)	chemisch (3), (6) & (13)	2.000 t (3); 2.550 tdw (3); 2.043 BRT (3); 2.042 BRT (13)	BMAD (13)	laut (3) im Skagerrak versenkt am 27.07.1948; (13) bestätigt dieses Datum	(3), (6), (7), (12), (13)	Quellen (7) & (12) beruhen evtl. auf selber Primärquelle; (3) & (13) scheinen sehr gut recherchiert
5	Hagen	Aug. 1948	-	Biskaya	chemisch	5.000 t; 5.988 BRT	-	Hamburg - Amerika Linie, Hamburg	(3)	-
6	Margo	-	47° 36' N 09° 31' W	Nörtl. Biskaya	chemisch	1.377 BRT	-	von (6) als "Gasschiff" deklariert	(6)	-
7	Vogtland	-	-	Nordatlantik	chemisch	4.969 BRT	-	von (6) als "Gasschiff" deklariert	(6)	-

5.3.6 Versenkungsaktivitäten Frankreichs

Hinsichtlich der Durchführung von Versenkungsmaßnahmen auf französischer Seite liegen in der verfügbaren Literatur kaum Hinweise vor. Dies mag insbesondere an der doch sehr geringen Menge an chemischen Kampfmitteln liegen, die im frz. Sektor nach Kriegsende aufgefunden wurde und durch [HELCOM 1994] sowie [RUSFED 1993] auf 9.100 t bzw. 9.500 t beziffert wird.

Die einzige bekannte Versenkungsfahrt aus der französischen Zone beschreibt [JÄCKEL 1971]: Demnach wurde im November 1947 der deutsche Dampfer „*Werner II*“ in Lübeck mit 1.332 t „Reizgasgranaten“ aus der frz. Besatzungszone beladen und über Kiel nach Frederikshavn in Dänemark gebracht. Von dort aus wurden laut Aussage von Augenzeugen die Kampfmittel in ein- bzw. mehrtägigen Versenkungsfahrten vernichtet, vermutlich in der Norwegischen Rinne (also dem Skagerrak). Der deutsche Kapitän der „*Werner II*“ durfte auch hierbei nicht selbst navigieren, dies übernahm ein französischer Offizier.

Aufgrund eines Unfalls bei der genannten Versenkungsaktion durch ausfließenden Kampfstoff bestehen Hinweise darauf, dass es sich bei den „Reizgasgranaten“ zumindest in Teilen auch um Senfgas bzw. Loste im Allgemeinen gehandelt haben kann [JÄCKEL 1971].

Weitere Versenkungsaktivitäten seitens Frankreichs sind nicht bekannt. Allerdings gibt es in den amerikanischen und britischen Quellen Hinweise darauf, dass Kampfmittel aus der französischen Besatzungszone bei britischen und amerikanischen Aktivitäten mitversenkt wurden.

5.3.7 Fazit zu den Versenkungsaktivitäten der „Westmächte“

Unklare Kampfmittelmengen, Kampfstoffarten und Anzahl der versenkten Schiffwracks

Die Datenlage bezüglich der Versenkungen der alliierten Westmächte im Skagerrak wird bereits im entsprechenden Untersuchungsbericht von Kurt Jäckel [JÄCKEL 1971] für das Bundesministerium der Verteidigung kritisiert, bis heute hat sich an diesem Umstand nichts geändert. Entsprechende Zeitdokumente wurden unter anderem bereits in den Kriegsjahren teilweise vorsätzlich zerstört, was auch [MOD UK 1993] bemängelt.

Stellt man jedoch anhand der verfügbaren deutschen, britischen und amerikanischen Quellen und der vorangehenden Ausarbeitungen entsprechende Zahlen gegenüber, so ergibt sich folgendes Bild:

- Die USA haben laut belastbarer Quellenangaben 116.000 t an chemischen Kampfmitteln bereits 1945 im Skagerrak versenkt, insgesamt beläuft sich die Gesamtmenge der hier versenkten Kampfmittel (chemisch & konventionell) auf mehr als 140.000 t. Offiziell aufgefunden und entsprechend deklariert wurden nach Ende des Zweiten Weltkrieges aber nur 93.995 t chemischer Kampfmittel, nach russischen Angaben wurden 104.500 t im amerikanischen Sektor aufgefunden. Informationen zu den genutzten Transportkapazitäten 1945 fehlen praktisch völlig, insbesondere was den Einsatz von unbenannten Schiffsrümpfen und sogenannter Zementboote angeht. Den Jahren 1946 und 1947 konnten belastbar insgesamt 11 Schiffe mit einer Gesamtladungssumme von etwa 30.000 t zugeordnet werden.
- Großbritannien hat auf Basis der vorangehenden Ausarbeitungen insgesamt etwa 155.000 t an Kampfmitteln im Skagerrak versenkt, davon den größten Teil in Form chemischer Kampfmittel. Gestützt auf Zeugenaussagen sind im Rahmen britischer Versenkungen weitere 23.000 t chemischer Kampfmittel bei Bornholm vernichtet worden, hierfür konnten aber keine weiteren Belege gefunden werden ⁽⁵⁴⁾. Offiziell aufgefunden wurden im britischen Sektor 122.508 t chemischer Kampfmittel, nach russischen Angaben 126.700 t. Der genannten Tonnage an versenkten Kampfmitteln konnten 35 Schiffe belastbar zugeordnet werden.
- Die Versenkungen Frankreichs sind in Relation zur relevanten Gesamtmenge als marginal zu betrachten, etwa 1.300 t gelten als gesichert, etwa 3.000 t sollen von britischer Seite im Rahmen der eigenen Maßnahmen mitversenkt worden sein. Offiziell nach Ende des Zweiten Weltkrieges aufgefunden wurden im französischen Sektor 9.100 t, nach russischen Angaben 9.500 t.

⁵⁴ Basierend auf Ausführungen von [THAMM 2002] wurden durch britische Dienstgruppen 23.445 t an Marinekampfmitteln (u.a. Torpedos, Grundladungen sowie Zündsysteme und Geschützmaterial) über Kiel verschifft und in der Ostsee versenkt. Es könnte sich hierbei um die vermeintlichen chemischen Kampfmitteln handeln, was wiederum das britische „Dementi“ stützt, man habe keinerlei Erkenntnisse über eigene Versenkungen von chemischen Kampfmitteln in der Ostsee.

- Für Forschungszwecke und Reparationsleistungen wurden signifikante Mengen des deutschen Arsenal an chemischen Kampfmitteln in die Länder der Alliierten verbracht. Diese Mengen belaufen sich auf mindestens 48.000 t der insgesamt in Nachkriegsdeutschland offiziell aufgefundenen 296.103 t an chemischen Kampfmitteln und noch unverfüllter Kampfstoffe (vgl. hierzu Kapitel 4.3.3). Über nach Russland verbrachte Beutemengen sind keine belastbaren Zahlen verfügbar (vgl. Kapitel 5.2).
- Die Versenkungen im Rahmen der Tripartite Naval Commission im Skagerrak, denen 13 Schiffe belastbar zugeordnet werden konnten, umfassten nach ursprünglichen Aussagen britischer Quellen nur die reine Versenkung der betroffenen Schiffe, nicht aber eine Mitversenkung chemischer Kampfmittel. Auf Basis neuerer Untersuchungen wurde diese Aussage relativiert. Einem Großteil dieser Schiffe ist aufgrund verschiedener, unabhängiger Quellen eine Beladung mit chemischen Kampfmitteln zu unterstellen. Konkrete Mengenangaben sind nicht verfügbar.
- 15 der 74 im Rahmen der vorliegenden Arbeit gelisteten und im Skagerrak bestätigt versenkten oder dort vermuteten Schiffe konnten keiner der alliierten Organisationen belastbar zugeordnet werden. Nach Einschätzung des Autors könnte diesen Schiffen eine Gesamtladekapazität von weiteren etwa 25.000 bis 30.000 t unterstellt werden.
- Über die landbasierte, direkte Vernichtung unverfüllter chemischer Kampfstoffe in den Sektoren der Westmächte sind abgesehen von den in [DBT 1995] enthaltenen Informationen keine belastbaren Zahlen bekannt (siehe Kapitel 4.3.3).
- Auf Basis intensiver Recherchen konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit insgesamt 74 Schiffe recht belastbar den Versenkungsaktivitäten im Großraum Skagerrak zugeordnet werden, die sich lokal folgendermaßen auf die unterschiedlichen Versenkungsgebiete verteilen (vgl. hierzu Abbildung 16):
 - 7 Wracks im Bereich der Westspitze Norwegens bei Lista (Gebiet 1)
 - 43 Wracks im Bereich Arendal/Kristiansand (Gebiet 2 & 3)
 - Sowie 19 Wracks im Kattegat bzw. Masekaer-Bereich (Gebiet 4)
 - 5 Wracks konnten zwar dem „Skagerrak“, nicht aber eindeutig einem der genannten Teilgebiete zugeordnet werden
- Vergleicht man die erarbeiteten Informationen mit den „offiziellen Zahlen“ (maximal 60 Schiffwracks im Großraum Skagerrak versenkt; laut [FFI 2002] 45 als wahrscheinlich angenommen, davon 36 im Bereich Arendal und 9 im Masekaer), wird klar deutlich, dass hier noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Dies bekräftigt auch der Bericht des norwegischen Verteidigungsministeriums [FFI 2002], in dessen Kontext nur 15 Wracks bei Arendal identifiziert werden konnten.

Spekulationen und berechtigte Zweifel

[JÄCKEL 1971] zitiert aus einem Zeitdokument „Durchführungsbestimmungen für die Versenkung der C.W.-Munition“, erlassen von „Royal Headquarters, Schleswig-Holstein“ mit Datierung vom 07.01.1946: Hierin werden unter „Vorbemerkungen“ ungefähr „200.000 t zu versenkender Munition der chemischen Kriegsführung“ genannt, die „im tiefen Wasser des Skagerrak unbrauchbar zu machen“ sind. [JÄCKEL 1971] betont, dass dies einer von zwei derartigen Hinweisen auf eine Menge von 200.000 t zu versenkender chemischer Kampfmittel sei, wobei aber offenbleibe, ob es sich nur um Bestände der britischen Besatzungszone oder aller Besatzungszonen handele. Ein Indiz für eine real wesentlich höhere Menge an im Skagerrak versenkte chemische Kampfmittel sind auch eigene Listungen von Jäckel, in denen er alleine bei 36 betrachteten Schiffen eine Summe von 155.425 t an mitversenkten, chemischen Kampfmitteln angibt. Diese 36 Schiffe umfassen aber weniger als die Hälfte der Anzahl, die dort aktuell zu vermuten ist. Zudem sind laut [JÄCKEL 1971] auch signifikante Mengen an konventionellen Kampfmitteln im Skagerrak versenkt worden, insbesondere sogenannte „HE-Munition“, also hochbrisante Munition.

Hinsichtlich der durch die USA und Großbritannien versenkten Mengen und qualitativer Beschaffenheit der Kampfmittel gibt es in der vorhandenen Literatur – wie auch über die russischen Versenkungsmaßnahmen – mannigfaltige Spekulationen. Oftmals scheitern diese Spekulationen augenscheinlich bereits an der schon angesprochenen Verwechslung bzw. dem synonymen Gebrauch der Begriffe „chemische Kampfstoffe“ und „chemische Kampfmittel“.

Dennoch sind Bedenken hinsichtlich der offiziell durch Großbritannien und die USA deklarierten Mengen an versenkten Kampfmitteln auf Basis der Ergebnisse der vorausgehenden Auswertungen grundsätzlich nicht ungerechtfertigt: Dies betrifft insbesondere die Anzahl und Ladungen der versenkten Schiffe, aber gerade auch den Umgang mit sogenannten „ship-only“-Versenkungen durch die „Tripartite Naval Commission“, deren Aufgabe die reine Demilitarisierung Nachkriegsdeutschlands war und u.a. in der Versenkung von deutschen Kriegsschiffen lag. Nach Angaben der amerikanischen und britischen Quellen wurden diese Versenkungen zwar ebenfalls in den für die Kampfmittelversenkungen vorgesehenen Bereichen des Skagerrak und Masekaer durchgeführt, die Schiffe vor der Versenkung allerdings – mit wenigen eingeräumten Ausnahmen – nicht mit Kampfmitteln beladen [MOD UK 1993]. An diesen Ausführungen bestehen aufgrund der im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Quellen erhebliche Zweifel. Schiffe für die Kampfmittelversenkungen waren nach eigenen Angaben britischer und amerikanischer Stellen zeitweise nur schwer zu beschaffen, oftmals mussten bereits akquirierte Schiffe an Alliierte abgegeben werden, um deren Transportkapazitäten überhaupt sicherzustellen. Auch die Briten gaben laut eigener Angaben Schiffe an andere Alliierte ab, die zuvor für ihre Versenkungsmaßnahmen im Kontext chemischer Kampfmittel angedacht waren [MOD UK 1993]. Dies verursachte auch einige Konfusion bezüglich Doppelnennungen von Schiffen in entsprechenden Listen.

Aber auch ohne die Problematik des bestehenden Mangels an Transportkapazitäten wäre eine Nichtnutzung der ohnehin zu versenkenden Schiffskörper aus dem Bestand der deutschen

Marine und der daraus resultierenden nötigen Beschlagnahmung ziviler Schiffe für Kampfmittelversenkungen – abgesehen von rechtlichen Abhängigkeiten – kaum nachzuvollziehen.

Zudem deklarieren unabhängige Quellen (z.B. [JÄCKEL 1971], [THAMM 2002], [FFI 2002], sowie einige vorausgehende norwegische und schwedische Berichte) große Teile der Schiffe eindeutig als „Gasschiffe“ oder geben sogar detaillierte Mengenangaben zu enthaltenen Ladungen mit chemischen Kampfmitteln. Entsprechende Ausweisungen werden durch die darauf eingehenden Berichte der betroffenen Westmächte nicht dementiert, man verweist – wie [MOD UK 1993] – lediglich auf eventuelle Missverständnisse aufgrund der Kennzeichnung der „ship-only“-Schiffe mit einem „C“, was ohne Weiteres versehentlich in einen Zusammenhang mit den Versenkungen chemischer Kampfmittel zu bringen sei sowie dem Fakt, dass diese Schiffe eben in den Kampfmittelversenkungsgebieten mit versenkt wurden und dies eine klare Trennung erschwert.

Hinzu kommen Spekulationen über eine angeblich bestehende Geheimhaltungsvereinbarung zwischen den USA und Großbritannien bezüglich der in der Ostsee versenkten Mengen und Arten chemischer Kampfmittel. Die mögliche Existenz dieser Vereinbarung wurde im Beisein des Verfassers dieser Arbeit im Rahmen eines persönlichen Gesprächs auf dem im Frühjahr 2007 in Berlin stattgefundenen Symposiums zur „Ökologischen Situation der Ost- und Nordsee“⁽⁵⁵⁾ von anwesenden Experten erwähnt. Auch wurde von einer Verlängerung des Stillschweigens im Jahr 1997 um weitere 20 Jahre bis 2017 gesprochen. Im Rahmen der intensiven Nachforschungen bei der Erarbeitung der vorliegenden Dissertation konnte für die Existenz/Nichtexistenz einer solchen Vereinbarung trotz der recht konkreten Aussagen der Anwesenden keine Belege gefunden werden.

Gerade hinsichtlich vorangehender Spekulation um eine Geheimhaltungsvereinbarung zu britischen und amerikanischen Versenkungen in der Ostsee – somit also nicht im Bereich des Skagerraks – sind die Aussagen der britischen und amerikanischen Quellen, chemische Kampfmittel nur im Skagerrak, nicht aber in der Ostsee selbst versenkt zu haben, von Interesse. Laut [BSH 1993] gibt es Hinweise auf durch den BMAD beauftragte Versenkungen von etwa 23.000 t chemischer Kampfmittel südwestlich sowie östlich Bornholms im Jahr 1946 (15.000 t sowie 8.000 t; es wird auch Juli 1947 genannt). Diese Aktivitäten basierten auf „weniger gesicherten“ Zeugenaussagen. Laut Ausführungen von [THAMM 2002] handelte es sich hierbei aber um konventionelle Marinekampfmittel (vgl. hierzu Fußnote 54, Seite 153).

Völlig offen bleibt ohnehin die mögliche Mitversenkung chemischer Kampfmittel aus eigenen, also amerikanischen und britischen Beständen, die prinzipiell denselben Problematiken (Undichtigkeiten, Überschuss, Gefährlichkeit der landbasierten Vernichtungsoptionen etc.) unterworfen waren. Aus strategischen Gründen ist davon auszugehen, dass seitens Großbritanniens und der USA entsprechende Arsenale sukzessive nach „Kontinentaleuropa“ nachgeführt wurden, um auf einen eventuellen Defensivschlag Nazideutschlands reagieren zu können (siehe hierzu insbesondere Kapitel 4). Dies belegt auch der sogenannte „Bari-

⁵⁵ Symposium „Ökologische Situation der Ost- und Nordsee“ am 30./ 31. März 2007 in Berlin; die bei besagtem Gespräch anwesenden Experten sind dem ebenfalls bei diesem anwesenden Autor bekannt, sollen hier aber aus Gründen der Vertraulichkeit nicht namentlich genannt werden.

Zwischenfall“ am 2. Dezember 1943, als durch ein deutsches Bombardement des Hafens Bari (Italien) der mit Senfgas beladene amerikanische Frachter „SS *John Harvey*“ explodierte [BRANKOWITZ 1989]. Diese nachgeführten chemischen Kampfmittel wurden – zumindest teilweise – auch in Europa vernichtet bzw. versenkt (ebenfalls [BRANKOWITZ 1989]). [FRONDORF 1996] nennt als Ursprungsländer der im Skagerrak durch die USA im Rahmen der „*Davey Jones Locker*“-Maßnahmen versenkten, chemischen Kampfmittel neben Deutschland auch die USA, die Sowjetunion, Frankreich, Italien, Tschechoslowakei, die Niederlande sowie Belgien. Offen bleibt, ob es sich hierbei um deutsche Kampfmittel handelte, die in den betreffenden Ländern aufgefunden wurden, oder originär aus diesen stammten. Zumindest seitens der chemischen Kampfmittel aus den USA bestehen diese Zweifel – soweit die Angaben belastbar sind – nicht.

Für konventionelle Kampfmittel sind solche Mitversenkungen in der Nordsee belegt (vgl. z.B. [RAPSCH & FISCHER 2000]). In der bearbeiteten, sehr umfangreichen Literatur fanden sich hierzu – weder zu mit- bzw. nachgeführten chemischen Kampfmittelarsenalen noch zu resultierenden Mitversenkungen im Bereich des Skagerrak und der Ostsee – keine detaillierten Hinweise. Die CADC kümmerte sich laut [MOD UK 1993] aber nicht nur um die deutschen chemischen Kampfmittel in der britischen Zone, sondern auch um Arsenale in Belgien, den Niederlanden und Dänemark unter britischer Kontrolle (welcher Herkunft wird nicht präzisiert) inklusive „gewisser Arsenale“ britischer Überschusskampfmittel, die man versenken wollte.

Eine abschließende Einschätzung und Beurteilung der Versenkungsaktivitäten im Allgemeinen, aber insbesondere hinsichtlich der amerikanischen und englischen Aktivitäten im Skagerrak und der eigentlichen Ostsee ist aufgrund der schwierigen Datenlage selbst nach der vorliegenden Auswertung bisher schwer zugänglicher Literaturquellen kaum oder gar nicht möglich. Die von offizieller Seite – sowohl durch deutsche, aber auch internationale Institutionen – publizierten qualitativen aber insbesondere quantitativen Aussagen umfassen aber sehr wahrscheinlich nur die Mindestmenge dessen, was tatsächlich in den letzten Kriegsmonaten und Nachkriegsjahren im Bereich des Skagerrak und der Ostsee versenkt wurde.

Im Kontext der Versenkungsaktivitäten der „Westmächte“ und insbesondere der oftmals in Literaturquellen beschriebenen, zunächst bestehenden Bedenken hinsichtlich einer Versenkung von chemischen Kampfstoffen bzw. diese enthaltende Kampfmittel, sei darauf hingewiesen, dass laut [MOD UK 1993] zumindest seitens der Briten eine Versenkung konventioneller und chemischer Kampfmittel bereits im Juli 1945 feststand und durch Teile der Armee durch Beschluss des durch Großbritannien für seine Zone eingerichteten „Continental Ammunition Dumping Committee“ (CADC) in ihrem ersten Meeting, entsprechend vorzubereiten war. Die Siegermächte setzten diesen Lösungsansatz laut [JÄCKEL 1971] auch bereits seit Juni 1945, also nur wenige Wochen nach der Kapitulation Deutschlands, um (vgl. hierzu auch [RAPSCH & FISCHER 2000] sowie vorausgegangene Ausführungen zu britischen und amerikanischen Versenkungen im Skagerrak).

Ebenfalls schienen Versenkungspläne seitens der Britischen Marine zunächst darauf abzu zielen, dass „die meisten genutzten Versenkungsstellen in der Ostsee innerhalb Deutscher Ho-

heitsgewässer liegen sollten“ [MOD UK 1993], wofür es aber zumindest auf Basis der vorliegenden Informationen, die britische Kampfstoffversenkungen ausschließlich im Skagerrak verorten, keine Hinweise gibt.

5.4 Listung aller bekannter Ostsee-Versenkungsgebiete

Im Nachfolgenden werden alle im Rahmen der vorliegenden Arbeit festgehaltenen Versenkungsgebiete für chemische und konventionelle Kampfmittel in tabellarischer Form als auch über ein jeweiliges Satellitenbild nochmals geographisch eingeordnet. Diese Ausarbeitungen basieren unter anderem auf dem „Baltic Sea Ordnance Pilot“ [BOP 2000] sowie den beiden sogenannten „Jäckel-Berichten“ ([JÄCKEL 1969] und [JÄCKEL 1971]) für das Bundesministerium der Verteidigung (siehe entsprechende Bemerkungen am Ende dieser Einführung).

Das für die nachfolgenden Abbildungen verwendete Kartenmaterial bzw. die Satellitenbilder beruhen auf der internetbasierten Anwendung „Google Earth“ (<http://earth.google.de>; Version 4.3, April 2008), die entsprechend angepasst wurde.

Die verwendeten Quellen werden in den Tabellen aus Gründen der Übersichtlichkeit durch in Klammern gesetzte Zahlen angegeben, die sich auf folgende Veröffentlichungen und Seekarten beziehen:

- (1) [BSH 1993]
- (2) [JÄCKEL 1969]
- (3) [JÄCKEL 1971]
- (4) [ANDRULEWICZ 1996]
- (5) [BOP 2000]
- (6) [BSH 2006A]
- (7) [BSH 1997]
- (8) [BSH 2006B]
- (9) [BSH 1996]
- (10) [BSH 2005]

Die nicht gesondert gekennzeichneten Inhalte jeder Zeile beziehen sich immer auf die jeweilig erstgenannte Quellenangabe, deren Angaben wurden dann sukzessive jeweils durch Informationen der nachfolgend genannten Quellen ergänzt.

Die in den Satellitenfotos durch „VS“ gekennzeichneten Versenkungsgebiete sind nummeriert und entsprechend mit ihrer Lage und vorhandenen Informationen in den entsprechenden Versenkungsgebiets-Tabellen gelistet. Rot markierte Versenkungsstellen weisen auf bestätigte Versenkungen chemischer Kampfmittel hin, gelbe auf konventionelle Kampfmittel. Bei blau gekennzeichneten Versenkungsstellen liegen keine belastbaren Aussagen hinsichtlich der Art der dort versenkten bzw. befindlichen Kampfmittel vor.

Hinsichtlich der genauen Art und Menge an versenkten Kampfmitteln sind seitens der genutzten Quelle meist keine detaillierteren Informationen gegeben. Eine entsprechende quantitative Zuordnung der in den vorangehenden Kapiteln genannten Kampfmittelmengen ist kaum möglich und bliebe – wie auch eine eindeutige qualitative Aussage chemisch/konventionell – spekulativ.

In diesem Kontext ist aber insbesondere eine Aussage des Deutschen Hydrographischen Instituts (heute „Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie“ (BSH)) in einem in [JÄCKEL 1969] enthaltenen Schreiben vom 22. September 1969 – Betreff „Giftgasmunition in Nord- und Ostsee“ – von großem Interesse: Demnach wird/wurde in den deutschen Seekarten die Bezeichnung „Unrein, Gas“ (Zitat:) *„...nur verwendet, wenn die fremdländischen Originalkarten diese Bezeichnung ebenfalls benutzt haben. Generell beschränken wir uns auf die Bezeichnungen, die oben angegeben sind [„Ehemalige Munitionsversenkungsstelle“ sowie „Unrein, Munition“ - Anm. d. Autors], wobei nicht ausgeschlossen ist, daß unter der Sammelbezeichnung „Unrein, Munition“ auch Gasmunition zu verstehen ist“*.

Diese Information stellt die eher verharmlosende und tendenziell konventionelle Kampfmittel suggerierende Bezeichnung „Unrein, Munition“ und insbesondere deren oftmalige Interpretation durch Behörden und öffentliche Institutionen hinsichtlich eines ausschließlichen Vorhandenseins konventioneller Kampfmittel in den betroffenen Bereichen in Frage. Zur belastbaren Klärung müssten somit alle entsprechenden Versenkungs- und Verdachtsgebiete durch spezifische Untersuchungen vor Ort geprüft werden, eine kategorische „Unbedenklichkeit“ aufgrund angeblich nur vorhandener konventioneller Kampfmittel ist somit ausgeschlossen.

Somit können allerdings auch die entsprechenden qualitativen Aussagen der nachfolgenden Listungen nur orientierenden Charakter haben und geben nur den Informationsstand der ausgewerteten Quellen wieder. An praktisch jeder als „konventionell“ gekennzeichneten Versenkungsstelle wäre somit zumindest potenziell auch mit chemischen Kampfmitteln zu rechnen.

Bemerkungen zu nachfolgenden Abbildungen & tabellarischen Ausführungen

Für die hier vorliegende Version der Arbeit war es in Rücksprache mit dem Bundesministerium der Verteidigung geboten, hinsichtlich der Verwendung des Baltic Sea Ordnance Pilot [BOP 2000] einige Modifikationen in der publizierten Fassung vorzunehmen:

- Maßgeblich hierfür war neben diplomatischer Rücksichtnahme die Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit im Falle eines uneingeschränkten Zugangs zu Daten aus dem Baltic Sea Ordnance Pilot durch ggfs. in strafrechtlich relevanter Absicht handelnder Dritter.
- Der [BOP 2000] wird nachfolgend – bis auf wenige Ausnahmen – als Quelle nur genannt, insoweit die aufgeführten Versenkungsstellen nicht durch anderweitige Quellen belegbar waren. Ist dies der Fall, wurde der [BOP 2000] als Quellenangabe für die spe-

zifische Versenkungs- oder Verdachtsstelle inklusive aller (eventuell ergänzenden) Angaben gelöscht.

- Aus dem Baltic Sea Ordnance Pilot wurden für nachfolgende tabellarische Ausführungen keinerlei geographische Detailangaben übernommen, eine entsprechende grobe Positionierung erfolgt ausschließlich über die entsprechende Nennung des Ostseebereiches in der Spalte „Versenkungsgebiet“, die Spalte „Geographische Lage“ enthält den Vermerk „k. w. N.“ (keine weitere Nennung).

Des Weiteren ist grundsätzlich zu beachten:

- Positionsangaben zur geographischen Lage aus den verwendeten Seekarten des BSH sind nur ungefähre Angaben und geben bei eng begrenzten Versenkungsstellen in etwa die Lage des geographischen Mittelpunktes wieder. Bei größeren Versenkungsgebieten wurde orientierend eine geographische Fläche (Rechteck) angegeben, die die Versenkungsstelle in etwa überspannt. Für detaillierte Positionsangaben wird auf die entsprechenden Seekarten verwiesen.
- Die kreisförmigen Positionsangaben in den dargestellten Google-Earth Satellitenbildern haben ebenfalls nur grob einordnenden Charakter und geben nicht zwangsläufig exakt die geographische Position wieder. Bei größeren Versenkungs- und Verdachtsflächen stellen die gemachten Angaben in etwa den geographischen Mittelpunkt dar. Für detaillierte Positionsangaben wird auf die numerischen Daten in Spalte „Geographische Lage“ verwiesen.
- Im Zuge der nötigen Modifikationen im Kontext der Verwendung des [BOP 2000] fielen auf den hierfür ausgewerteten Seekarten vier Versenkungsgebiete auf, die so in der unveröffentlichten, eingereichten Fassung der vorliegenden Arbeit (und somit den dort verwendeten Quellen) nicht enthalten waren. Es handelt sich um die Versenkungsgebiete VS 4b (im Finnischen Meerbusen) sowie die Gebiete VS 8b bis 8d (Zentrale Ostsee nördlich Gotlands). Diese Versenkungsgebiete wurden der Vollständigkeit halber zwar in den nachfolgenden tabellarischen Ausführungen berücksichtigt, aufgrund der ausschließlichen Belegung über die verwendete Seekarte aber nicht in den dargestellten Satellitenbildern aus der eingereichten Fassung. Insbesondere die „neuen“ Versenkungsgebiete VS 8b ff hätten einer zusätzlichen Abbildung bedurft. Die genannte Vorgehensweise dient dazu, die Abweichungen zwischen eingereichter und publizierter Fassung dieser Arbeit möglichst gering zu halten.

5.4.1 Nördliche Ostsee (Bottnischer & Finnischer Meerbusen)

Das nachfolgende, modifizierte Satellitenbild (Abbildung 25) zeigt die Positionen der für den Bereich der nördlichen Ostsee erarbeiteten Versenkungsstellen:

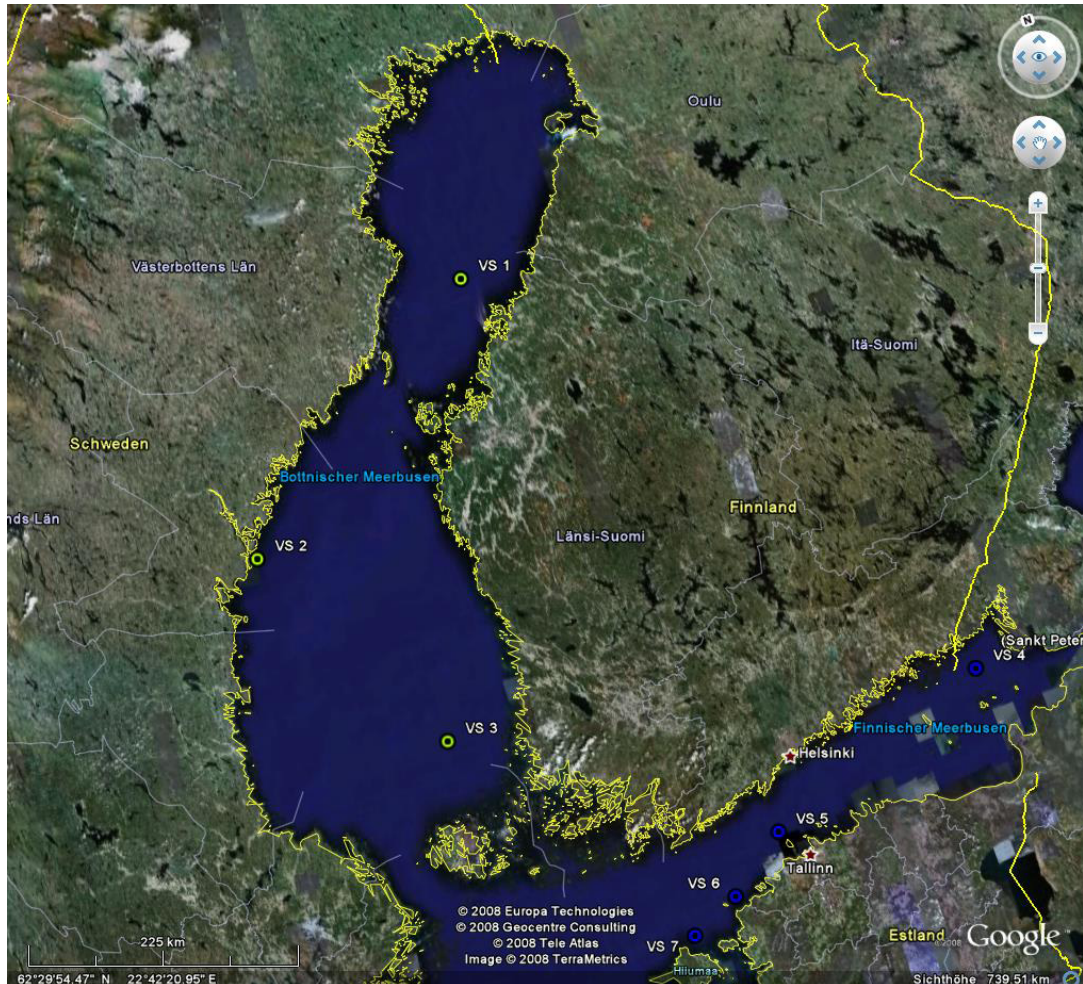


Abbildung 25: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der nördl. Ostsee

Die diesbezüglichen Detailinformationen sind in den nachfolgenden tabellarischen Ausführungen (Tabelle 24) enthalten.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 24: Versenkungsgebiete in der nördlichen Ostsee (Bottnischer & Finnischer Meerbusen)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage	Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
VS 1	Nördliche Ostsee (Bottnischer Meerbusen)	64° 10' N 22° 27' E	-	konventionell	-	-	etwa 17 sm NW-lich Tankar	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 2	Nördliche Ostsee (Bottnischer Meerbusen)	62° 37' N 18° 08' E	-	konventionell	-	-	etwa 2,5 sm NE-lich Hämöklubb	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 3	Nördliche Ostsee (Bottnischer Meerbusen)	61° 01' N 20° 15' E	-	konventionell	-	-	etwa 28 sm NW-lich Isokari	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		61° 01' N 20° 15' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbt."	(9)	-
VS 4a	Nördliche Ostsee (Finnischer Meerbusen)	60° 15' N 27° 58' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbt." sowie "Explosives Dumping Ground"	(10)	-
VS 4b	Nördliche Ostsee (Finnischer Meerbusen)	59° 27' N 27° 55' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbt." sowie "Explosives Dumping Ground"	(10)	-
		59° 41' N 24° 27' E	-	konventionell	-	-	etwa 5 sm NW-lich Najssar	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 5	Nördliche Ostsee (Finnischer Meerbusen)	59° 41' N 24° 28' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbt. (ehem.)"	(10)	evtl. identisch mit vorangehend genannter Versenkungsstelle
		59° 40' N 24° 25' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Explosives Dumping Ground (disused)"	(10)	-
		59° 36' N 24° 33' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Foul (explos) Umr. Mun."	(10)	-
VS 6	Nördliche Ostsee (Ausgang Finnischer Meerbusen)	59° 21' N 23° 35' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbt." sowie "Explosives Dumping Ground"	(10)	-
VS 7	Nördliche Ostsee (Ausgang Finnischer Meerbusen)	k.w.N (*) k.w.N (*)	-	unbekannt	-	Russisches Versenkungsgebiet	Wanggebiet (B 5003)	(5)	-

5.4.2 Zentrale Ostsee & Gotland (Rigaischer Meerbusen bis Westküste Litauens)

Die nachfolgenden, modifizierten Satellitenbilder (Abbildung 26 sowie Abbildung 27) zeigen die Positionen der für den Bereich der zentralen Ostsee erarbeiteten Versenkungsstellen:

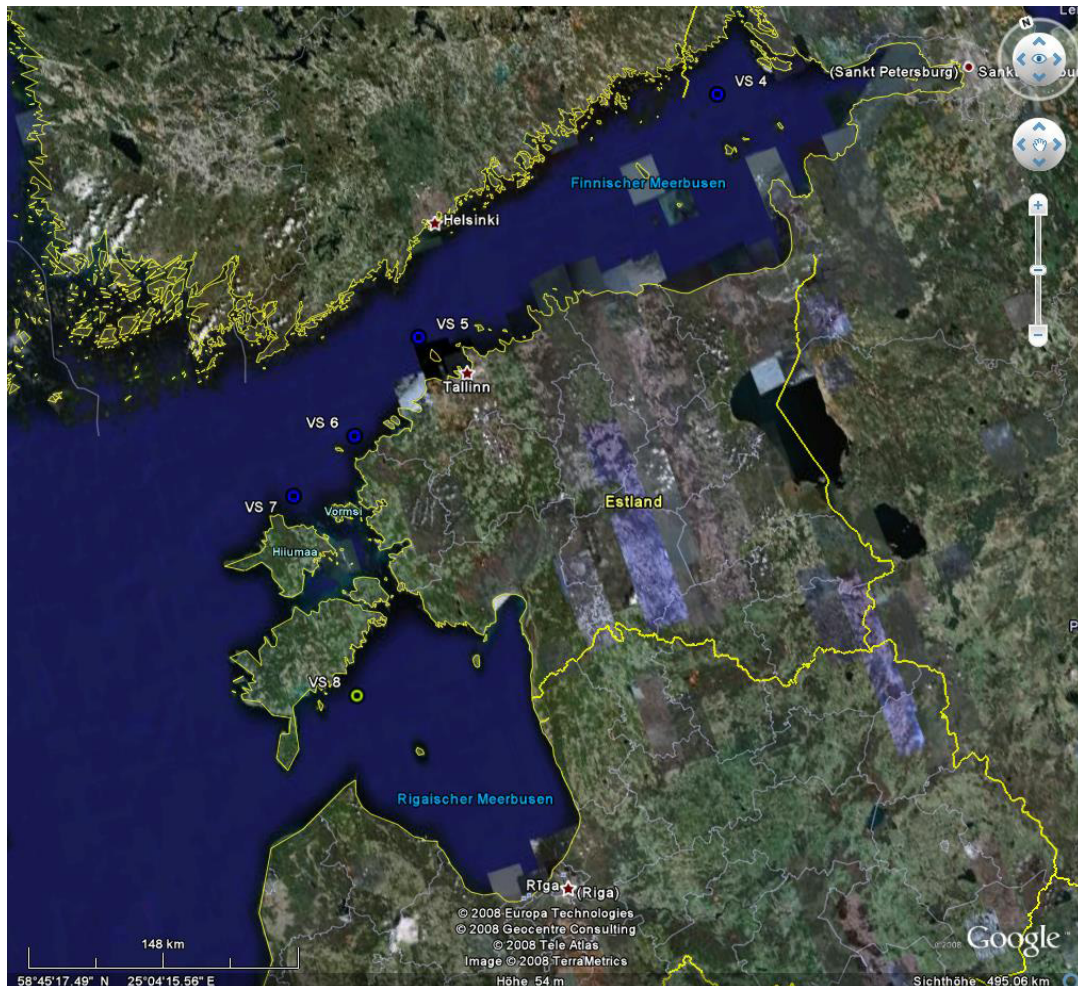


Abbildung 26: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstelle im Rigaischen Meerbusen

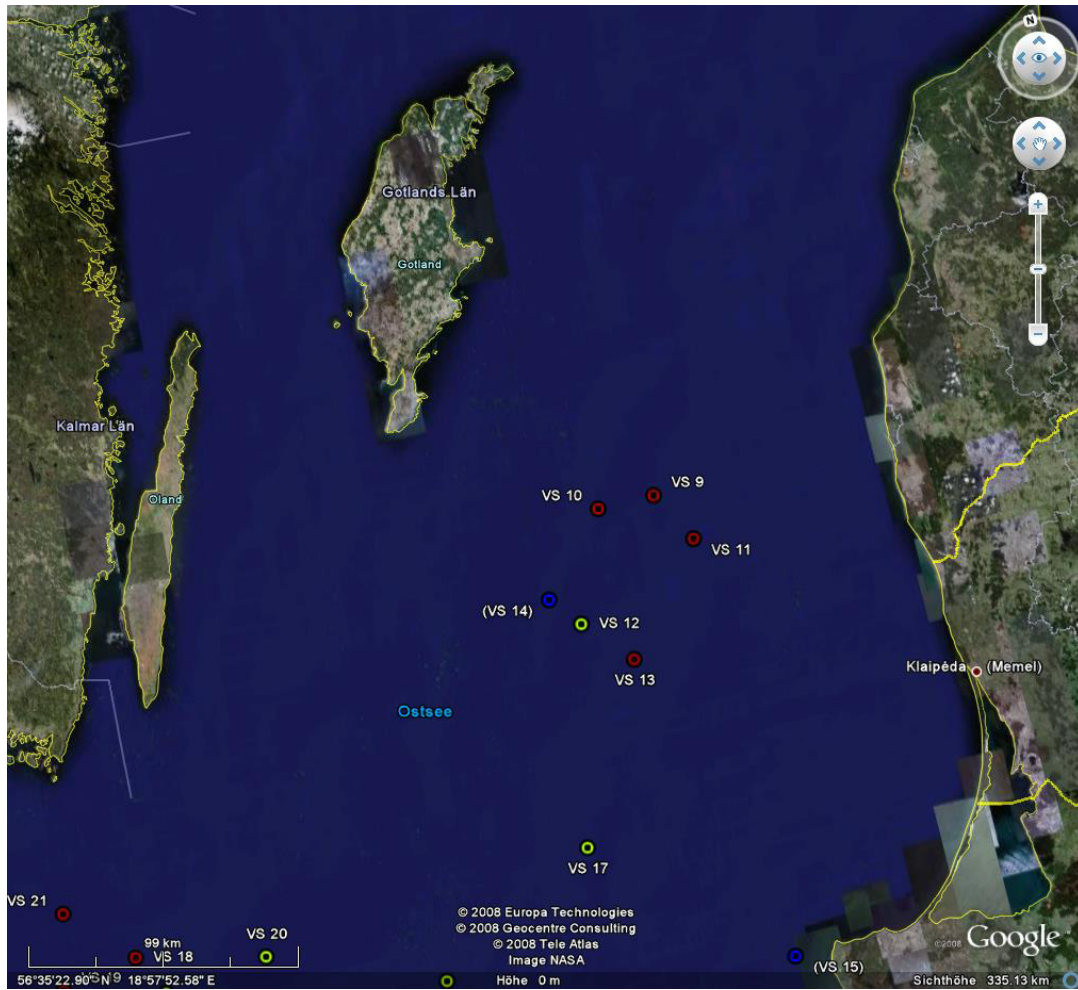


Abbildung 27: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen südlich Gotlands

Die diesbezüglichen Detailinformationen sind in den nachfolgenden tabellarischen Ausführungen (Tabelle 25) enthalten.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 25: Versenkungsgebiete in der zentralen Ostsee und um Gotland (Rigaischer Meerbusen bis Westküste Litauens)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage		Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber	Weitere Details		Quellen	Eigene Bemerkungen
		58° 09' N	22° 52' E					Zentrale Ostsee / Gotland			
VS 8a	Zentrale Ostsee (Rigaischer Meerbusen)	58° 09' N	22° 52' E	-	konventionell	-	-	3 sm O-lich Allriachu	-	(2)	evtl. Verwechslung 58/59? Siehe VS 77 Wamgebiet (B 5003) (6). Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 8b	Zentrale Ostsee (Schwedische Küste nördlich Gotlands)	58° 48' N	18° 39' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbl." sowie "Explosives Dumping Ground"	großräumiges Wamgebiet	(10)	-
VS 8c	Zentrale Ostsee (Schwedische Küste nördlich Gotlands)	58° 41' N	18° 23' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbl." sowie "Explosives Dumping Ground"	-	(10)	-
VS 8d	Zentrale Ostsee (Nordküste Gotlands)	58° 01' N	18° 58' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbl." sowie "Explosives Dumping Ground"	-	(10)	-
VS 9	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 31' N	19° 35' E	-	chemisch ("Gasmunition")	SMAD	SMAD	47 sm W-lich Libau	Transport von Wolgast aus, Transport nach Gotland aufgrund der langen Anfahrt bald "zugunsten" Bornholms eingestellt (2)	(2)	-
		56° 31' N	19° 35' E	-	chemisch			Kennzeichnung "Unrein (Gasmunition)"		(6)	-
VS 10	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 31' N	19° 15' E	-	chemisch ("Gasmunition")	SMAD	SMAD	60 sm W-lich Libau	Transport von Wolgast aus, Transport nach Gotland aufgrund der langen Anfahrt bald "zugunsten" Bornholms eingestellt (2)	(2)	-
		56° 31' N	19° 14' E	-	chemisch			Kennzeichnung "Unrein (Gasmunition)"		(6)	-
VS 11	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 21' N	19° 45' E	-	chemisch ("Gasmunition")	SMAD	SMAD	43 sm SW-lich Libau	Seekarte zeigt an fast identischer Position zwei unterschiedliche Versenkungsgebiete mit Kennzeichnung: "Unrein (Munition)" sowie "Unrein (Gasmunition)"	(2)	-
		56° 21' N	19° 45' E	-	chemisch und konventionell			50 sm SO-lich Hoburg		(6)	-
VS 12	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 10' N	19° 00' E	-	konventionell	-	-	50 sm SO-lich Hoburg	-	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 13	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 01' N	19° 15' E	-	chemisch ("Gasmunition")	-	-	40 sm SO-lich Hoburg	-	(2)	Distanzgabe fraglich, vergleiche vorangehende Verklappungsstelle, die geographisch nördlicher liegt.
(VS 14)	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands)	56° 20' N bis 55° 56' N	18° 38' E bis 19° 31' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Unrein (Munition)"	-	(6)	Großräumiges Wamgebiet umfasst tlw. vorangehend genannte VS südöstlich Gotlands
(VS 15)	Zentrale Ostsee (Südöstlich Gotlands, westlich Westküste Litauens)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Russisches Übungsgebiet	Übungsgebiet (B 2009)	(5)	aufgrund von Blindgängerbelastung hier als potenzielles Versenkungsgebiet berücksichtigt

5.4.3 Südliche Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt)

Die nachfolgenden, modifizierten Satellitenbilder (Abbildung 28 bis Abbildung 33) zeigen die Positionen der für den Bereich der südlichen Ostsee erarbeiteten Versenkungsstellen:

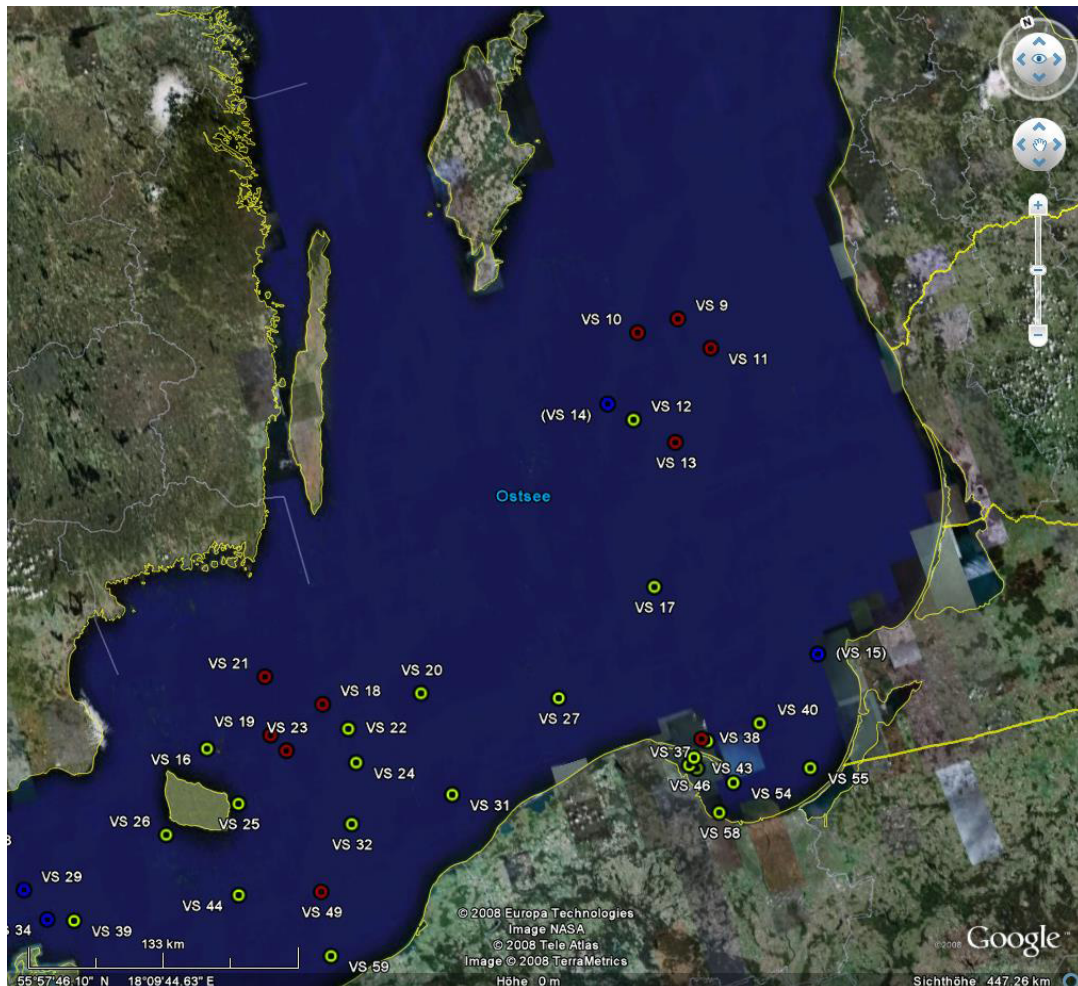


Abbildung 28: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen nördlich Bornholms

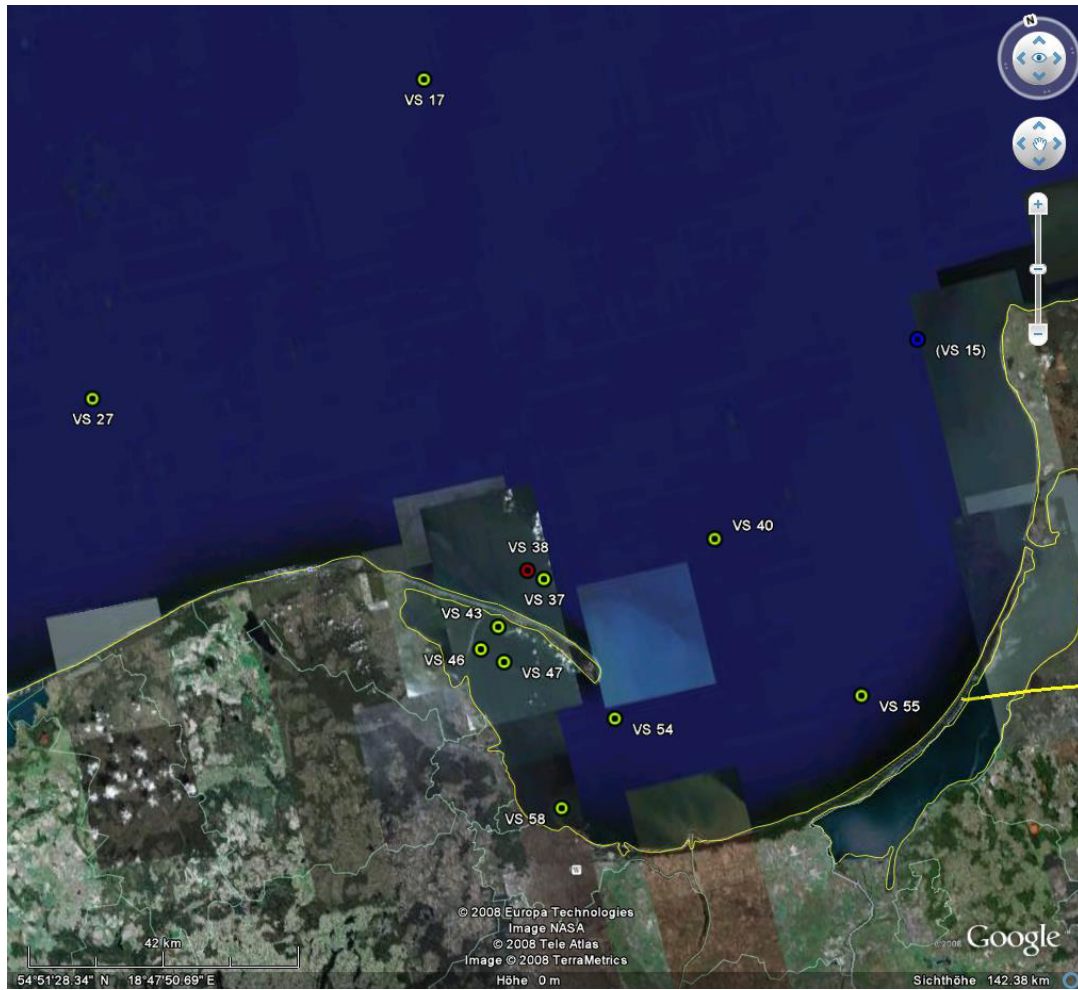


Abbildung 29: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen im Bereich der Danziger Bucht

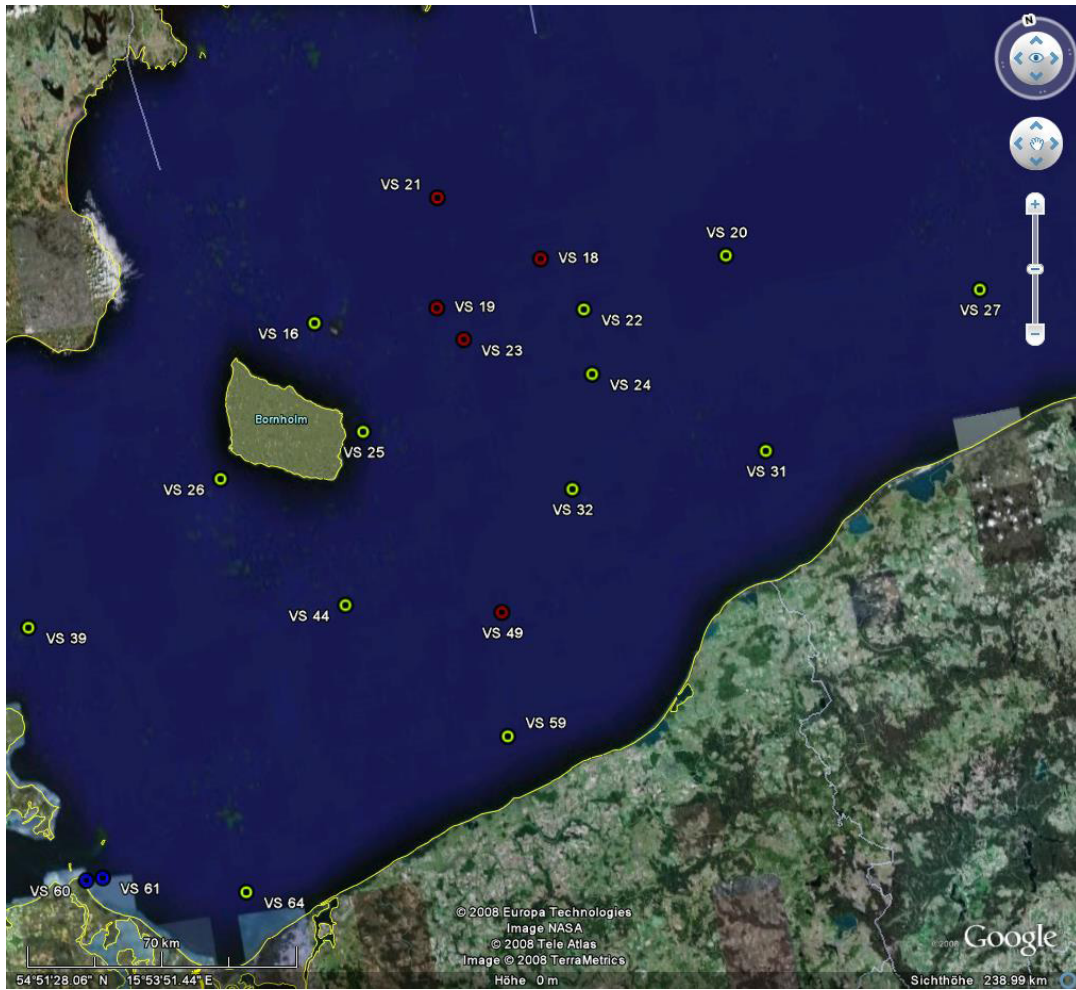


Abbildung 30: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen im Bereich Bornholms

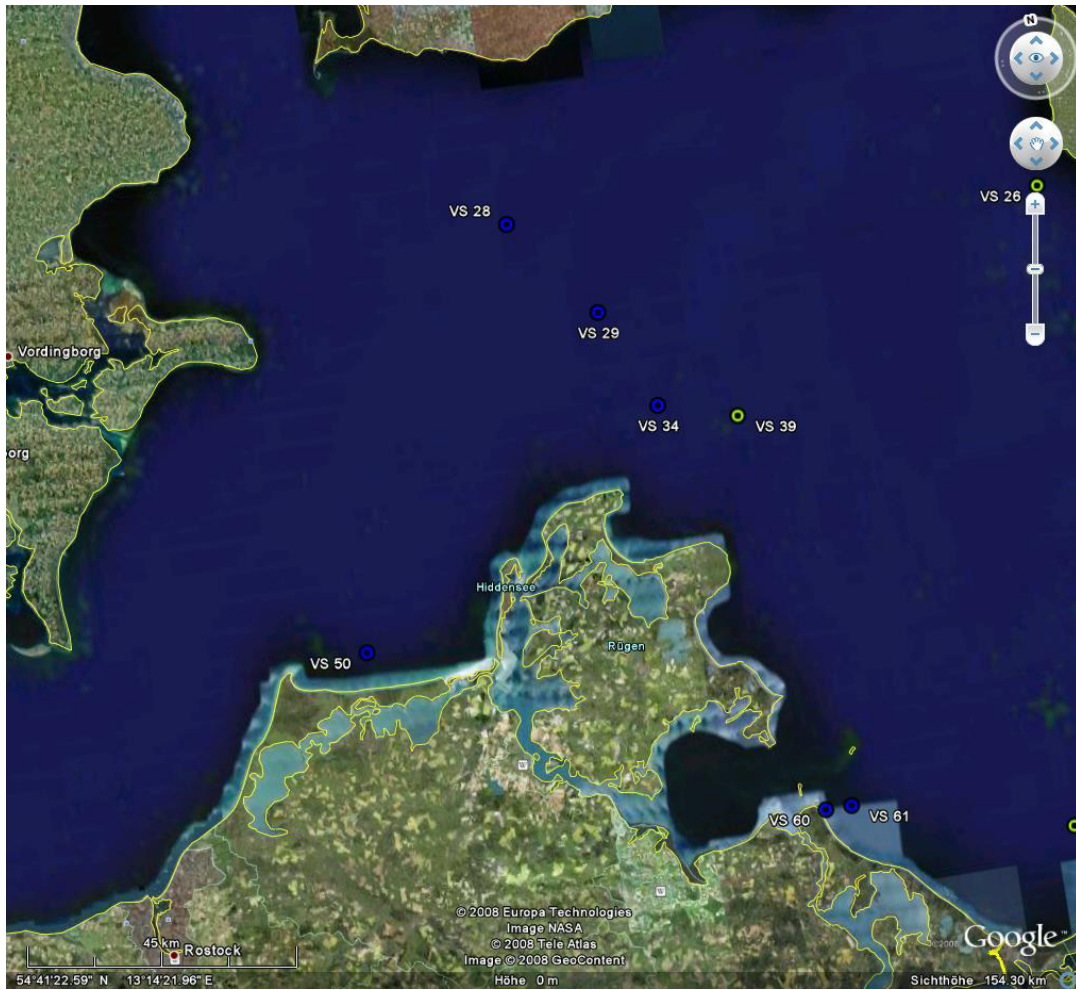


Abbildung 31: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen nördlich Rügens

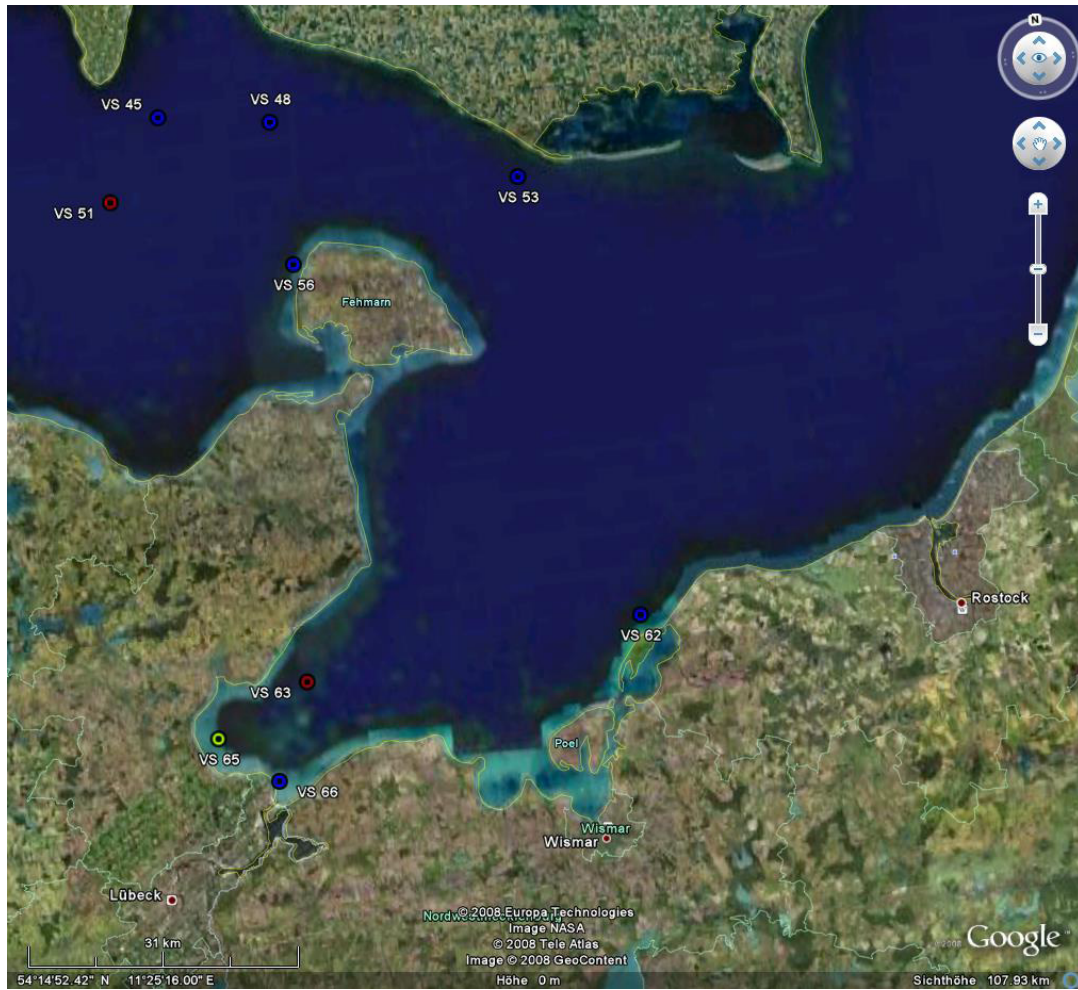


Abbildung 32: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der Lübecker Bucht und um Fehmarn

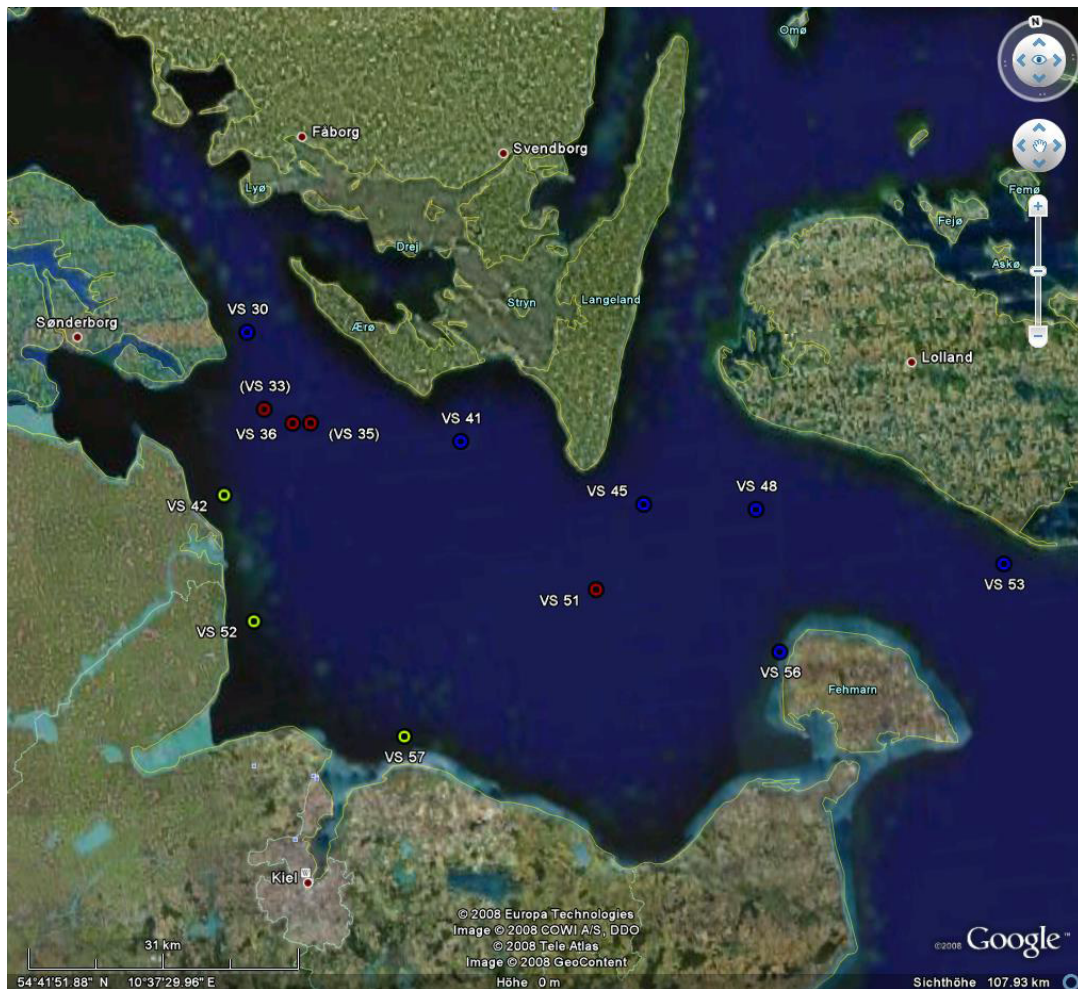


Abbildung 33: Geographische Einordnung der bekannten Versenkungsstellen in der Kieler Bucht und im Kleinen Belt

Die diesbezüglichen Detailinformationen sind in den nachfolgenden tabellarischen Ausführungen (Tabelle 26 bis Tabelle 30) enthalten.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 26: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil I)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage	Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
VS 16	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 35' 00" N 15° 42' 00" E	-	chemisch	-	-	in Berufung auf "Sailor's Newsletter, Gdynia 1948-1970; Institute of Meteorology and Water Management - Maritime Branch in Gdynia, 1994"	(4)	-
		55° 34' N 15° 13' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	(8)	weiterung, sonst keine entsprechende Kennzeichnung von Warngeländen auf betreffenden Seekarten
		55° 32' N 15° 02' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	(6)	
VS 17	Südliche Ostsee (Außenbereich Danziger Bucht)	55° 27' 21" N 18° 44' 30" E	-	konventionell	(Schiffswrack) inklusive einer Ladung Teer/Asphalt ("tar")	-	in Berufung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(4)	-
		55° 21' N sowie 55° 16' N 18° 56' E sowie 19° 10' E	-	unbekannt	-	-	beide Positionen mit Kennzeichnung "Munition"	(6)	weiterung, sonst keine entsprechenden Kennzeichnungen von Warngeländen auf betreffender Seekarte
VS 18	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 24' 00" N 16° 04' 00" E	-	chemisch	-	-	in Berufung auf "Sailor's Newsletter, Gdynia 1948-1970; Institute of Meteorology and Water Management - Maritime Branch in Gdynia, 1994"	(4)	-
VS 19	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 20' 00" N 15° 37' 00" E	-	chemisch	-	-	in Berufung auf "Sailor's Newsletter, Gdynia 1948-1970; Institute of Meteorology and Water Management - Maritime Branch in Gdynia, 1994"	(4)	genannte Position liegt zentral im Bornholmer Versenkungsumgebiet mit Kennzeichnung "Gasmunition" (6)
		55° 19' 30" N 16° 48' 30" E	-	konventionell	Minen	-	in Berufung auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	wahrscheinlich Doppelbenennung
VS 20	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 19' 30" N 16° 48' 00" E	-	konventionell	-	-	in Berufung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(4)	
		55° 19' N 16° 48' E	-	konventionell	Mine	-	Kennzeichnung "Mine"	(6)	entsprechende Seekarte weist nur eine Position aus
VS 21	Südliche Ostsee (Nördlich Bornholms)	55° 21' N 15° 07' E	-	konventionell	-	-	3 sm NW-lich Christiansö	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		55° 21' N 15° 07' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Sperrgebiet"	(6)	
		55° 16' N 16° 12' E	-	konventionell	-	-	45 sm N-lich Jershöft	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 22	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 16' N 16° 12' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	(6)	
		55° 15' N 15° 42' E	-	chemisch ("Gasmunition")	chemisch und konventionell; etwa 36.000 bis 50.000 l chemische KM (Granaten mittleren Kalibers sowie Bomben (50 bis 600 kg), Behälter und 1,5 bis 2 fassende Tankwagen); konventionelle KM-Mengen unbekannt	SMAD	von Wolgast aus; 8 deutsche Boote im Zeitraum Mai 1947 bis Januar 1948 beteiligt; Elbing IV, Elbing VIII, Brake, Odermünde, Christian, Jupiter, Venus sowie Rhein; Kampfmittel teilweise bezündert, Zünder zum Teil gesondert in Kisten versenkt	(2)	-
VS 23	Südliche Ostsee (Nordöstlich Bornholms)	55° 07' N (55° 08' N) (4)	16° 11' E	konventionell	-	-	17 sm E-lich Christiansö	(2)	-
		55° 07' N 16° 11' E	-	unbekannt	-	-	37 sm N-lich Jershöft	(2), (4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		55° 05' N 15° 14' E	-	konventionell	-	-	4 sm ENE-lich Nekso	(6)	-
VS 24	Südliche Ostsee (Östlich Bornholms)	55° 05' N 15° 14' E	-	konventionell	-	-	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		55° 13' N 15° 14' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung Symbol "Sperrgebiet"	(8)	-
		55° 02' N 14° 38' E	-	konventionell	-	-	4 sm SW-lich Rönne	(6)	troz vertikaler Abweichung evtl. identisches Versenkungsgebiet?
VS 25	Südliche Ostsee (Östlich Bornholms)	55° 07' 42" N 17° 47' 30" E	-	konventionell	-	Tanker mit KM versenkt	(4)	-	
VS 26	Südliche Ostsee (Außenbereich Danziger Bucht)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Warggebiet (B 2019)	(5)	-
		55° 14' N bis 55° 12' N	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Mun-Vers-Gbl."	(6)	-

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 27: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil II)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage		Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge		Auftraggeber	Weitere Details		Quellen	Eigene Bemerkungen
		k.w.N (*)	k.w.N (*)			Südliche Ostsee / Bornholm / Kleiner Belt	Wanggebiet					
VS 29	Südwestliche Ostsee (Südlich Südspitze Schweden)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	-	Wanggebiet (B 1015)	(5)	Nennung im BOP weist - entgegen einer diesbezüglichen, eindeutigen Interpretation der Angaben in der Seekarte - auf KMV-Belastung hin	
		54° 59' N bis 54° 56' N	13° 28' E bis 13° 18' E	-	unbekannt	-	-	-	Kennzeichnung "Anker und Fischen gefährlich"	(6)	-	
VS 30	Südwestliche Ostsee (Südausgang Kleiner Belt, westlich der Insel Aero)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	-	Wanggebiet (B 1000)	(5)	-	
VS 31	Südliche Ostsee (Außenbereich/Danziger Bucht)	54° 51' 55" N	16° 48' 30" E	-	konventionell	Minen	-	-	in Berufung auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	-	
VS 32	Südliche Ostsee (Südöstlich Bornholms)	54° 51' 55" N	16° 01' 05" E	-	konventionell	-	-	-	in Berufung auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert	
		54° 51' N	16° 01' E	-	konventionell	Mine	-	-	Kennzeichnung "Mine"	(6)	-	
(VS 33)	Südwestliche Ostsee (Südausgang Kleiner Belt, westlich der Insel Aero)	54° 49,7' N	10° 08,8' E	April / Mai 1945	chemisch und konventionell	sehr wahrscheinlich Teilmenge der offiziell auf 54° 46,5' N, 10° 11,5' E verklappten 5.000 t "Gasmunition"	-	Dt. Wehrmacht	Untiefe mit etwa 19,5 m Wassertiefe umgeben von Wassertiefen von 24 bis 32 m; laut (2) könnte diese Untiefe auf einer KMV-Verklappung eines ankernden Schiffes basieren	(2)	-	
VS 34	Südwestliche Ostsee (Nördlich Rügens)	54° 49' N bis 54° 48' N	013° 35' E bis 013° 32' E	-	unbekannt	-	-	-	großräumiges Wanggebiet	(8)	-	
		54° 48' N	10° 13' E	April / Mai 1945	chemisch und konventionell	sehr wahrscheinlich Teilmenge der offiziell auf 54° 48,5' N, 10° 11,5' E verklappten 5.000 t "Gasmunition"; eventuell liegen hier laut (2) die von der Taurus verklappten bis zu 2.000 t chem. Kampfmittel	-	Dt. Wehrmacht	weitere Untiefe mit etwa 19,5 m Wassertiefe umgeben von Wassertiefen von 29 bis 33 m; laut (2) könnte diese Untiefe auf der Kampfmittelverklappung der ankernden Taurus basieren	(2), (4)	-	
VS 35	Südwestliche Ostsee (Südausgang Kleiner Belt, westlich der Insel Aero)	54° 48' 08" N	10° 13' 03" E (4)	-	chemisch und konventionell	-	-	-	genauere Positionsangabe laut (4) in Berufung auf "Salor's Newsletter, Gdynia 1948-1970; Institute of Meteorology and Water Management - Maritime Branch in Gdynia, 1994"	(1)	-	
		54° 48,5' N	10° 11,5' E	Mai 1945	chemisch und konventionell	Tabun und Phosgen; genaue Menge unbekannt; Tabun Granaten (Kaliber 15 und 10,5 cm) und "eine große Menge Treibladungspulver"	-	-	mitsamt des 1.000 t-Bimenschiffkrahns und einer Schute versenkt; Versenkungsflärten von Flensburg aus	(1)	Laut BSH (1) wurden die Tabungranaten auf 54° 48,7' N 10° 13,5' E gebogen (was einer Entfernung von etwa 2 km in östlicher Richtung vom Ursprung, angegebenen Verklappungsort entspricht)	
VS 36	Südwestliche Ostsee (Südausgang Kleiner Belt, westlich der Insel Aero)	54° 48,5' N	10° 11,7' E	abweichende Angaben: 29.30. April 1945 bzw. 1. bis 3. Mai 1945	chemisch und konventionell	5.000 t "Gasmunition" (Bomben und Granaten) sowie 600 t V1-Geschosse (rund 250 Stück); umgeklert ob Tabun oder sogar Saim enthalten	-	Dt. Wehrmacht	von Flensburg aus; 3 Schiffe (Taurus, Karoline sowie Marie Luise) in insg. 7 Fahrten; 28 bis 30 m Wassertiefe; es wurde laut Luise nicht zwangsläufig geankert, die KM sind teilweise in küsten schwinmend weit verdrifft	(2)	auch hier mehrere ungewöhnliche Untiefen (siehe (2) S. 19); reale Wassertiefen laut Seekarte zwischen 16 und 30 m; laut (2) sind hier mitten im Schlickgebiet Steinarhörungen gekennzeichnet, die evtl. in Wirklichkeit KM sind	
		54° 47' 00" N bis 54° 43' 30" N	18° 50' 00" E bis 18° 38' 00" E	-	konventionell	zahlreiche Minen ("spread mines") und sonstige Munition	-	-	in Berufung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993" sowie auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	-	
VS 37	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	(großräumig ohne genaue Abgrenzung)	-	-	unbekannt	Minen und Munition	-	-	Kennzeichnung "Minen und Munition"	(6)	großräumiges Wanggebiet ohne geographische Abgrenzung auf betrefsender Seekarte	

Tabelle 28: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil III)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage		Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge		Auftraggeber	Weitere Details		Quellen	Eigene Bemerkungen
		54° 46' N 18° 43' E	54° 46' N 13° 46' E			Südliche Ostsee / Bornholm / Kleiner Belt	Südliche Ostsee / Bornholm / Kleiner Belt		laut (4) in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy in Gdynia, 1993" als konventionelle Kampfmittelverklappung angegeben	laut (4) in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy in Gdynia, 1993" sowohl als chemische als auch konventionelle KM-Verklappung angegeben		
VS 38	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 46' N 18° 43' E	54° 46' N 13° 46' E	-	chemisch ("Gasmunition")	-	3 sm N-lich Heisternest (Heia)	-	laut (4) in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy in Gdynia, 1993" als konventionelle Kampfmittelverklappung angegeben	(2), (4)	-	
VS 39	Südwestliche Ostsee (Nordöstlich Rügens)	54° 46' N 19° 10' E	54° 46' N 19° 10' E	-	konventionell	-	12 sm NE-lich Arkona	-	laut (4) in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy in Gdynia, 1993" sowohl als chemische als auch konventionelle KM-Verklappung angegeben	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert	
VS 40	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 45' N 19° 10' E	54° 45' N 19° 10' E	-	konventionell	-	17 sm E-lich Heisternest (Heia); Tanker versenkt (4)	-	laut (4) in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy in Gdynia, 1993" sowohl als chemische als auch konventionelle KM-Verklappung angegeben	(2), (4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert	
VS 41	Südwestliche Ostsee (Fehmarnbelt, südwestlich Lolland)	54° 45' N k.w.N (*)	54° 45' N k.w.N (*)	-	unbekannt	-	Kennzeichnung "Munition"	-	Wanggebiet (B 1011)	(6)	-	
VS 42	Südwestliche Ostsee (Südausgang Kleiner Belt, Außenbereich Flensburger Förde, Nähe Schleimündung)	54° 44' N 10° 03' E	54° 44' N 10° 03' E	-	konventionell	-	großräumiges Wanggebiet	-	Wanggebiet (B 1011)	(5)	-	
VS 43	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 42' 02" N 18° 37' 08" E (18° 47' 08" E)	54° 42' 02" N 18° 37' 08" E (18° 47' 08" E)	-	konventionell	-	4 sm N-lich Schleimünde	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"; abweichende Positionsangabe 18° 47' 08" E basiert auf (4) "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	-	
VS 44	Südliche Ostsee (Südlich Bornholms)	54° 41' 51" N 15° 02' 30" E	54° 41' 51" N 15° 02' 30" E	-	unbekannt	Minen und Munition	Kennzeichnung "Minen und Munition"	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(6)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert	
VS 45	Südwestliche Ostsee (Fehmarnbelt, südwestlich Lolland)	54° 41' N 15° 02' E	54° 41' N 15° 02' E	-	unbekannt	"Bombe"	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(4)	keine genaue Zuordnung chemisch/konventionell in der Quelle	
VS 46	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	großräumiges Wanggebiet	-	Wanggebiet (B 1009)	(5)	-	
VS 47	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 40' 33" N 18° 34' 00" E	54° 40' 33" N 18° 34' 00" E	-	konventionell	-	Schiffswrack mit KM	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(4)	-	
VS 48	Südwestliche Ostsee (Fehmarnbelt, südwestlich Lolland)	54° 39' 06" N 18° 36' 48" E	54° 39' 06" N 18° 36' 48" E	-	konventionell	-	Trawler mit KM versenkt	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993"	(4)	-	
VS 49	Südliche Ostsee (Südöstlich Bornholms)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	großräumiges Wanggebiet	-	Wanggebiet (B 1006)	(5)	-	
VS 50	Südwestliche Ostsee (Nördlich Zingst)	54° 37' N 15° 39' E	54° 37' N 15° 39' E	-	konventionell	-	26 sm N-lich Kolberg	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993" als chemische und konventionelle KM-Verklappung angegeben; "The Maritime Office in Gdynia gibt Position mit 'War Gas' an	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert	
VS 51	Südwestliche Ostsee (Außenbereich Kieler Förde, südlich Langeland)	54° 37' 06" N 15° 39' 00" E	54° 37' 06" N 15° 39' 00" E	-	chemisch und konventionell	-	Kennzeichnung "Ankern und Fischen gefährlich"	-	in Berulung auf "Hydrographic Service of the Polish Navy, 1993" als chemische und konventionelle KM-Verklappung angegeben; "The Maritime Office in Gdynia gibt Position mit 'War Gas' an	(4)	-	
VS 52	Südwestliche Ostsee (Nördlich Zingst)	54° 37' N 13° 00' E bis 54° 27' N 12° 37' E	54° 37' N 13° 00' E bis 54° 27' N 12° 37' E	-	unbekannt	-	Kennzeichnung "Unrein - Ankern und Fischen verboten"	-	großräumiges Wanggebiet	(7)	-	
VS 53	Südwestliche Ostsee (Außenbereich Kieler Förde, südlich Langeland)	54° 36' 00" N 10° 42' 00" E	54° 36' 00" N 10° 42' 00" E	-	chemisch	-	-	-	in Berulung auf "Sailor's Newsletter, Gdynia 1948-1970; Institute of Meteorology and Water Management - Maritime Branch in Gdynia, 1994"	(4)	-	

Tabelle 29: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil IV)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage	Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber	Weitere Details	Quellen	Eigene Bemerkungen
VS 62	Südwestliche Ostsee (Außenbereich Eckemförder Bucht, Nähe Schleimündung)	54° 36' N 10° 05' E	-	konventionell	-	-	4 sm SE-lich Schleimünde	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		54° 39' N 10° 05' E bis 10° 07' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Sperrgebiet"	(7)	-
		54° 38' N	-	unbekannt	-	-	großräumiges Warrgebiet	(5)	-
VS 63	Südwestliche Ostsee (Fehmarnbelt, südlich Lolland)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1013)	(4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 64	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 32' 30" N 18° 50' 18" E	-	konventionell	-	-	Schiffswrack(s) mit KM in Berufung auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 65	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 32' 24" N 19° 21' 42" E	-	konventionell	-	-	großräumige Versenkung; insgesamt 8 Schiffwracks	(4)	-
		54° 29' 36" N 19° 25' 06" E 54° 28' 30" N 19° 16' 54" E	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1007)	(5)	-
VS 66	Südwestliche Ostsee (Fehmarnbelt, nordwestlich Fehmarns)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1007)	(5)	-
VS 67	Südwestliche Ostsee (Außenbereich Kieler Bucht)	54° 28' N 10° 20' E	-	konventionell	-	-	3 sm SE-lich Kiel-Leuchtturm	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert; unklar, ob es sich evtl. u.a. um den Dampfer mit konv. Munition zur Versenkung handelt, der in Höhe von Stein am Ostufer Ausgang der Kieler Förde am 28.09.1920 explodierte [THIEME 1999]
VS 68	Südliche Ostsee (Danziger Bucht)	54° 26' 18" N 18° 40' 05" E	-	konventionell	150 bis 200 mm Geschosse	-	in einem 80 m Radius um angegebene Position versenkt	(4)	-
VS 69	Südliche Ostsee (Großraum Pommersche Bucht)	54° 23' 48" N 15° 31' 20" E	-	konventionell	großkalibrige Blindgänger ("undetonated charges")	-	früherer Bereich der dt. Kriegsmarine	(4)	-
		54° 24' 09" N 15° 32' 54" E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung durch Symbole für "Ankern verboten" sowie "Fischen verboten"	(6)	-
		54° 17' 42" N 15° 37' 18" E 54° 17' 18" N 15° 35' 42" E	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1019)	(5)	-
VS 60	Südliche Ostsee (Großraum Greifswalder Bodden, Nordspitze Usedom)	identisches Gebiet k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1020)	(5)	-
VS 61	Südliche Ostsee (Großraum Greifswalder Bodden, Nordspitze Usedom)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	Warrgebiet (B 1020)	(5)	-
VS 62	Südwestliche Ostsee (Mecklenburger Bucht, Nordausgang Lübecker Bucht)	54° 12' N 11° 41' E bis 11° 26' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Unrein (Munition)"	(7)	-
		54° 05' N 10° 58' E	-	konventionell	-	-	3 sm E-lich Pelzshaken	(2)	-
VS 63	Südwestliche Ostsee (Lübecker Bucht)	54° 04,5' N 11° 02,3' E	1961	"keine chemische Munition, sondern Chemikalien"	520 l Chorgas, 10 l Phosgen sowie 10 l Lachgas	Stadt Lübeck	13 Flaschen Chlor, 1 Flasche Phosgen sowie 1 Flasche Lachgas	(1)	verflüssigtes Chlor und Phosgen (weitere Informationen siehe Kapitel 4.5.3)

Tabelle 30: Versenkungsgebiete in der südlichen Ostsee (Bornholm bis Kleiner Belt) (Teil V)

Lfd. Nr.	Versenkungsgebiet	Geographische Lage		Zeitpunkt der Versenkung	Art der Kampfmittel	Nähere Informationen zu Art & Menge	Auftraggeber	Weitere Details		Quellen	Eigene Bemerkungen
		Südliche Ostsee (Pommersche Bucht)	Südwestliche Ostsee (Lübecker Bucht)					Südliche Ostsee / Bornholm / Kleiner Belt	Südwestliche Ostsee / Bornholm / Kleiner Belt		
VS 64	Südliche Ostsee (Pommersche Bucht)	54° 04' 54" N	14° 27' 18" E	-	konventionell	-	-	Schiffswrack(e) mit KM	In Berufung auf "The Maritime Office in Gdynia, 1993"	(4)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
VS 65	Südwestliche Ostsee (Lübecker Bucht)	54° 02' N	10° 48' E	-	unbekannt	-	-	Kennzeichnung "Zahlreiche Wracke"	-	(6)	großräumiges Wrangelgebiet ohne geographische Abgrenzung auf betreffender Seekarte
VS 66	Südwestliche Ostsee (Lübecker Bucht)	k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	konventionell	-	-	3 sm S-lich Neustadt	-	(2)	Versenkung ausschließlich konventioneller KM nicht gesichert
		k.w.N (*)	k.w.N (*)	-	unbekannt	-	-	großräumiges Wrangelgebiet	Wrangelgebiet (B 1004)	(5)	-

5.5 Zustand der chemischen und konventionellen Kampfmittel

Der Zustand geborgener oder auf dem Meeresgrund befindlicher, optisch untersuchter Kampfmittelkörper weist eine enorme Bandbreite von nahezu neuwertig bis hin zu völlig durchkorrodiert auf (vgl. hierzu z.B. [BSH 1993] oder [LIEBEZEIT 2002]). Die Korrosionsrate von subaquatischen Kampfmitteln basiert grundsätzlich auf folgenden Faktoren (vgl. hierzu u.a. [VAN HAM 2001], [RUSFED 1993] sowie [MALYSHEV 1996]):

- der Temperatur des umgebenden Wassers, wobei höhere Temperaturen die Korrosion begünstigen
- dem Sauerstoffgehalt im Wasser, wobei höhere Sauerstoffgehalte die Korrosion begünstigen. In diesem Zusammenhang sind gerade die Ausbildung anaerober Wasserbereiche in der Ostsee aufgrund des oftmals unzureichenden Wasseraustauschs und laminarer Schichtungen relevant. Zudem ist hier auch der Einfluss einer teilweisen oder eventuell völligen Sedimentüberdeckung in Betracht zu ziehen, die zusätzlich zu einem anaeroben Milieu beitragen kann.
- der Stahlqualität sowie der Materialstärke des Kampfmittelmantels: ein hoher Gehalt an Kohlenstoff im Stahl begünstigt die Korrosion. Gerade in den letzten Kriegsjahren wurden seitens Deutschlands tendenziell weniger hochwertige Stähle produziert.
- der Kontaktkorrosion bei verschiedenen Komponenten in der Ummantelung (beispielsweise den Führungsrings bei Granaten, Zünd- oder Treibkomponenten aus Kupfer).
- den spezifischen Strömungsverhältnissen an einer Versenkungsstelle: hohe Strömungsgeschwindigkeiten begünstigen den Wasseraustausch und somit das Vorhandensein einer Sauerstoffsättigung. Zudem begünstigen enthaltene Sandpartikel die abrasiven Effekte und beschleunigen somit den mechanisch bedingten Abtrag der Ummantelung sowie bereits entstandener Korrosionsprodukte.

Laut [VAN HAM 2001] werden auf Grundlage von Untersuchungen Korrosionsraten von durchschnittlich 0,1 mm/a angenommen, wobei dieser Orientierungswert den bereits genannten Parametern unterworfen ist und somit reale Korrosionsraten signifikant abweichen können. [RUSFED 1993] unterscheidet zwischen verschiedenen Arten der an Kampfmitteln in Seewasser auftretenden Korrosion: Grundsätzlich sei von einer Korrosionsrate von etwa 0,05 bis 0,13 mm/a auszugehen, an Schwachstellen bzw. Spalten von etwa 0,132 bis 0,355 mm/a, bei Lochfraß von 0,176 bis 0,46 mm/a und bei Kontaktkorrosion von Raten zwischen 0,132 bis 0,345 mm (Kontakt Hülle-Hülle) über 0,22 bis 0,575 mm (Kontakt Hülle-Führing) bis hin zu 0,057 bis 0,149 mm bei Kontakt zwischen Stahl und Blei.

Auf Basis dieser lokal ohnehin schon sehr spezifischen Korrosionsraten und den zudem stark variierenden Mantelstärken der versenkten Kampfmittel sowie deren Nettoinhalt, variieren die Emissionsraten der enthaltenen Kampfmittelinhaltsstoffe und insbesondere der Kampfstoffe aus den bereits durchkorrodierten Kampfmitteln erheblich.

Hinsichtlich einer Einschätzung der zukünftig durch in der Ostsee versenkte Kampfmittel emittierten Schadstofffrachten gibt es in der verfügbaren Literatur grundsätzlich drei unterschiedliche Betrachtungsansätze:

Eine **nahezu lineare Freisetzung** der Inhalte: hierbei werden praktisch seit der Versenkung in den späten 1940er Jahren Inhalte freigesetzt. Zunächst geschieht dies sukzessiv über mehrere Dekaden aus den dünnwandigen Bomben, die allerdings hohe Nettogehalte an Kampfstoffen enthalten. Später dann – wenn sich die Emissionen aus den Großkampfmitteln etwas reduzieren – gelangen immer mehr Inhalte aus den dickwandigen Granaten in die marine Umwelt. Diese Granaten enthalten zwar sehr viel geringere Nettomengen an Inhaltsstoffen, sind jedoch zahlenmäßig weitaus mehr vertreten (vgl. z.B. Kapitel 5.2.2; 80 % Artillerie-Kampfmittel (Granaten etc. mit Kampfstoffinhalten von etwa 15 Gew.-%), 15 % Bomben mit Kampfstoffinhalten von etwa 60 Gew.-% [RUSFED 1993]; vgl. hierzu auch entsprechende Detailinformationen in der Kampfmitteldatenbank in Kapitel 10.2)). Die Emission ist – legt man eine Korrosionsrate von 0,1 mm/a zugrunde – nach einer gewissen „Anlaufzeit“ demzufolge seit Mitte der 1950er Jahre quasi linear und dauert aufgrund der großen Wandstärken der versenkten Granaten etwa 150 bis 200 Jahre an.

Russische Wissenschaftler [MALYSHEV 1996] gehen aufgrund einer vereinfachten Klassifizierung der Wandstärken⁽⁵⁶⁾ der versenkten Kampfmittel von einer **recht starken Periodisierung** der Freisetzungsmechanismen mit entsprechend starken Peaks („Spitzen“) in den emittierten Schadstoffmengen aus. Diese Periodisierung – die sich inhaltlich ausschließlich auf die Emission von Senfgas bezieht – zeigt exemplarisch für die durch Russland bei Bornholm versenkten Kampfmittel nachfolgende Abbildung 34:

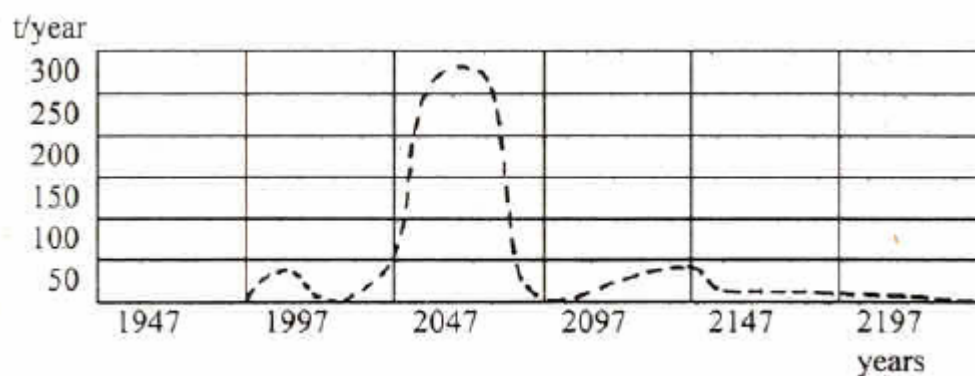


Abbildung 34: Voraussichtliche Emissionsraten durch korrodierende Kampfmittel bei Bornholm [MALYSHEV 1996]

⁵⁶ Vgl. [RUSFED 1993]: Artillerie-Granaten etwa 8,8 bis 13,1 mm Wandstärke, Bomben etwa 6 mm und Rauchgranaten etwa 1,5 mm Wandstärke; keine Angaben zu HE-Bomben, Minen und sonstigen Behältern.

Demnach gehen die russischen Wissenschaftler von drei Hauptemissionsperioden aus:

- 1997 bis 2013 würden durchschnittlich 43,3 t Senfgas pro Jahr freigesetzt werden.
- 2022 bis 2082 käme es zu einer drastischen Zunahme der Senfgasemission, weil sich hier die Freisetzung aus dünnwandigen Kampfmitteln mit den Emissionen aus den eher dickwandigen Kampfmitteln überlagert. Die entsprechenden Mengen an freigesetztem Senfgas werden mit 280 t/a angegeben.
- 2110 bis 2260 würde die Emission von Senfgas in die marine Umwelt dann wieder auf einen Durchschnittswert von etwa 13 t/a zurückgehen, da nun praktisch nur noch die dickwandigen Granaten den Korrosionsprozessen unterworfen wären, die dünnwandigen Großkampfmittel wären bereits völlig durchkorrodiert und „entleert“.

Das – auch vom Autor dieser Arbeit favorisierte – Freisetzungsszenario von [VAN HAM 2001] basiert auf einer *Adaption der Gauß'schen Normalverteilung* an die zugrunde gelegte durchschnittliche Korrosionsrate und bekannten Wandstärken der versenkten Kampfmittel. Das daraus resultierende Konzentrationsprofil der freigesetzten chemischen Kampfstoffe aus korrodierenden Kampfmitteln zeigt die nachfolgende Abbildung 35:

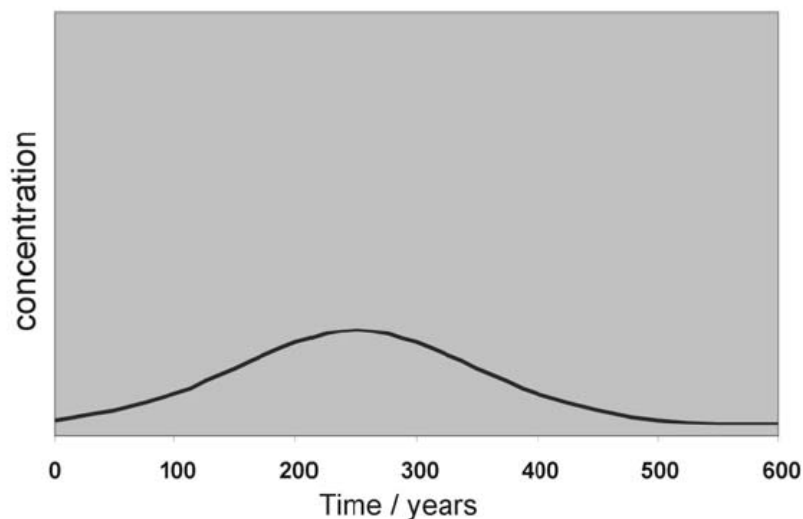


Abbildung 35: Voraussichtliche Emissionsraten auf Basis der Korrosion von Kampfmitteln [VAN HAM 2001]

Demnach ist mit dem Höhepunkt der Emission in etwa 240 bis 250 Jahren nach der Versenkung der Kampfmittel zu rechnen, wobei ein signifikantes Ausmaß der Emissionen mit Konzentrationen von etwa zwei Drittel der maximal erwarteten Konzentration bereits etwa nach 150 Jahren (somit etwa ab 2100) zu erwarten ist und sich über einen Zeitraum von etwa 200 Jahren bis etwa 2300 erstreckt.

Fazit

Grundsätzlich sind alle Szenarien aufgrund der enorm komplexen und lokal sehr spezifischen Bedingungen zu hinterfragen und können, wenn überhaupt, nur orientierenden Charakter haben. Der Rat für Umweltfragen (SRU) beurteilte in seinem Sondergutachten zum Meeresum-

weltschutz für Nord- und Ostsee die Situation hinsichtlich korrosiver Prozesse folgendermaßen: *„Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass sehr wenig Informationen über den derzeitigen Zustand der Munition und somit auch über die Freisetzung von Schadstoffen vorliegen, um die Sachlage zufriedenstellend bewerten zu können.“* [SRU 2004]. Die komplexen Korrosionsprozesse werden immer wieder auch in Untersuchungen und Kampfmittelfunden belegt, die neben auch nach 60 Jahren Lagerung am Meeresboden nahezu neuwertige Kampfmittel zu Tage fördern, auf der anderen Seite aber auch seit Jahrzehnten bereits völlig durchkorrodierte Kampfmittel zeigen (vgl. z.B. [BSH 1993], [HELCOM 1994] sowie [LIEBEZEIT 2002]).

Auf Basis der vorliegenden Korrosions- und Freisetzungsuntersuchungen ist Ende des 21. Jahrhunderts mit einer signifikanten Zunahme bzw. Menge an freigesetzten Kampfstoffen zu rechnen. Diese Freisetzung wird sich über viele Dekaden auf hohem Niveau fortsetzen.

Aufgrund der fortschreitenden Korrosion sind die Kampfmittel selbst zunehmend labiler hinsichtlich mechanischer Beanspruchung, was insbesondere bezüglich möglicher Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen aber eben auch besonders im Rahmen von Gefährdungspotenzialen wie einem evtl. „sudden release“ von erhöhter Relevanz ist. Gerade hier können korrosive Prozesse zu Selbstdetonationen oder grundsätzlichem mechanischem Versagen von tragenden Strukturen (z.B. von Schiffwracks im Skagerrak) führen und in einem schlagartigen Freiwerden signifikanter Mengen an Inhaltsstoffen mit den bereits in den vorangehenden sowie nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Konsequenzen führen.

5.6 Aus dem Status Quo resultierende Gefährdungspotenziale

Neben den rein auf den bereits beschriebenen stofflichen Charakteristika der in den versenkten Kampfmitteln verfüllten Kampf- und Schadstoffe basierenden Gefährdungen sind weitere Gefährdungspotenziale im Rahmen subaquatischer Kampfmittelaltlasten – insbesondere chemischer Kampfmittelaltlasten – zu berücksichtigen, von denen nachfolgend zumindest einige genannt und kurz beschrieben werden sollen. Grundsätzlich sind mit subaquatischen Kampfmittelaltlasten laut [BEDDINGTON & KINLOCH 2005] drei Hauptgefahren verbunden:

- der direkte Kontakt mit chemischen oder konventionellen Kampfmitteln und die damit verbundene gesundheitliche Gefährdung des Menschen
- die Kontamination mariner Organismen und der marinen Umwelt in der Umgebung der versenkten Kampfmittel und das damit verbundene Potenzial, dass toxische Substanzen in die tierische und menschliche Nahrungskette gelangen
- die spontane Explosion, die einerseits direkt lebensgefährdend sein kann, andererseits aber auch das Potenzial hat, enthaltene Substanzen weiter zu verteilen und somit mehr Individuen mit ihnen in Kontakt kommen zu lassen

Bemerkung: Die anschließenden Ausführungen erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit oder umfassende Behandlung der jeweilig genannten Punkte; die Liste der potenziellen Gefahrenpunkte lässt sich praktisch beliebig erweitern, und eine entsprechend umfassende Diskussion würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit bei weitem sprengen.

Im Zuge einer subaquatischen Kampfmittelaltlast sind folgende signifikante Gefährdungspotenziale exemplarisch zu nennen:

5.6.1 Kontinuierlicher Eintrag von toxischen Substanzen in die marine Umwelt

Unter Wasser befindliche Kampfmittel sind – in Abhängigkeit sehr spezifischer und standortbedingter Gegebenheiten – komplexen Korrosionsprozessen unterworfen (siehe hierzu insbesondere das Kapitel 5.5, das detaillierter auf die Korrosionsproblematik eingeht). Es entstehen nach Jahren – teilweise Dekaden – Korrosionslöcher, durch die enthaltene Kampfstoffe und sonstige Inhalte in die marine Umwelt gelangen. Dies geschieht einerseits über „aktives Auslaufen“ flüssiger oder rieselfähiger Inhaltsstoffe, andererseits über teilweise sehr komplexe Lösungsmechanismen. In Abhängigkeit u.a. von der Wasserlöslichkeit der enthaltenen Substanzen, aber auch Hydrolyseeigenschaften sowie Umgebungsparameter wie Strömungsgeschwindigkeit, pH-Wert des umgebenden Wassers oder eventueller Abdeckung des Kampfmittels durch Sediment, ergeben sich durchaus Ausgangsvoraussetzungen für die Ausbildung von teilweise toxischen oder sogar hochtoxischen Kontaminationsfahnen (nachfolgend behandelt). Es reichern sich aber mittel- bis langfristig auch unmittelbar um das betreffende Kampfmittel durch Hydrolyse oder biologische Degradation nicht weiter abzubauen Substanzen an. Diese Substanzen umfassen einerseits eventuelle Zwischenabbauprodukte der eigentlichen Inhaltsstoffe, langfristig aber, gerade bei den arsenhaltigen Kampfstoffen, eben auch organisch und/oder anorganisch vorliegende Arsenverbindungen (siehe hierzu die De-

tailangaben der Stoffdatenblätter in Kapitel 10.1 sowie Kurzzusammenfassung in Kapitel 5.1). Im Bereich der konventionellen Kampfmittel sind dies oftmals nicht abbaubare Sprengstoffe, aber insbesondere auch die enthaltenen Frachten an Blei und Quecksilber [KOCH & NEHRING 2007]. Diese Frachten, deren Anteil an der Masse eines Kampfmittels teilweise deutlich unter einem Prozent liegt, summieren sich aufgrund der Gesamtmenge an versenkten Kampfmitteln: Im Bereich der deutschen Nordseeküste ist mit bis zu 400 t Quecksilber aus Kampfmitteln zu rechnen, an der deutschen Ostseeküste könnten sich die summierten Mengen auf etwa 30 t belaufen [NEHRING & KOCH 2006]. [VAN HAM 2001] stellt die massenanteilige Zusammensetzung der einzelnen Komponenten konventioneller Kampfmittel überschlägig folgendermaßen dar: Metallteile 70 % des Gesamtgewichtes, Treibladung 16 %, Explosivstoffe 11 % sowie pyrotechnische Komponenten etwa 3 %. Hinsichtlich der in Kampfmitteln verwendeten Metalle bilanziert er etwa 76 % des Gesamtgewichtes für Eisen/Stahl-Komponenten, 12 % Blei, 9 % Messing (Kupfer/Zink) sowie weitere 3 % für Aluminium.

Besonders zu berücksichtigen sind gerade im Bereich der chemischen Kampfmittel und den darin enthaltenen Kampfstoffen die signifikanten Arsenfrachten durch arsenhaltige Kampfstoffe wie beispielsweise Adamsit (27 Gew.-%), Clark (28 Gew.-%), Lewisit (Gemisch etwa 35 Gew.-%) oder das in Arsinöl enthaltene Phenylarsindichlorid (Pfiffikus, 34 Gew.-% Arsen). Bei einer Kampfmittelaltlast von 35.000 t Bruttogewicht wie der russischen Versenkung bei Bornholm und einer enthaltenen Kampfstoffnettomenge von etwa 12.000 t, davon etwa 3.800 t klar arsenhaltig (zzgl. unbekannter Arsinölmengen bei entsprechenden Lostmischungen)⁽⁵⁷⁾, können sich diese Arsenfrachten durchaus auf weit über 1.000 Tonnen summieren⁽⁵⁸⁾.

Belastbare Informationen hinsichtlich der Ökotoxizität chemischer aber auch konventioneller Inhaltsstoffe (TNT) liegen zum Beispiel durch Untersuchungen des schwedischen Verteidigungsministeriums [WALEIJ 2002 ET AL.] sowie [EK 2005] vor. [WALEIJ 2002 ET AL.] fokussiert bei den Betrachtungen auf Senfgas sowie die Arsenkampfstoffe Clark I & II: Ähnlich den Ergebnissen von [EK 2005] bezüglich des Explosivstoffes TNT scheint Senfgas in der Wassersäule keine signifikante akute Toxizität für die Versuchsorganismen aufzuweisen, wobei allerdings subakute oder chronische Effekte nicht ausgeschlossen werden können. Clark und seine Metaboliten wurden hinsichtlich ihrer Ökotoxizität in der Wassersäule ein klares Risiko zugesprochen und scheinen vom Sediment absorbiert zu werden (vgl. hierzu fast identische Phänomene bezüglich TNT in [EK 2005]), was aber durch chemische Analysen nicht bestätigt werden konnte. Dennoch ist dieses Sediment – wenn auch nicht analytisch detektierbar – für die Versuchsorganismen toxisch und somit signifikant kontaminiert.

Schwedische Ergebnisse [SANDSTRÖM ET AL. 2003] im Rahmen eines umfangreichen Fisch-Monitoringprogrammes in der Ostsee (vgl. hierzu Abbildung 36) und ein entsprechender Ab-

⁵⁷ Vgl. entsprechende Angaben durch [RUSFED 1993], Tabelle 8, S. 67: Adamsit wurde durch Russland als „Reizstoff“, nicht als „(arsenhaltiger) chemischer Kampfstoff“ deklariert, was hinsichtlich der Definition auch in entsprechenden russischen Publikationen und diesbezüglichen Mengenangaben zu Unklarheiten führt.

⁵⁸ Recht konservative, überschlägige Annahme ohne Berücksichtigung der Lostmischungen mit Arsinöl oder sonstiger arsenhaltiger Gemische, zu denen diesbezüglich im Kontext der Versenkungsgebiete bei Bornholm quantitativ keine belastbaren Aussagen vorliegen.

gleich mit Ergebnissen der Vorjahre zeigten – entgegen grundsätzlich zurückgehender Schadstoffeinträge mit Ausnahme von Cadmium – u.a. signifikante Anomalien für EROD Aktivitäten⁽⁵⁹⁾ (siehe Abbildung 37).

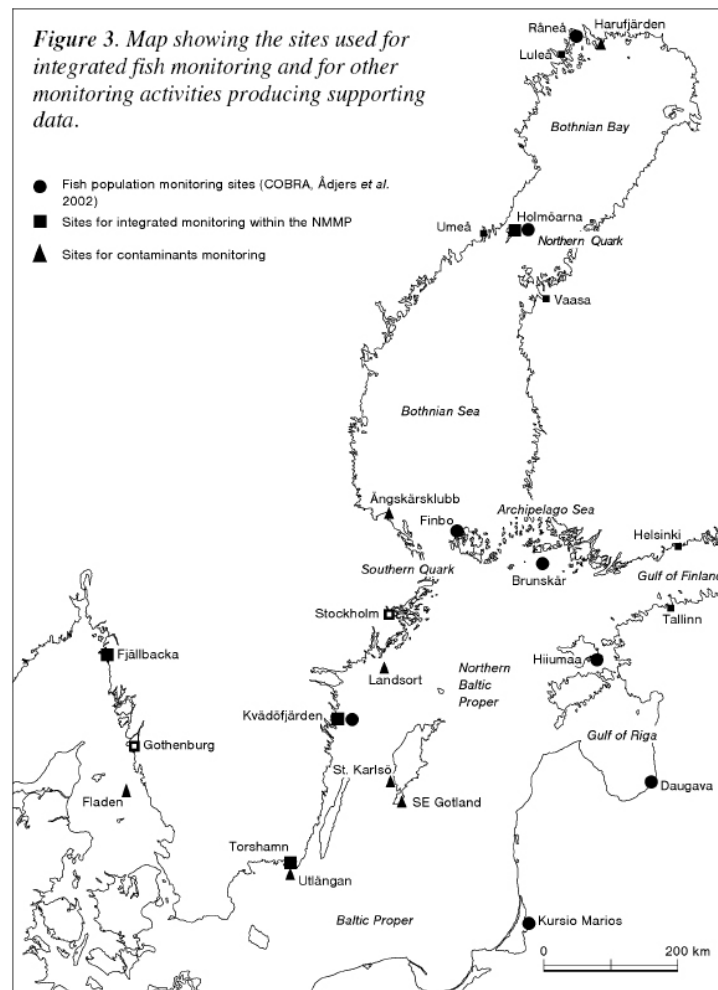


Abbildung 36: Genutzte Monitoring-Stationen in der Ostsee [SANDSTRÖM ET AL. 2003]

Eine entsprechende Reaktion indiziert die Präsenz toxischer und/oder endokrin wirksamer Substanzen und konnte aufgrund der eigentlich rückläufigen Schadstoffeinträge nicht begründet werden. Ähnliches gilt für festgestellte Effekte auf den Reproduktionsprozess. Zur Klärung der festgestellten Anomalien wurden weitere Studien empfohlen. [SANDSTRÖM ET AL. 2003] weist deutlich auf die Schwachpunkte eines nichtintegrierten Monitorings hin, da losgelöste Konzentrationen bestimmter Kontaminanten noch nicht auf biologische Effekte in Individuen oder Populationen schließen lassen, andererseits aber Biomarker zwar entsprechende Expositionen und biochemische/physiologische Effekte deutlich machen, allerdings nur selten Rückschlüsse auf verantwortliche Kontaminanten zulassen.

⁵⁹ EROD (Ethoxyresorufin-O-deethylase) steht für ein Biotransformationsenzym und ist laut genannter Quelle als Biomarker ein Indiz für eine entsprechende Exposition gegenüber bestimmter toxischer organischer Moleküle.

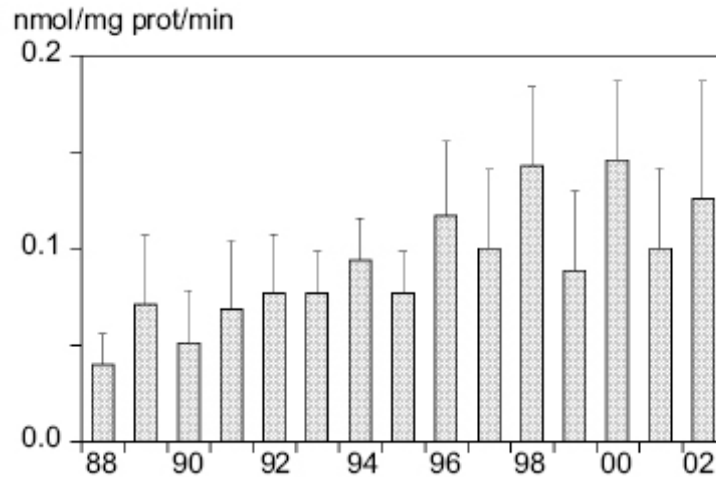


Abbildung 37: Zunahme der EROD-Aktivitäten in weiblichem Barsch [SANDSTRÖM ET AL. 2003]

Neben den bereits ausgeführten akuten Schädigungen der aquatischen Ökosysteme kann es durch die genannten erheblichen Einträge an persistenten und akkumulierenden Schwermetallen zu einer Anreicherung in und über die Nahrungskette bis hin zum Endkonsumenten „Mensch“ kommen [SRU 2004].

5.6.2 Ausbildung von „Hot Spots“ sowie Kontaminationsfahnen mit akut oder chronisch toxischen Stoffkonzentrationen

Durch das kontinuierliche Freiwerden von toxischen Inhaltsstoffen kommt es bei den wasserlöslichen Substanzen, deren Adsorption an das Sediment eher zweitrangig ist, zur Ausbildung von Kontaminationsfahnen mit ganz unterschiedlichen Ausbreitungen und Konzentrationen. Andererseits bilden sich bei Substanzen mit geringer oder schlechter Wasserlöslichkeit, die eventuell auch eher an Sedimente (besonders Tonmaterialien) angelagert werden, sogenannte „Hot Spots“, also lokal durchaus stark beschränkte Zonen am Meeresgrund mit teilweise hohen Konzentrationen von Kampfstoffen selbst oder deren toxischer Zwischen- und Abbauprodukte. Als Spezifikum ist hier das Phosgen zu nennen, das in Wassertiefen größer 10 m zur „Pfützenbildung“ neigt und so zwar verflüssigt, aber – hinsichtlich seiner Charakteristika als Kampfstoff – vollaktiv am Meeresgrund vorliegt und dort mittelfristig bis zur vollendeten Hydrolyse bzw. vollzogenem Abbau, die aquatische Flora und Fauna gefährdet (vgl. entsprechende Ausführungen für „Phosgen“ in Kapitel 5.1.2).

Grundsätzlich sind Nachweise dieser Hot Spots bzw. entsprechender Anreicherungsprozesse in der marinen Umwelt bezüglich subaquatischer Kampfmittelaltlasten im Rahmen entsprechender Untersuchungen meist negativ verlaufen. Sie zeigten, wenn überhaupt, sehr unterschiedliche Ergebnisse und werden entsprechend kontrovers in der verfügbaren Literatur diskutiert. Dennoch gibt es immer wieder recht deutliche Indizien für entsprechende Vorgänge. [EK 2005] weist in ihren Ausführungen auf toxische TNT-Konzentrationen im Sediment hin, die durch Standardmessmethoden nicht eluierbar waren und demnach meist unter den Nachweisgrenzen lagen, die Sedimente im Tiertest mit benthischen Organismen aber dennoch akut toxische Wirkung zeigten. Untersuchungen eines Versenkungsgebietes für chemische Kampf-

stoffe in der italienischen Adria belegen deutliche Akkumulationen von Arsen und Kampfstoffmetaboliten im Sediment und Fischgewebe verglichen zu Referenzuntersuchungen in anderen Bereichen der Adria [AMATO ET AL. 2006]. Insbesondere die Arsenwerte im Sediment überstiegen die Referenzwerte bis um ein Zehnfaches, in den untersuchten Fischen überstiegen die Arsenwerte die FDA Grenzwerte von 2,6 mg/kg. Die untersuchten Fische zeigten chronische Leber- und Milzschäden, die sehr wahrscheinlich auf die Inhaltsstoffe der chemischen Kampfmittel zurückzuführen sind. Zum Vergleich: die Arsenkonzentrationen von Miesmuscheln lagen 2002 an der deutschen Ostseeküste bei etwa 5,5 mg/kg TS, bei Aalmuttern (eine Barschart) 2003 bei 1,4 bis 2,5 mg/kg [SRU 2004].

Ähnliche Ergebnisse sind für die Sedimentbelastung auch aus der Ostsee bekannt: [GARNAGA ET AL. 2006] stellte eine Arsenkonzentration von bis zu 19,0 mg/kg im Sediment der Versenkungsgebiete vor der Litauischen Küste fest (Hintergrund-Referenzwert 2,1 mg/kg), wobei die Proben in der Nähe der Versenkungsgebiete deutlich höher belastet waren als die Proben in größerer Entfernung zu Versenkungsgebieten. Dennoch konnten enorm hohe Konzentrationen von bis zu 480 mg/kg Sediment ⁽⁶⁰⁾, wie im Skagerrak, nicht belegt werden [FFI 2002]. Eine aktuellere Untersuchung – ebenfalls durch das Norwegische Verteidigungsministerium – die anders als die vorliegende Studie des FFI detailliert auf organoarsenhaltige Kampfstoffe abzielte, stellte 2006 sogar Arsenbelastungen in den im Skagerrak-Kernversenkungsgebiet (südöstlich Arendal) genommenen Proben von bis zu 1.100 mg/kg TS im Sediment fest [TØRNES ET AL. 2006].

Dennoch sind in der Vergangenheit auch aus der Ostsee und im Rahmen von Untersuchungen des dortigen Hauptversenkungsgebietes östlich Bornholms stark erhöhte Sedimentbelastungen mit Arsen bekannt. So stellte man in einer Untersuchung im Versenkungsgebiet östlich von Bornholm 1992 Arsenkonzentrationen von 185 bis 210 mg/kg TS fest [HELCOM 1994]. Zum Vergleich: Hintergrundwerte aus den Mecklenburg-Vorpommerischen Küstensedimenten lagen 1998 zwischen 4 und 22 mg/kg TS und überschritten damit – obwohl im Vergleich recht niedrige Werte – den durch die OSPAR festgelegten EAC-Wert ⁽⁶¹⁾ für Arsen im Sediment von 1 bis 10 mg/kg bereits deutlich [SRU 2004].

Auf Basis der vorangehend bereits erwähnten Lösungs- und Abbaumechanismen bei durch perforierte Kampfmittelhüllen freiwerdenden Inhaltsstoffen und insbesondere chemischen Kampfstoffen, können sich je nach spezifischen Charakteristiken der einzelnen Substanzen mittelfristig bis langfristig persistente Kontaminationsfahnen ausbilden, die – aufgrund ihrer Konzentrationen in der Wassersäule – durchaus signifikante akute Toxizitäten aufweisen können. Bezüglich der gegebenen Persistenz müssen in diesem Kontext in jeweilig lokal-spezifischer Abhängigkeit der Durchmischungs-, Verdünnungs- sowie Abbaueffekte Zeiträume von wenigen Minuten bis hin zu Stunden, Tagen oder gar Monaten in Betracht gezogen werden, die wiederum entsprechende Ausbreitungen der Kontaminationsfahnen nach sich ziehen.

⁶⁰ Alle Werte beziehen sich auf kg Trockensubstanz (TS).

⁶¹ „Ecotoxicological Assessment Criteria“: Prüfwert im Rahmen eines chemischen Monitorings zur Bestimmung von Bereichen mit umweltbedingten Bedenken („areas of environmental concern“) [OSPAR 1997]

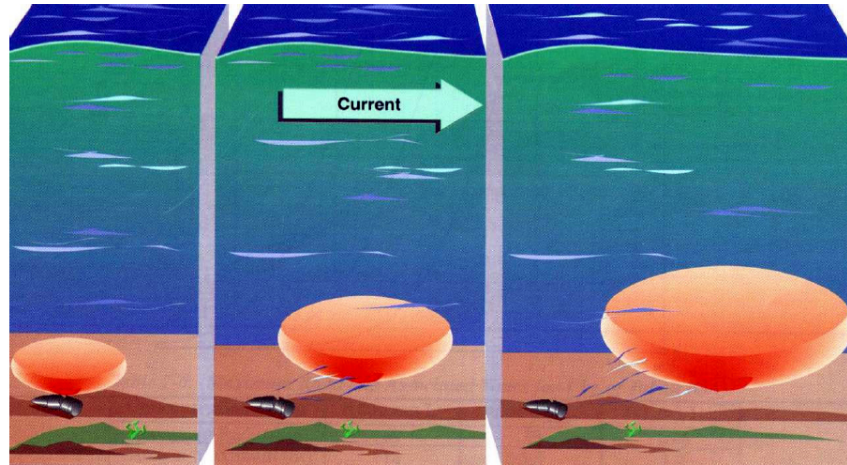


Abbildung 38: Schematische Darstellung eines „sudden release“ ([MEDEA 1997] in [FFI 2002])

Über die potenzielle Entstehung solcher Kontaminationsfahnen sowie deren sich daraus ergebende Ausbreitung liegen einige Studien vor. Im Rahmen dieser Arbeit wird nachfolgend nur auf zwei aktuelle Untersuchungen von [KOROTENKO 2003] sowie [SANDERSON 2008] auszugswise eingegangen:

[KOROTENKO 2003] gründet seine Berechnungen auf Sarin, mit einer permanenten Emission von 24 kg/d des Kampfstoffes in Wassertiefen von 88 und 108 m im Bereich des Versenkungsgebietes östlich Bornholms. Hierbei resultieren seine Modellberechnungen unter bestimmten Strömungsannahmen in einer Gefährdung der küstennahen Wasserbereiche Polens und – etwas eingeschränkt – Deutschlands. Diese Ausführungen sind allerdings aufgrund der tatsächlichen Produktionsmengen von Sarin im Zweiten Weltkrieg mit wohl maximal 61 t (vgl. Kapitel 4.2.2) zumindest für den Ostseeraum eher hypothetisch. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass gerade Sarin und das wohl nur im Labormaßstab von Deutschland produzierte Soman, als die Spitzenreiter der damaligen Kampfstoffforschung – soweit als solche erkennbar ⁽⁶²⁾ – eher zu Forschungszwecken und eventueller eigener Aufrüstung der Arsenale in die Siegerländer transportiert worden sind und tendenziell nicht versenkt wurden.

[SANDERSON 2008] betrachtet grundsätzlich alle bei Bornholm bestätigt versenkte Kampfstoffarten und deren spezifische Mengen. Hierbei hält er ein Szenario, das qualitativ von einer Emission aller Kampfstoffe aus den versenkten Kampfmitteln in die marine Umwelt über einen Zeitraum von 60 Jahren ausgeht, für am wahrscheinlichsten. Aufgrund der physikalischen, chemischen und toxikologischen Eigenschaften und unter Berücksichtigung von Sedimentation, Diffusion, Abbaumechanismen und Akkumulation im Sediment ergibt sich im Kontext einer chronisch-toxischen Betrachtung folgendes Ranking: Triphenylarsin hat das höchste Risikoprofil mit einem Toxischen-Einheiten-Wert (TU) von 0,2. Darauf folgt Adamsit mit 0,17, Clark I mit 0,086 sowie Senfgas mit 0,083 TU. Hierbei repräsentieren TU-

⁶² Es gibt in den verfügbaren Literaturquellen Hinweise, dass gerade in den letzten Kriegsmonaten chemische Kampfmittel nicht mehr oder vorsätzlich falsch markiert bzw. „getarnt“ wurden, um den Alliierten die Aufklärung der Inhalte bzw. die Auffindung chemischer Kampfmittel zu erschweren (vgl. z.B. [POLITZ 1994] oder [SCHMALTZ 2005]).

Werte > 1 in den nachfolgenden Ausführungen ein akutes Risiko, da die vorhergesagten Konzentrationen an chemischen Kampfstoffen in der Wassersäule die „No observed effect concentrations“ (NOEC) für Fischkolonien der US EPA überschreiten. Nachfolgende Abbildung 39 zeigt zunächst die jeweils betrachteten Emissionsbereiche, die des damaligen Kerngebietes („Primary dump site“) für Versenkungen und eine eher als realistisch angesehene Zone („Secondary dump site“), die in etwa der späteren „Risk-Area“ der HELCOM entspricht (63).

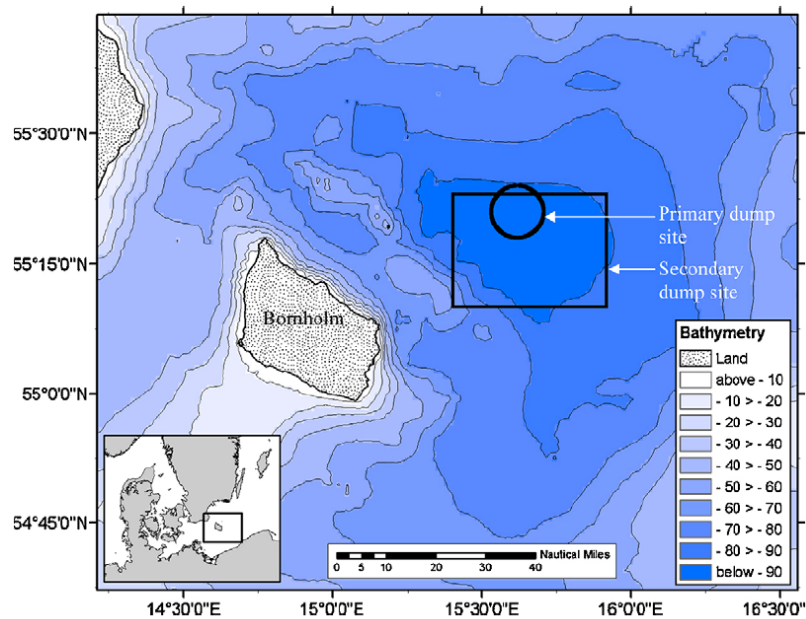


Abbildung 39: Position der beiden Emissionsbereiche östlich Bornholms [SANDERSON 2009]

Hinsichtlich der Ausbreitung der Kontaminationsfahnen ergibt sich für die Kernzone („primary dump site“) folgendes:

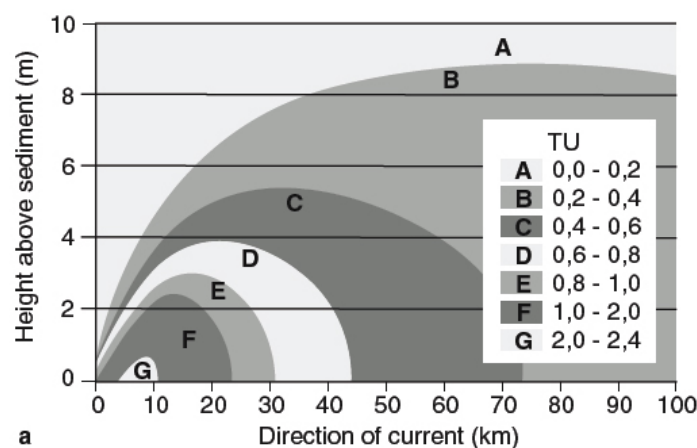


Abbildung 40: Risiko-Einheit (TU) Verteilung in der Wassersäule der „Primary dump site“ [SANDERSON 2008]

⁶³ Aus Gründen der besseren Sichtbarkeit wurde die praktisch identische Abbildung aus [SANDERSON 2009], nicht aus [SANDERSON 2008] übernommen. In letzterer ist die Beschriftung der beiden Versenkungsbereiche nur schwer zuzuordnen. Verwendung von Abbildung 39 mit freundlicher Genehmigung durch Elsevier. Verwendung der Abbildung 40 und Abbildung 41 mit freundlicher Genehmigung durch Springer Science and Business Media.

Demzufolge ist laut Abbildung 40 von signifikant toxischen Konzentrationen an Kampfstoffen und deren Abbauprodukten in bis zu 30 km Entfernung vom Startpunkt der Emission auszugehen, wobei [SANDERSON 2008] die überstrichene Fläche der Kernzone von etwa 10 km mit einbezieht. Das heißt, dass in Strömungsrichtung ab Außengrenze Kernzone eine Wasserschicht von etwas mehr als 20 km Länge und etwa 3 m Mächtigkeit mit einem signifikanten toxischen Risikopotenzial belastet ist.

Basierend auf den Annahmen für das erweiterte Versenkungsgebiet als Emissionsfläche resultieren die Berechnungen in folgenden Risikoverteilungen:

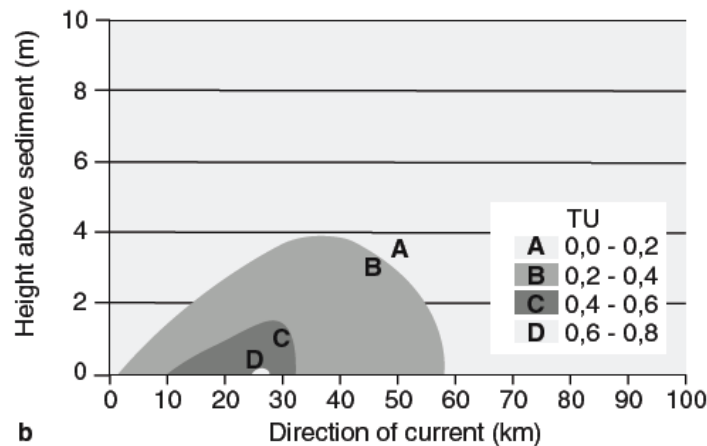


Abbildung 41: TU-Verteilung in der Wassersäule der „Secondary dump site“ [SANDERSON 2008]

Demnach ist das signifikante Risiko einer toxischen Konzentration ($TU > 1$) bei Zugrundelegung einer Emission der enthaltenen Kampfstoffmengen innerhalb des Betrachtungszeitraumes über die gesamte Fläche des erweiterten Versenkungsgebietes nicht akut gegeben, ein Risiko für die Fischkolonien ist aber dennoch nicht auszuschließen; zusätzliche Risikoeinschätzungen werden durch [SANDERSON 2008] empfohlen. Weitere Ausführungen hierzu finden sich auch unter nachfolgendem Unterpunkt „Einbindung von toxischen Substanzen in die Nahrungskette“.

5.6.3 Einbindung von toxischen Substanzen in die Nahrungskette

Die Problematik, dass in konventionellen und chemischen Kampfmitteln enthaltene Substanzen sowie ihre Zwischen- und Endabbauprodukte in die Nahrungskette gelangen, ist aktuell eines der vielleicht am meisten kontrovers diskutierten Themen, zu dem in der verfügbaren Literatur aber kaum belastbare Informationen vorliegen. Aufgrund der oftmals kanzerogenen, mutagenen oder teratogenen Eigenschaften von vielen Kampfstoffen und deren Abbauprodukten ist diese Problematik von erhöhter Brisanz.

Hinsichtlich der Anreicherung scheinen aktuell vermehrt Indizien bezüglich aus Kampfmitteln stammendem Arsen (vgl. die Ausführungen unter „Kontinuierlicher Eintrag von toxischen Substanzen in die marine Umwelt“) und Phosphor vorzuliegen (vgl. die diesbezüglichen Ausführungen unter „Phosphor“ in Kapitel 5.1.3 sowie 10.1.26), die relativ deutlich auf das Vorhandensein von entsprechenden subaquatischen Kampfmittelaltlasten zurückzuführen

sind. Oftmals sind andere entsprechende Stoffeinträge z.B. Schwermetalleinträge über die Vorfluter aber ebenfalls so bedeutend, dass – wenn überhaupt eine Anreicherung an relevanten Schadstoffen in der marinen Flora und Fauna nachweisbar ist – ein belastbarer Kausalitätszusammenhang mit den vorhandenen Kampfmittelaltlasten nicht eindeutig herzustellen ist, es bleibt bei Indizien (vgl. hierzu z.B. [SRU 2004]).

Direkte Auswirkungen von kontaminierter Nahrung hinsichtlich kanzerogener, teratogener oder mutagener Effekte beim Endkonsumenten Mensch sind bisher in den verfügbaren, als belastbar anzusehenden Publikationen nicht belegt. Eine entsprechende Relevanz dürfte aber dennoch aufgrund der Indizien auf eine bedeutende Bioakkumulation und somit dem potenziellen Gelangen bestimmter Substanzen in die Nahrungskette gegeben sein, wenn auch eine entsprechende Nachweisführung nach Einschätzung des Autors der vorliegenden Arbeit aufgrund der Multikausalität entsprechender akut oder chronisch toxischer Erscheinungen auch in Zukunft schwierig bis unmöglich sein wird. Indizien für akut toxische Effekte durch den Verzehr von senfgaskontaminiertem Fisch gibt u.a. [ANGERER 1985] mit Referenz auf eine dänische Expertin: demnach seien mehrfach Patienten „...mit Giftgassymptomen“ eingeliefert worden, bei Nachforschungen hätte sich herausgestellt, dass „...alle Fisch aus bestimmten Fanggebieten gegessen hatten“. [PREUBNER 1992] verweist auf die Möglichkeit, dass ein Teil der Vergiftungen durch Fisch aus den Fanggründen um Bornholm Ende der 1940er Jahre auf Arsenkampfstoffe zurückzuführen sind.

Aktuellere Studien wie [AMATO ET AL. 2006] (vgl. hierzu auch entsprechende Ausführungen von [SANDSTRÖM ET AL. 2003] in Kapitel 5.6.1) belegen recht eindeutig Schädigungen bei Fischen aus Versenkungsgebieten chemischer Kampfmittel bzw. grundsätzlich signifikante Gefährdungspotenziale gegenüber dort ansässiger Fischkolonien (vgl. [SANDERSON 2008]). [SANDERSON 2009] verweist explizit auf die Gefährdung der Ostseefische, da es erhebliche Überlappungen zwischen dem Versenkungsgebiet östlich Bornholms und Laich-/Brutgründen des Kabeljau/Dorsch (*Gadus morhua*)⁽⁶⁴⁾ gibt. Somit ist ebendiese Fischart mit ihrer wirtschaftlichen und ökologischen besonderen Bedeutung durch die dort versenkten chemischen Kampfstoffe und sich daraus ergebenden chronisch toxischen Auswirkungen betroffen.

Hinsichtlich der Risikobetrachtungen in [SANDERSON 2009], die auf den Fischkonsumenten – nicht wie [SANDERSON 2008] auf den Fisch selbst – abzielen, geht die höchste Gefährdung nach wie vor von Triphenylarsin aus, gefolgt von Senfgas und den Arsenkampfstoffen. Bezüglich des Konsums von Fisch aus den betroffenen Versenkungsgebieten ergibt sich aus den Berechnungen, dass u.a. auf Basis des vorhandenen Triphenylarsin und den resultierenden Arsenkonzentrationen über eine mögliche Bioakkumulation – gemessen an den Krebs-Gesundheitsgrenzwerten des US EPA – sowie der Krebsproblematik bei Senfgas, aus dem Kerngebiet („Primary dump site“) unter Annahme eines Worst-Case Szenarios kein Fisch gegessen werden dürfte, aus der erweiterten Zone der „Secondary dump site“ nur eine Fischmahlzeit pro Monat [SANDERSON 2009]. Ähnliche Empfehlungen hinsichtlich des Fischkonsums gibt [FFI 2002] bezüglich der Kontamination in den Versenkungsgebieten im Bereich des Skagerrak mit 1-3 Fischmahlzeiten pro Monat, die aufgrund der Analyseergebnisse als

⁶⁴ Hierbei handelt es sich um dieselbe Fischart; „Dorsch“ bezeichnet den noch nicht geschlechtsreifen Kabeljau.

ungefährlich eingestuft werden. Große Unsicherheiten bestehen laut [SANDERSON 2009] insbesondere hinsichtlich der Relationen von organischen und anorganischen Arsenverbindungen und deren spezifischen Transformationen unter den jeweils gegebenen Umweltbedingungen.

Laut [SRU 2004] reichern sich persistente und lipophile (also fettlösliche) Verbindungen in Meeresorganismen an („Bioakkumulation“). Durch den Verzehr kontaminierter Nahrung reichern sich diese Verbindungen in der Nahrungskette an, so dass bei Organismen, die wie der Mensch am Ende der Nahrungskette stehen, toxische Schadstoffkonzentrationen erreicht werden können. Zudem sei der Verzehr von Meeresfrüchten eine Hauptbelastungsquelle des menschlichen Organismus mit Schadstoffen, insbesondere mit Schwermetallen.

5.6.4 Auffischen / Kontamination von Fängen des gewerblichen Fischfangs

Eine detaillierte Aufstellung der bekannten Zwischenfälle im Ostseeraum, die auf subaquatische Kampfmittelaltlasten zurückzuführen sind, findet sich mit entsprechenden Zusatzinformationen in Kapitel 5.7. Diesbezüglich sind zahlenmäßig gerade die Funde chemischer Kampfmittel oder bereits ausgeschwemmter Kampfstoffe – meist Senfgas – in den Netzen von Fischerbooten von hoher Relevanz. Belastbare Statistiken von entsprechenden Funden und sich daraus ergebenden Zwischenfällen werden nur seitens Dänemarks im Rahmen jährlicher Kurzberichte an die HELCOM gemeldet; die Anrainerstaaten sind nicht verpflichtet, entsprechende Vorfälle zu melden [HELCOM 1994]. Seit 1985 wurden bis einschließlich 2007 insgesamt 448 entsprechende Zwischenfälle alleine seitens Dänemarks gemeldet. Hierbei variiert die Anzahl der jährlichen Vorfälle sehr stark, wie auch Abbildung 42 zeigt.

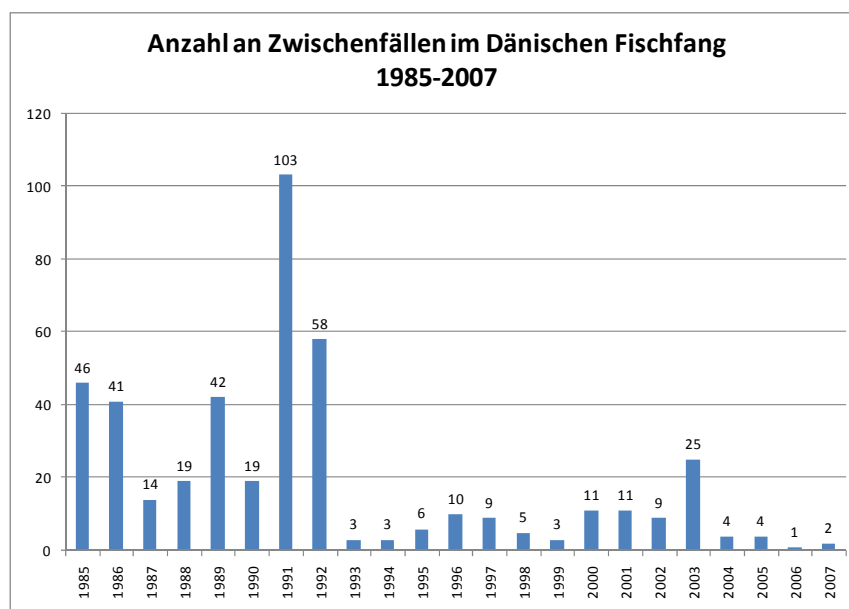


Abbildung 42: Anzahl der Zwischenfälle mit Kampfmitteln im dänischen Fischfang 1985 bis 2007 (nach HELCOM)

Wie bereits erwähnt, bestehen solche regelmäßig geführten Statistiken nur seitens Dänemarks, das als einziges Land finanzielle Entschädigungen an die Fischfangcrews zahlt. Dennoch

muss auch im dänischen Fischfang von einer signifikanten Anzahl von unbekanntem Zwischenfällen ausgegangen werden, da die Fangcrews einerseits die sehr aufwendigen Dekontaminationsmaßnahmen im Anschluss an solche Funde tendenziell vermeiden wollen, die durchaus zu tagelangen Ausfällen der Boote führen können, andererseits stets befürchtet wird, dass die oftmals sehr lohnenden Fanggründe⁽⁶⁵⁾ im Bereich der Bornholmer Versenkungsgebiete bei dramatischeren Zwischenfällen tatsächlich strikt für den Fischfang gesperrt werden könnten (vgl. hierzu u.a. [EPA DK 1992] sowie [JÄCKEL 1969]). Hierbei sei nochmals explizit darauf hingewiesen, dass diese Versenkungsgebiete in der Ostsee zwar als „risk areas“ also Risikogebiete in Seekarten ausgewiesen sind, jedoch keinerlei Auszeichnung vor Ort oder gar Fangverbot für diese Bereiche besteht. Grundsätzlich ist per nationaler Gesetzgebung einiger Fischfangnationen und Ostseeanrainer nur darauf zu achten, dass die Crews Schutz- sowie Erste Hilfe-Ausrüstung an Bord haben, wenn sie in den betreffenden Bereichen fischen [HELCOM 1994].

Im Rahmen der „Beifänge“ ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Funden in den Netzen sehr häufig nicht um mehr oder weniger stark korrodierte Kampfmittel handelt, sondern um reine Senfgas-„Klumpen“, die Nettogewichte von wenigen Kilogramm bis weit über 100 kg erreichen (vgl. entsprechende Details in den tabellarischen Ausführungen in Kapitel 5.7). Diese Senfgasklumpen enthalten – wie bereits in Kapitel 5.1 ausgeführt – in ihrem Kern vollaktives Senfgas, wobei der Klumpen selbst bei entsprechender physikalischer Belastung jederzeit auseinanderbrechen kann, was den enthaltenen Kampfstoff dann zu seiner Wirkungsentfaltung bringt. Kritisch ist auch zu bewerten, dass gerade diese schon im Meer frei beweglichen Senfgasklumpen nach dem Fund meist wieder rückversenkt werden und somit dem Kreislauf „Auffischen-Rückversenken-Auffischen“ eben nicht entzogen werden.

Neben den spezifisch akut toxischen Folgen der Kampfstoffe, mit denen die Schiffscrews nach dem Aufholen der Netze in Berührung kommen, sind auch die chronischen- und Spätfolgen, aber ebenso die mögliche Detonation der an Bord gebrachten Kampfmittel zu berücksichtigen. Zwar sind diese Detonationen statistisch nahezu vernachlässigbar, die Folgen aber umso verheerender, wie ein Zwischenfall in der Nordsee auf einem niederländischen Trawler im April 2005 zeigte, bei dem ein mit dem Fangnetz an Bord gehievtes Kampfmittel explodierte und drei Besatzungsmitglieder tötete (detaillierte Informationen zu genanntem Zwischenfall finden sich auch in [BEDDINGTON & KINLOCH 2005]).

Ebenfalls ist zu der Kontamination von Besatzung und Schiff aber auch eine mögliche – unbemerkte – Kontamination der Fänge in Betracht zu ziehen. Beispiele hierfür finden sich gerade in den Nachkriegsjahren (vgl. u.a. [JÄCKEL 1969] sowie [NEHRING 2007]), bei denen Fänge, die aller Voraussicht nach u.a. mit Senfgas kontaminiert waren, nicht vernichtet wur-

⁶⁵ Solange durch die Emission von Inhaltsstoffen aus bereits durchkorrodierten Kampfmitteln keine akut toxischen oder nur sehr lokal begrenzte Konzentrationen erreicht werden, repräsentieren diese Versenkungsstellen – im Gegensatz zu umliegenden, durch Schlick dominierte Bereiche – eine Art Hartbodencharakteristik (vgl. [LIEBEZEIT 2002]). Diese Stellen werden – soweit es die Umgebungsparameter zulassen – bevorzugt von Pflanzen bewachsen, was wiederum entsprechende Populationen an Kleinstlebewesen und Kleinfischen nach sich zieht. Es entwickelt sich somit eine auf der natürlichen Nahrungskette basierende Präsenz auch von größeren Fischarten.

den. Das resultierende, aktuelle Risiko zumindest einer akuten Vergiftung des Endverbrauchers ist laut [THEOBALD 2002] aber gering: Zwar können die Fänge z.B. durch anhaftendes Senfgas kontaminiert werden, sobald eine Crew aber enthaltene Senfgasklumpen sieht, wird das Netz umgehend gekappt und mitsamt Inhalt rückversenkt oder beides an Land vernichtet. Zudem wird der Fisch auf dem Weg zum Konsumenten mehrfach begutachtet und kontrolliert. Versuche mit Senfgas kontaminiertem Fisch, der roh, gekocht und frittiert an Versuchstiere verfüttert wurde, zeigten zumindest keine akut toxischen Wirkungen.

5.6.5 Versehentlicher Kontakt / Aufnahme von Inhaltsstoffen

Der Kontakt mit insbesondere chemischen Kampfmitteln und den in ihnen enthaltenen Kampfstoffen ist aber nicht nur auf die gewerbliche Fischerei oder sonstige sehr spezielle Tätigkeiten reduziert. Aufgrund der – laut einigen Experten – mittlerweile nahezu als flächendeckend anzunehmenden Verstreuung chemischer Kampfmittel bzw. der großräumigen Verteilung von bereits freigesetzten Kampfstoffen (wie z.B. Senfgas) in der Ostsee, die neben der Schleppnetzfisherei sowie eventuellen Transportmechanismen über Strömungen auch auf die über Jahrzehnte erfolgte unkontrollierte Rückversenkung von Kampfmitteln aus den Netzen zurückzuführen ist, kann auch ein versehentlicher Kontakt nicht ausgeschlossen werden.

Dieser versehentliche Kontakt könnte zum Beispiel beim Heraufholen eines kontaminierten Ankers entstehen ⁽⁶⁶⁾, in einem „sudden release“ im Umfeld von ankernden oder vorbeifahrenden Booten, viel eher aber – wie sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich am Beispiel von Phosphor zeigt (vgl. z.B. [NEHRING 2007]) – bei der Anlandung bereits aus durchkorrodierten Kampfmitteln ausgeschwemmter Inhaltsstoffe.

Solche Anschwemmungen sind nicht nur in Bezug auf Phosphor von den diesbezüglichen deutschen Problemzonen wie unter anderem der Ostseeinsel Usedom bekannt, sondern fanden auch in großem Umfang in Form von Senfgas statt, das Mitte der Sechziger Jahre an der Ostseeküste Polens angeschwemmt wurde und dort zu ernsthaften Verletzungen von Dutzenden Erwachsenen und Kindern führte (vgl. Kapitel 5.7 sowie [WITKIEWICZ & SZARSKI 1997]).

Grundsätzlich ist natürlich auch eine direkte Aufnahme von bestimmten Substanzen über dermale, inhalatorische oder orale Expositionswege nicht auszuschließen. Nahezu alle betrachteten konventionellen und chemischen Inhaltsstoffe in Kampfmitteln weisen – abgesehen von Tabun und Chlor – zwar meist wesentlich höhere spezifische Dichten als Meerwasser auf, dennoch können Partikel dieser Substanzen durchaus z.B. in den Bereich von Schwimmern gelangen. Dies ist neben möglicher Einflüsse durch die Brandung auch in Form von an der Oberfläche driftenden Filmen der Kampfstoffe (siehe Senfgas) möglich, aber auch durch eine Veränderung der spezifischen Gewichte im Rahmen von Lösungs- und Hydrolysemechanismen, wenn die Anteile an nicht abbaubaren, aber wesentlich leichteren Verdickern zunimmt und sich das spezifische Gewicht dem des Meerwassers annähert oder gar unterschreitet und damit die theoretisch schwereren Kampfstoffe und sonstigen Inhalts-

⁶⁶ [EMEL'YANOV ET AL. 2000] beschreibt z.B. einen Zwischenfall während einer Forschungsfahrt ins Versenkungsgebiet Bornholm, auf der mit einem Sedimentgreifer versehentlich auch ein Klumpen Senfgas an Bord gebracht wurde, der durch die Erwärmung an Deck zu verdampfen begann.

stoffe schwimmfähig macht (vgl. hierzu entsprechende Ausführungen in Kapitel 5.1.2. sowie 5.1.3 und relevante Details der Stoffdatenbank in Kapitel 10.1).

5.6.6 Selbstdetonationen chemischer und konventioneller Kampfmittel

Die Selbstdetonation von Kampfmitteln im Rahmen subaquatischer Kampfmittelaltlasten ist – im Gegensatz zu landbasierten Betrachtungen – ein in der verfügbaren Literatur kaum betrachtetes Gefährdungspotenzial. Zurückzuführen sind diese Detonationen unter anderem auf Korrosionsprozesse, die bautechnische Trennungen in Zündteilen der Kampfmittel auflösen, chemische Umsetzungen in Langzeitzündern oder mechanische Beanspruchungen. Eine detaillierte Studie zu subaquatischen Selbstdetonationen liegt nur durch [FORD ET AL. 2005] vor, die im Auftrag des Britischen Verteidigungsministeriums erarbeitet wurde und auf Unterwasserdetonationen eingeht, die im Bereich des Beaufort's Dyke lokalisiert sind und nicht auf vorsätzlich herbeigeführte Sprengungen zurückzuführen sind.

Die Ergebnisse der Studie basieren auf Auswertungen seismischer Messdaten im betrachteten Seegebiet im Zeitraum 1992 bis 2004 und berücksichtigen nur Ereignisse, die eine Lokalbebenmagnitude ML von mindestens etwa 1,5 erreichten. Im Betrachtungszeitraum wurden insgesamt 47 Detonationsereignisse festgestellt, von denen 13 allerdings nachträglich als „confirmed“, also absichtlich hervorgerufen, definiert werden konnten. Somit wurden 34 Selbstdetonationen im Zeitraum von 12 Jahren mit einer Mindeststärke von 1,5 auf der betreffenden Richterskala im Bereich des Beauforts Dyke detektiert, was etwa 3 Selbstdetonationen pro Jahr entspricht.

Nachfolgende Abbildung 43 gibt einen Überblick über die Lage der Selbstdetonationen. Die blau markierten Positionen repräsentieren vorsätzliche Detonationen („confirmed“).

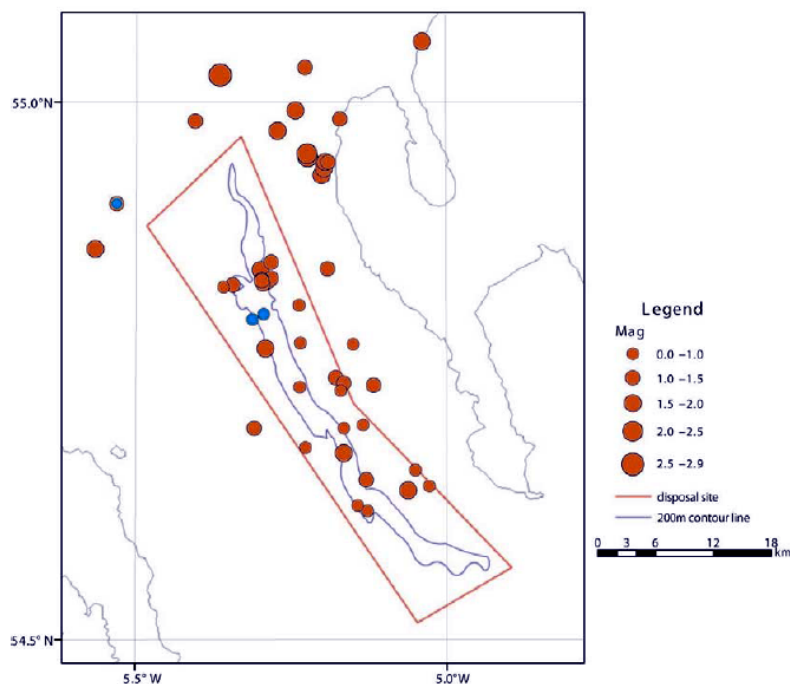


Abbildung 43: Positionierung der Selbstdetonationen in Beaufort's Dyke [FORD ET AL. 2005]

Problematisch sind diese Selbstdetonationen unter anderem im Rahmen von Kettenreaktionen, bei denen durch ein Einzelereignis mehrere Kampfmittel im Umfeld mitgezündet werden, im Kontext eines „sudden release“ (nachfolgend detailliert ausgeführt) und einer entsprechend großen, schlagartigen Freisetzung von enthaltenen Kampfstoffen und sonstigen toxischen Substanzen in die marine Umwelt.

Ein weiterer Aspekt von Selbstdetonationen ist die Beschädigung oder Zerstörung von Schiffsrümpfen im Einflussbereich der Detonation. [BEDDINGTON & KINLOCH 2005] beziehen sich hierbei auf eine Studie am Royal Military College of Science aus dem Jahre 1991: Demnach wird bei einer Unterwasserexplosion die Energie in eine initiale Schockwelle umgewandelt, der Millisekunden später eine Blasenbildung folgt. Von der freiwerdenden Energie ist etwa ein Drittel verfügbar, um über die Schockwelle Schäden anzurichten, weitere 30 % resultieren aus dem Gasschlag, der signifikante Schäden an Schiffsrümpfen verursachen kann. Nach genannter Studie ist es somit notwendig sicherzustellen, dass Kampfmittelversenkungsgebiete (insbesondere mit signifikanten Gehalten an Sprengstoffen) frei von Schiffbefahrungen gehalten werden, um das Unfallrisiko durch eine Unterwasserexplosion zu minimieren. Hinsichtlich des in der Studie betrachteten Tiefseegebietes „Porcupine Abyssal Plain“ (westlich Irlands), das Wassertiefen bis etwa 4.800 m aufweist, wird nicht davon ausgegangen, dass eine Detonation signifikante Effekte an der Wasseroberfläche hätte.

5.6.7 Schlagartiges Freiwerden signifikanter Mengen an Inhaltsstoffen „Sudden Release“

Ein so genannter „sudden release“, also ein schlagartiges Freiwerden größerer Mengen an Kampfmittelinhaltsstoffen, kann durch eine Vielzahl von Einwirkungen auf eine subaquatische Kampfmittelaltlast hervorgerufen werden:

- durch eine mögliche Selbstdetonation eines Kampfmittels, die in einer Kettenreaktion oder statischem Versagen und entsprechender Zerstörung einer Vielzahl von Kampfmittelhüllen und damit einhergehenden, massiven Freisetzung von Inhaltsstoffen resultiert. Hierbei können – in Abhängigkeit der Lösungs- und Abbaumechanismen der einzelnen Inhaltsstoffe – erhebliche Stoffkonzentrationen im Umfeld der Explosion und im Abstrom („Kontaminationsfahnen“) entstehen, die bei weitem über die bereits betrachteten Szenarien im Rahmen „ungestörter“, allein auf natürliche Korrosionsvorgänge zurückgehende Freisetzungen hinausgehen. Unlösliche Inhaltsstoffe würden dann in einer Art Emulsion (flüssiger Inhaltsstoff) oder Suspension (fester Inhaltsstoff) im umgebenden Seewasser verteilt werden und verdriften. Bei geringeren Wassertiefen⁽⁶⁷⁾ ist von einem signifikanten Transport von Kampfmittelinhaltsstoffen in oberflächennahen Wasserschichten und an die Wasseroberfläche auszugehen (siehe hierzu auch entsprechende Ausführungen in Kapitel 5.1).

⁶⁷ Hierzu liegen dem Autor keine belastbaren Informationen vor. Als Anhaltspunkt könnten Wassertiefen von 0 bis etwa 100 m mit einem erheblichen Gefährdungspotenzial verbunden werden, ab Wassertiefen von mehreren Hundert Metern sind wohl nur noch geringe Effekte an der Wasseroberfläche zu erwarten.

- durch externe mechanische Einwirkungen wie z.B. das Verfangen eines Netzes der Schleppnetzfisherei, durch Effekte von Baumaßnahmen, seismischen Untersuchungen etc. könnten bereits durch Korrosion geschwächte Tragstrukturen statisch versagen. Hinsichtlich eines „sudden release“ sind hier gerade mit Kampfmitteln beladene Schiffwracks von erhöhter Relevanz. Einstürzende Rümpfe oder Deckaufbauten könnten hier zu einer massiven Zerstörung von bereits labilen Kampfmittelhüllen führen und in einer entsprechenden Freisetzung resultieren. In einer Worst-case-Betrachtung könnte diese erst einmal rein mechanische Belastung der Kampfmittel zu Detonationen und einer erheblichen Freisetzung von Inhaltsstoffen führen. Ebenfalls relevant sind in diesem Kontext Flachwassergebiete mit entsprechenden Versenkungsgebieten, die z.B. durch Havarien von Schiffen massiv mechanisch beansprucht werden könnten. Beispielhaft sei hier die Strandung eines deutschen Containerschiffs in unmittelbarer Nähe des belgischen Paardenmarkt-Versenkungsgebietes (mit Wassertiefen zwischen 5 und 15 m) im November 2001 genannt (vgl. [OSTC 2002]). Die Folgen eines vergleichbaren Ereignisses innerhalb des Versenkungsgebietes wären nicht absehbar gewesen.

5.6.8 Anlandung von Behältern sowie ausgeschwemmter Inhaltsstoffe an Küsten

Der mögliche strömungsbedingte Transport von Kampfmitteln ist ebenfalls ein sehr kontrovers diskutiertes Thema. Viele meist behördliche Institutionen betonen immer wieder, dass Kampfmittel und deren Inhaltsstoffe aufgrund ihres Gewichtes am Meeresboden verbleiben, auch wenn dies seit Bestehen subaquatischer Kampfmittelaltlasten praktisch kontinuierlich durch entsprechende Anschwemmungen oftmals auch recht großer Kampfmittel nach Winterstürmen und daraus resultierende regelmäßige Strandbegehungen und Räumungen durch die Kampfmittelräumdienste widerlegt wird (vgl. z.B. [LIEBEZEIT 2002]). Beispielsweise wurden 1998 alleine an der niedersächsischen Küste 243 Kampfmittelfunde gemeldet [RAPSCH & FISCHER 2000]. [BEDDINGTON & KINLOCH 2005] berichtet von angespülten Handgranaten an englischen Küsten, pyrotechnischen Kampfmitteln, Gefechtsköpfen und sonstiger Kampfmittel, auch in Verbindung mit Verletzungen von Strandbesuchern. Der Bericht des Imperial College führt auch weitere „gewichtige“ Strandfunde auf: so wurden zwischen 1952 und 1954 fünf Bomben unbekanntes Inhaltes an der polnischen Küste angeschwemmt; sie wurden wahrscheinlich „en route“ versenkt. 1954 wurde am Selliner Strand auf Rügen eine Kampfstoffbombe gefunden, deren Anschwemmung ebenfalls wohl auf eine vorzeitige Versenkung durch ein aus Wolgast abfahrendes Schiff beruht. Gerade hinsichtlich eines möglichen Einflusses einer bedeutenden Störung des Meeresbodens durch Bauarbeiten (z.B. durch die anstehende Verlegung der North European Gas Pipeline (NEGP)) belegt [BEDDINGTON & KINLOCH 2005] das Anspülen von mehr als 5.000 Brandbomben/pyrotechnischer Gegenstände seit 1990 an der Küste der Isle of Man und anderen Küsten der Irischen See. Diese Anspülungen werden mit seismischen Arbeiten und einer Rohrverlegung in Verbindung gebracht und führten ebenfalls zu Verletzungen bei Strandbesuchern. Die angespülten Brandkörper lagen ursprünglich in 3 Seemeilen Entfernung zur Küste in einer Wassertiefe von etwa 50 m. Zudem wird von Anspülungen von Anti-Panzer- und konventionellen Großminen berichtet.

Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass kleinere Kampfmittel wie Granaten durchaus im Rahmen von Tidenströmungen auch im freien Meer signifikant transportiert werden können, während größere Kampfmittel wie z.B. zylindrische Bomben eher dazu neigen, eine Auskolkung⁽⁶⁸⁾ entlang ihrer Außenseiten zu generieren, in die sie tendenziell hinein sinken, ohne wesentlich transportiert zu werden [MARTIN 2002]. Ein Sonderfall sind in diesem Kontext z.B. Seeminen, die aufgrund ihrer grundsätzlichen Kugelform recht gut beweglich sind und zudem – im Verhältnis zu potenziell strömungsinduzierten Auskolkungen am Fuß der Mine – eine recht hohe Angriffsfläche für Strömungsmechanismen bieten.

Gerade hinsichtlich der Argumentationen bezüglich des sicheren Verbleibs der Kampfmittel und ihrer Inhaltsstoffe und deren Bezug auf die normalerweise sehr geringen, vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten in den Tiefenbecken der Ostsee, sind die periodischen Salzwassereinbrüche von großem Interesse. Entgegen der üblichen Strömungsgeschwindigkeiten von wenigen Zentimetern pro Sekunde in der Ostsee (z.B. 0,05 m/s im Bornholmer Bereich [MISSIAEN & FELLER 2008]), führen diese Einbrüche mit schweren, bodennah fließenden Schichtungen zu Strömungsgeschwindigkeiten von 0,50 – 0,80 m/s [EMELYANOV ET AL. 2000] und können etwa 1,0 m/s erreichen [IOW 2008]. Diese Strömungen sind nicht nur in der Lage, erheblich größere Kampfmittel bzw. deren Inhalte aus den vermeintlich sicheren „Endlagerstätten“ der Tiefseebecken zu transportieren, sondern können zudem in einer erheblichen Erosion und Sedimentumlagerung resultieren. Die mit diesen hohen, bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten verbundene Stromscherung führt laut [IOW 2008] zu starken Turbulenzen und vertikaler Vermischung von ausströmendem Brackwasser und einströmendem Salzwasser (vgl. Abbildung 44). Im Kanal nördlich der Insel Bornholm, der den Ausstromkanal für den salzhaltigen Bodenwasserpool des Arkonabeckens darstellt, wurde eine ähnliche Situation mit ebenfalls starker vertikaler Vermischung beobachtet.

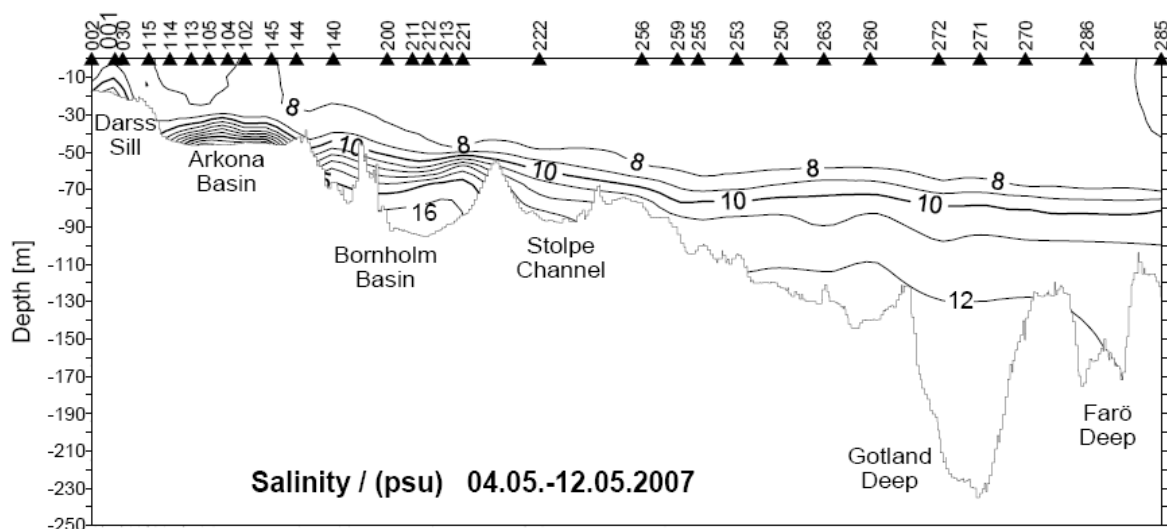


Abbildung 44: Exemplarisches Vertikalschichtungsdiagramm der Salzgehalte zwischen Darßer Schwelle und nördlichem Gotlandbecken [IOW 2008]

⁶⁸ Vertiefung am Boden eines Gewässers, basierend auf eine durch Turbulenzen induzierte Erosion des Sedimentes; es entsteht ein sogenannter „Kolk“

[LIEBEZEIT 2002] weist insbesondere darauf hin, dass angenommene Sedimentüberlagerungen von Kampfmitteln eben kein Garant dafür sind, dass diese Kampfmittel unter dieser „Schutzschicht“ verbleiben: Im Bereich des Jade-Busens (Nordsee) wurden Kampfmittel im Zuge von Vertiefungen eines Schiffskanals mit bis zu acht Metern Sediment überdeckt. Hier werden aber nach wie vor größere Mengen an Kampfmitteln im Rahmen von Baggararbeiten oder sogar bei Ebbe auf dem offenen Watt liegend gefunden. Auch „versinken“ Kampfmittel, die Auskolkungen bilden und mit fortschreitender Erosion des Sedimentteils, auf dem sie liegen, und irgendwann in diese Auskolkungen hineinrutschen, nicht automatisch im Sediment. Laut [MARTIN 2002] ist dieser Versinkungsmechanismus nur dann gegeben, wenn auf die Auskolkung Phasen von nennenswerter Sedimentation folgen, bei der die Kampfmittel dann sukzessive bedeckt werden.

Ausgeschwemmte Kampfmittelinhaltsstoffe – gerade Phosphor und Senfgas – können, wie bereits mehrfach ausgeführt, hinsichtlich ihrer leichten Verdriftbarkeit und Hydrolysebeständigkeit ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen, wie auch entsprechende Zwischenfälle in den vergangenen Jahrzehnten (vgl. hierzu u.a. Kapitel 5.7) deutlich belegen.

Abgesehen von den voran genannten Transportmechanismen erscheint eine Information in [JÄCKEL 1971] als hochinteressant, die so auch in keiner sonst ausgewerteten Quelle zu finden war: Demnach werden durch die oftmals als Hydrolyse- oder Zersetzungsprodukt gebildete Salzsäure (z.B. bei Senfgas) eisenhaltige Kampfmittelhüllen angegriffen. Hierbei entsteht Wasserstoff, der allmählich durch perforierte Hüllen die eigentliche Füllung verdrängt und z.B. Sprühbüchsen (siehe hierzu die in Kapitel 10.2 enthaltene Kampfmitteldatenbank) allmählich Auftrieb verleihen kann. Diese aufgeschwemmten Sprühbüchsen können dann durch Oberflächenströmungen nahezu beliebig verdriftet werden und beim Anlanden noch enthaltenes Senfgas austreten lassen und entsprechende Unfälle verursachen. Laut [JÄCKEL 1971] scheint dieser Auftriebsmechanismus auch bei Senfgasbomben möglich zu sein, bei Lostgranaten hingegen – auf Basis des erheblich höheren Gewichtes der Ummantelung in Relation zum Volumen – ist dies kaum zu erwarten.

5.6.9 Terrorismus und Zugänglichkeit zu chemischen Kampfstoffen

Das von subaquatischen Kampfmittelaltlasten ausgehende Gefährdungspotenzial hinsichtlich terroristischer Aktivitäten – sprich der Zugänglichkeit zu chemischen Kampfstoffen – wird nach Ansicht des Autors der vorliegenden Arbeit zumindest in Europa bisher deutlich unterschätzt. Sind viele chemische Kampfstoffe nach Aussage einiger Experten doch recht einfach in besseren „Küchenlaboren“ selbst herstellbar (aber teilweise dann schwer zu händeln) (vgl. z.B. [BALLANTYNE ET AL. 2007]) oder schlichtweg auf dem Schwarzmarkt für zahlungskräftige Käufer verfügbar (vgl. z.B. [AKNZ 2005]), so ist mit der Lagerung von Hunderten von Tonnen bereits fertig „verpackter“ chemischer Kampfstoffe in Wassertiefen von ab etwa 5 bis 10 m (vgl. z.B. belgischer Paardenmarkt) dennoch ein erhebliches Risikopotenzial verbunden.

Chemische Kampfstoffe stellen als Sabotagewaffe ein großes Bedrohungspotenzial für die Bevölkerung dar [AKNZ 2005]. Gerade Nervenampfstoffe scheinen im Kontext diametraler

Angriffe – wie bereits in der Vergangenheit durch Sarin-Einsätze bei terroristischen Anschlägen z.B. in Matsumoto im Jahre 1994 oder der Tokyoter U-Bahn im Jahre 1995 belegt (vgl. z.B. [ROBERTS & MAYNARD 2007] oder [OKUMURA ET AL. 2007]) – eine Sonderrolle einzunehmen. Aber auch von „einfachen“ Kampfstoffen wie Blausäure geht ein erhebliches Gefahrenpotenzial aus, wie aus nachrichtendienstlichen Informationen zu angedachten Terroranschlägen nationaler und internationaler Gruppen – u.a. Anfang 2003 durch eine Zelle der Al Quaida bei der Planung eines Anschlages mit Blausäure in der New Yorker U-Bahn – hervorgeht [BALLANTYNE ET AL. 2007].

Die Sorge um den Einsatz chemischer, biologischer oder radioaktiver Kampfstoffe und Substanzen im Rahmen terroristischer Akte gerade auf Städte steigt, zahlreiche europäische aber auch andere Staaten haben diesbezügliche Reaktions- und Katastrophenpläne erarbeitet [BAKER 2007]. Bezüglich des Einsatzes von chemischen Substanzen sind die meisten Terroristen oder vergleichbar einzustufende Gruppen und Einzelpersonen darauf bedacht, auf besonders billige, fertig verfügbare Substanzen mit der Kapazität, Menschenmassen zu schädigen bzw. in Angst und Schrecken zu versetzen, zurückzugreifen, die zudem vergleichsweise leicht zu handhaben sind und unauffällig weiträumig zur Wirkungsentfaltung gebracht werden können [BALLANTYNE ET AL. 2007]. Zweifelsohne sind dies alles Attribute, die chemische Kampfstoffe und insbesondere chemische Kampfmittel im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten beispielhaft erfüllen.

Es liegen zwar zumindest in der frei verfügbaren Literatur keinerlei Hinweise auf entsprechend ausgerichtete Aktivitäten oder sogar realisierte Beschaffungen und Einsätze von chemischen Kampfstoffen aus subaquatischen Kampfmittelaltlasten vor, im Rahmen eigener Nachforschungen des Autors ergaben sich aber folgende – durchaus nachdenklich machende – Informationen ⁽⁶⁹⁾, deren weitere Details im Rahmen der vorliegenden Arbeit allerdings ebenfalls nicht publiziert werden dürfen:

- Basierend auf einer schriftlichen Kommunikation mit einem internationalen Experten für chemische Kampfmittelversenkungen besteht anscheinend oftmals keinerlei aktive Überwachung von subaquatischen Kampfmittelaltlasten. Insbesondere im Falle von Versenkungsstellen mit sehr geringen Wassertiefen und somit auch durch einfache „Schnorcheltaucher“ oder nur mäßig geschulte Presslufttaucher erreichbare Kampfmittel wäre eine Überwachung durch entsprechende Institutionen des staatlichen Sicherheitsapparates sicher sinnvoll.
- Zudem ergaben sich mehrfach in persönlicher Kommunikation mit Repräsentanten entsprechender Institutionen Hinweise, dass es weltweit anscheinend vermehrte Bemühungen von Einzelpersonen mit terroristisch motiviertem Hintergrund bzw. als solche definierte Gruppen gibt, über Tauchgänge an versenkte Kampfmittel bzw. darin enthaltenes konventionelles und/oder chemisches Material zu gelangen. Diese Problematik für die „Innere und Äußere Sicherheit“ führte auch – in Absprache mit rele-

⁶⁹ Aus Gründen der Vertraulichkeit werden die entsprechenden Gesprächspartner bzw. Institutionen nicht namentlich genannt. Ebenso dürfen hier keine weiteren Details zu diesen Informationen genannt werden.

vanten Stellen – zu einer teilweise signifikanten „Entschärfung“ der in der vorliegenden Arbeit publizierten bzw. enthaltenen Detailinformationen.

Abschließend sei im Kontext terroristischer Aktivitäten auch auf das erhebliche Gefährdungspotenzial von Senfgas verwiesen: Laut [CHILCOTT 2007] ist aus militärischer Sicht nicht unbedingt der rein letale Aspekt eines Kampfstoffes prioritär, sondern viel mehr sein Potenzial zur Schaffung einer Handlungsunfähigkeit des Betroffenen. Hierbei kann Senfgas mit VX – zusammen mit Novichok wahrscheinlich der toxischste Vertreter aller Nervengase – gleichgesetzt werden, was auch heute noch seinen Ruf als „König der Kampfgase“ rechtfertigt. Basierend auf den pathologischen Effekten einer Senfgasverletzung werden medizinische Ressourcen substanziell belastet, insbesondere bei einer eventuellen Massenkontamination im Rahmen eines terroristisch motivierten Anschlags. [PRENTISS 1937] rechnet – beziehend auf entsprechende Feldversuche – mit Konzentrationen von 0,070 mg/l, die bei Windgeschwindigkeiten von bis zu 12 Meilen/h (fast 20 km/h) über ein normal gesättigtes, senfgaskontaminiertes Terrain noch in etwa 500 bis 1.000 m Entfernung in Windrichtung binnen 30 Minuten zum Tode führen können. [LOHS 1992] führt hierzu eine vergleichende Untersuchung zu Sarin und Senfgas aus dem Jahre 1988 an:

Tabelle 31: Kampfstofffreisetzung und zu erwartende Folgen (nach [LOHS 1992])

Abstand in dem Todesfälle auftreten	bei Freisetzung von			
	Sarin		Senfgas	
	min. Menge [kg]	max. Menge [kg]	min. Menge [kg]	max. Menge [kg]
0,5 km	0,2	2	7	70
1 km	0,7	7	18	230
2 km	3	27	70	900
5 km	14	180	300	20.500
20 km	180	3.900	2.700	90.000
50 km	900	27.000	13.600	-
100 km	4.000	450.000	40.000	-

Für die genannten Mengen an Kampfstoffen in Tabelle 31 ist in der linken Spalte jeweils der Abstand in Windrichtung vom Ort der Emission angegeben, ab dem keine Todesfälle mehr zu erwarten sind. Die Mengenangaben basieren auf zwei unterschiedlichen Wetterbedingungen, wobei erstere (Minimalmengen) die Kampfstoffausbreitung am stärksten fördert und die zweite, aufgrund ungünstigerer Ausbreitungsprozesse, einer höheren Emissionsmenge bedarf.

5.7 Zwischenfälle mit Kampfmitteln im Ostseeraum

Seit Beginn der Versenkungen chemischer und konventioneller Kampfmittel unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkrieges kommt es zu oftmals schwerwiegenden Zwischenfällen mit entsprechender Fundmunition oder deren Inhaltsstoffen. Über die genauen Zahlen an Zwischenfällen und damit verbundenen Verletzten und Toten ist – wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben – aufgrund der nur sehr eingeschränkten Meldungen solcher Unfälle nur wenig bekannt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit und basierend auf den nachfolgenden tabellarischen Ausführungen konnten mindestens 580 Zwischenfälle mit chemischen und konventionellen Kampfmitteln im Zeitraum 1945 bis 2007 in der Ostsee belastbar belegt werden. Hierbei ergab sich eine Zahl von mindestens 290 Verletzten und etwa 168 Todesfälle⁽⁷⁰⁾. Etwa 90 % dieser mindestens 580 Zwischenfälle waren mit chemischen Kampfmitteln (meist Senfgas) oder deren Inhalte verbunden, die aber wiederum – soweit sie überhaupt in gemeldeten gesundheitlichen Konsequenzen für die Betroffenen resultierten – nur in seltenen Fällen zu Todesopfern, sondern meist zu Verletzten und Schwerstverletzten führten.

Es sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Zahlen nur die absolute Untergrenze der realen Zwischenfälle und Opfer dokumentieren, die tatsächliche Anzahl an Zwischenfällen liegt sehr wahrscheinlich auch aufgrund der Meldepraxis um ein Vielfaches höher. Die hier dargestellten Zwischenfälle umfassen als Datenbasis nur die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ohnehin verwendeten Quellen, es wurde nicht gezielt nach weiteren, zwischenfallspezifischen Meldungen, Medienberichten oder sonstigen Quellen gesucht, um weitere Fälle belegen zu können. Der Fokus der nachfolgenden Ausführungen liegt auf einer grundsätzlichen Darstellung des Gefährdungsausmaßes und einer diesbezüglichen Sensibilisierung für die „Bandbreite“ der bestehenden Gefährdungen, nicht aber auf einer umfassenden Listung aller Zwischenfälle und Summierung resultierender Opferzahlen.

Bemerkung zu nachfolgenden Tabellen

Die verwendeten Quellen werden in den Tabellen aus Gründen der Übersichtlichkeit durch in Klammern gesetzte Zahlen angegeben, die sich wie folgt auf entsprechende Quellen beziehen:

- (1) [BSH 1993]
- (2) [HELCOM 1994]
- (3) [THEOBALD 2002]
- (4) [HELCOM 2008]
- (5) [HELCOM MONAS 2001]
- (6) [HELCOM RESPONSE 2003]
- (7) [HELCOM RESPONSE 2004]

⁷⁰ BRD: 116 bis 120 Zwischenfälle, Dänemark 449 Zwischenfälle, sonstige Anrainer 14 bis 32 Zwischenfälle, Summe 579 bis 601 Zwischenfälle; Verletzte insgesamt 290 bis 454, Tote 168 bis 170 (davon aber 143 im Jahre 1945 in Verbindung mit Detonationen bei Versenkungsaktivitäten)

- (8) [HELCOM RESPONSE 2005]
- (9) [HELCOM MONAS 2006]
- (10) [HELCOM MONAS 2007]
- (11) [INMIN SH 2007]
- (12) [INMIN SH 2007B]
- (13) [NEHRING 2007]
- (14) [WITKIEWICZ & SZARSKI 1997]
- (15) [KAFFKA 1996]
- (16) [POLITZ 1994]
- (17) [JÄCKEL 1969]
- (18) [JÄCKEL 1971]
- (19) [PLUNCKETT 2003]
- (20) [MERCW 2006]
- (21) [THAMM 2002]
- (22) [ANGERER 1985]
- (23) [HELCOM MONAS 2008]
- (24) [BRAUCH 1982]

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 32: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1945/1946

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität		Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
						1945					
BRD01	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	05.06.1945	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Frachtschiff versenkt	13
BRD02	-	Flensburg	Unfall / Detonation	14.06.1945	konventionell (?)	-	-	-	-	Detonation des Frachtdampfers "Donau" (ex. Nicea) während Beladung zur Munitionsversenkung; 5 Schiffe versenkt bzw. beschädigt (13); 88 Tote	21/13
BRD03	-	Ostsee (W)	Unfall / Detonation	21.06.1945	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonationen, Dampfer beschädigt	13
BRD04	-	Kattegat	Unfall / Detonation	14.08.1945	konventionell	-	-	-	-	Detonationen während Munitionsversenkung; Dampfer Bernleff versenkt; 55 Tote	13/18
BRD05	-	Greifswalder Bodden	Unfall / Detonation	24.10.1945	konventionell	-	-	-	-	Detonationen während Munitionsversenkung; Lastkahn versenkt	13
BRD06	-	Kieler Förde	Unfall / Detonation	Ende 1945	chemisch	-	-	-	-	Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; mind. 2 Tote, mind. 1 Verletzter	13
1946											
BRD01	-	Lubecker Bucht	Unfall / Detonation	1946	konventionell	-	-	-	-	Detonationen während Munitionsversenkung; Schute versenkt; 2 Tote	13
BRD02	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	29.01.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD03	-	Fehmarn Belt	Unfall / Detonation	09.03.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
BRD04	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	10.03.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer versenkt; 2 Tote	13
BRD05	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	27.03.1945	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation; Schlepper versenkt	13
BRD06	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	27.03.1945	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD07	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	27.03.1945	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD08	-	Fehmarn Belt	Unfall / Detonation	25.04.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD09	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	25.05.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD10	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	07.06.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt; 3 Tote	13
BRD11	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	25.06.1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD12	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	Sept. 1946	konventionell	-	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 33: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1947/1948 (Teil I)

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
BRD01	-	Arkona See	Unfall / Detonation	1947	chemisch	-	-	-	Senfgas; Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; 1 Toter	13
BRD02	-	Ostsee (W)	Unfall / Detonation	1947	chemisch	-	-	-	Adamsit; Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; 1 Verletzter	13
BRD03	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	23.04.1947	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt	13
BRD04	-	Bornholm	Unfall / Detonation	13.08.1947	chemisch	-	-	-	Senfgas; Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; 1 Toter	13
BRD05	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	16.08.1947	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; 4 Verletzte	13
BRD06	-	Fehmarn Belt	Unfall / Detonation	18.10.1947	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischkutter versenkt; 1 Toter, 2 Verletzte	13
BRD07	-	Ostsee (W)	Unfall / Detonation	Nov. 1947	chemisch	-	-	-	Senfgas; Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; 1 Verletzter	13
BRD08	-	Bornholm	Unfall / Detonation	20.12.1947	chemisch	-	-	-	Senfgas; Leckage während Munitionsversenkung; Besatzung kontaminiert; 1 Verletzter	13
BRD09	-	Bornholm	Unfall / Detonation	30.12.1947	chemisch	-	-	-	Adamsit; Leckage während Munitionsversenkung; Verzehr kontaminierter Nahrung; mind. 3 Verletzte	13
1948										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	20.01.1948	chemisch	-	-	-	Verzehr kontaminierter Nahrung (Fisch aus Fang); 12 Verletzte	13
BRD02	-	Kieler Förde	Unfall / Detonation	29.01.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Hilfsschiff versenkt; 2 Tote	13
BRD03	-	Greifswalder Bodden	Unfall / Detonation	10.04.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Hilfsschiff beschädigt	13
BRD04	-	Rügen (NW)	Unfall / Detonation	02.05.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Frachtschiff beschädigt	13
BRD05	-	Gotland (S)	im Netz verfangen	26.05.1948	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 7 Verletzte	13
BRD06	-	Bornholm	im Netz verfangen	Juni 1948	chemisch	-	-	-	Verzehr kontaminierter Nahrung (Fisch aus Fang); 3 Verletzte	13
BRD07	-	Gotland	im Netz verfangen	03.06.1948	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; mind. 2 Verletzte	13
BRD08	-	Gotland (S)	im Netz verfangen	Juli 1948	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 8 Verletzte	13
BRD09	-	Bornholm	im Netz verfangen	Juli 1948	chemisch	-	-	-	Verzehr kontaminierter Nahrung (Fisch aus Fang); 3 Verletzte	13
BRD10	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	Aug. 1948	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; mind. 2 Verletzte	13

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 34: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1948 (Teil II) bis 1952

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1948										
BRD11	-	Rügen (W)	Unfall / Detonation	01.10.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
BRD12	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	16.10.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Hilfsschiff beschädigt	13
BRD13	-	Rügen (W)	Unfall / Detonation	17.10.1948	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Fischdampfer versenkt; 2 Tote	13
LIT01	-	Klaipeda (70 Meilen westlich; LIT)	im Netz verfangen	Anfang Juni 1948	chemisch	-	-	-	Senfgas; 3x 250 kg Bomben	15
LIT02	-	Nähe Palanga (Küste; LIT)	im Netz verfangen	09.06.1948	chemisch	Rückverklappung	-	-	Kampfstoffbombe in Packgefäß; Besatzung kontaminiert; 9 Verletzte	15
1949										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	Mai 1949	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; mind. 3 Verletzte	13
BRD02	-	Kleiner Belt	im Netz verfangen	22.05.1949	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; 4 Verletzte	13
BRD03	-	Neustädter Bucht	Selbstdetonation	Juli 1949	konventionell	-	-	-	Seemine; Selbstdetonation	13
BRD04	-	Rügen (NE)	Unfall / Detonation	29.07.1949	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
BRD05	-	Rügen (SE)	Unfall / Detonation	07.11.1949	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
1950										
BRD01	-	Fehmarn Belt	Unfall / Detonation	08.02.1950	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
BRD02	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	15.07.1950	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
BRD03	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	07.11.1950	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer versenkt	13
BRD04	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	03.12.1950	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, Dampfer beschädigt	13
1951										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	28.06.1951	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 1 Verletzter	13
1952										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	1952	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; mind. 3 Verletzte	13
BRD02	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	April 1952	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; mind. 1 Verletzter	13
BRD03	-	Mecklenburger Bucht	im Netz verfangen	23.04.1952	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation, 2 Fischkutter beschädigt	13
BRD04	-	Jägersberg (Kiel, SH)	Selbstdetonation	11.05.1952	konventionell	-	-	-	Seeminen; 1 Verletzter (13)	11/13
BRD05	-	Kieler Bucht	Unfall / Detonation	04.06.1952	konventionell	-	-	-	Torpedokopf; Detonation bei Wrackbergung, 3 Tote	13

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 35: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1953 bis 1956

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1953										
BRD01	-	Ostsee bei Stein (SH)	Unfall / Detonation	14.03.1953	konventionell	-	-	-	Mine oder Torpedokopf; Fischkutter "Paul" versenkt beim Munitionsfischen; 2 Tote	11
BRD02	-	Travemünde (SH)	im Netz verfangen	23.03.1953	konventionell	-	-	-	2 cm Sprenggranate; hantieren mit Munition aus Fischernetz; 1 Verletzter	11
BRD03	-	Gottland (S)	im Netz verfangen	23.04.1953	chemisch	-	-	-	Sauregas; Besatzung kontaminiert; 5 Verletzte	13
BRD04	-	Ostsee (SH)	Unfall / Selbstdetonation	25.04.1953	konventionell	-	-	-	3,7 cm Sprenggranate; detoniert beim Absetzen eines aufgeschichteten Behälters auf Schrottschiff "Lieselotte"; 1 Verletzter	11
BRD05	-	Kieler Bucht (SH)	Unfall / Detonation	20.06.1953	konventionell	-	-	-	Treibmine; auslaufender Dampfer läuft auf Mine; 2 Verletzte	11
BRD06	-	Kieler Förde	Selbstdetonation	21.06.1953	konventionell	-	-	-	Sprenggranaten; Selbstdetonation	13
BRD07	-	Kieler Förde	Unfall / Detonation	18.07.1953	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation; Dampfer beschädigt	13
1954										
BRD01	-	Jägersberg (Kiel, SH)	Unfall / Detonation	30.01.1954	konventionell	-	-	-	Torpedokopf; explodiert bei Delaborierung; 3 Tote, 8 Verletzte	11
BRD02	-	Flensburg (SH)	Unfall / Detonation	25.06.1954	konventionell	-	-	-	Torpedopistole Pt 2; aufgefischt, Fischerboot gesunken; 2 Verletzte	11
BRD03	-	Kieler Förde	Selbstdetonation	16.08.1954	konventionell	-	-	-	Sprengkanister; Selbstdetonation	13
BRD04	-	Kleiner Belt	Unfall	Okt. 1954	chemisch	-	-	-	Tabun Granaten; Munitionsbergung, Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte	13
BRD05	-	Kleiner Belt	Unfall	Nov. 1954	chemisch	-	-	-	Tabun Granate; Munitionsbergung, Laborpersonal kontaminiert; 1 Verletzter	13
1955										
BRD01	-	Lübecker Bucht	Unfall / Detonation	1955	konventionell	-	-	-	Munitionsbergung, Detonation; Schute versenkt	13
BRD02	-	Kieler Bucht (SH)	Selbstdetonation	30.04.1955	konventionell	-	-	-	Torpedokopf (13)	11/13
BRD03	-	Fehmarn Belt	Unfall / Detonation	25.06.1955	konventionell	-	-	-	Seemine; Detonation; Dampfer beschädigt	13
BRD04	-	Ostsee (Küste, SH)	Unfall / Detonation	17.09.1955	konventionell	-	-	-	3,7 cm Geschosse; Munitionsbergung, Detonation; 1 Verletzter	13
1956										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

„Subaquatische Kampfmittelatlanten“

Tabelle 36: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1957 bis 1965

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1957										
BRD01	-	Ostsee (Küste, SH)	Unfall / Detonation	1957	konventionell	-	-	-	Munitionsbergung, Detonation; Kutter versenkt	13
BRD02	-	Ostsee	im Netz verfangen	Feb. 1957	chemisch	-	-	-	Xylylbromid; Besatzung kontaminiert; mind. 2 Verletzte	13
BRD03	-	Bornholm (NE)	im Netz verfangen	29.05.1957	chemisch	-	-	-	Bombe mit Senfgas, Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 3 Verletzte (13)	1/13
BRD04	-	Ostsee (SH)	im Netz verfangen	03.06.1957	chemisch	-	-	-	Unbekannte Kampfstoffbombe; Fischkutter 50253; 3 Verletzte	11
BRD05	-	Ostsee (Neustädter Bucht, SH (13))	Unfall / Detonation	27.06.1957	konventionell	-	-	-	4 cm Sprenggeschoss(e); beim Verladen auf Schiff detoniert; 1 Toter, 2 Verletzte	11/13
1958										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	1958	chemisch	-	-	-	Adamsit; Besatzung kontaminiert; mind. 1 Verletzter	13
BRD02	-	Lübecker Bucht	Unfall / Detonation	22.08.1958	konventionell	-	-	-	50 kg Bombe; Munitionsbergung, bei Sprengung vor Ort Reihendetonation ausgelöst; Schiff beschädigt	13
1959										
1960										
BRD01	-	Greiswalder Bodden	im Netz verfangen	1960	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte	13/14
1961										
1962										
1963										
1964										
BRD01	-	Wolgast Hafen	geborgen	1964	chemisch	Rückverklappung	-	Europ. Nordmeer 64° 42' N 01° 36' W in 3.100 m Tiefe	-	1
1965										

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 37: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1966 bis 1972

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966										
1967										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	15.06.1967	chemisch	-	-	-	Senfgas, Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 3 Verletzte (13)	1/13
1968										
1969										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	12.06.1969	chemisch	Rückverkleppung (17)	stark korrodiert (17)	-	Bombe mit Senfgas, Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 2 Verletzte (13)	1/13/17
DK01	-	Bornholm	im Netz verfangen	Juli 1969	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung & Fang kontaminiert; 2 Verletzter	24
SWE01	-	Strand von Oxeloesund (50 km südl. Stockholms)	Strandanspülung	Juni 1969 (09.09.1969 (?))	chemisch	-	-	-	Senfgas; Verbrennungen einer 5-köpfigen schwedischen Familie während Baden in der Ostsee; 5 Verletzte	17
1970										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	13.04.1970	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte	13
BRD02	-	Bornholm	im Netz verfangen	27.04.1970	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 1 Verletzter	13
BRD03	-	Bornholm	im Netz verfangen	28.05.1970	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte	13
(BRD04)	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	Juni 1970	chemisch/konventionell	-	-	-	Munition, Verletzungen bei Besatzungsmitgliedern; wohl Doppelnennung siehe BRD05	1
BRD05	-	Bornholm (NE)	im Netz verfangen	05.06.1970	chemisch	-	-	-	Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte	13
BRD06	-	Kieler Förde	Phosphor / Bernstein	22.06.1970	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
1971										
1972										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	16.06.1972	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 3 Verletzte	13
BRD02	-	Bornholm (NE)	im Netz verfangen	08.07.1972	chemisch	-	-	-	Senfgas; Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 7 Verletzte (13)	1/13

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 38: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1973 bis 1984

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	15.03.1976	chemisch/konventionell	-	-	-	Granate; Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 3 Verletzte (13)	1/13
1979										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	23.05.1979	chemisch/konventionell	-	-	-	Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 2 Verletzte (13)	1/13
BRD02	-	Bornholm	im Netz verfangen	12.06.1979	chemisch	-	-	-	Senfgas; Besatzung kontaminiert; 2 Verletzte (13)	1/13
BRD03	-	Bornholm	im Netz verfangen	18.06.1979	chemisch/konventionell	-	-	-	Bombe; keine Verletzungen	1
BRD04	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	19.06.1979	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 100 Verletzte	13
1980										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982										
BRD01	-	Ostsee (Küste, SH)	Phosphor / Bernstein	31.12.1982	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
1983										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984										
BRD01	-	Kieler Förde	Selbstdetonation	29.04.1984	konventionell	-	-	-	Schiffsgranate; Selbstdetonation	13
DK01	-	Ostsee	im Netz verfangen	Frühjahr 1984	chemisch	-	-	-	Senfgas; 11 dänische Fischer verletzt, eventuell Summe mehrerer Zwischenfälle	19
(DK02)	-	Gotland (SE)	im Netz verfangen	22.03.1984	chemisch	-	stark korrodiert	-	Senfgas; Fragment einer KS-Granate, alle 7 dänische Fischer verletzt; Trawler Helderindur, sehr wahrscheinlich Doppelnennung (vgl. SWE01)	22
SWE01	-	Gotland (SE)	im Netz verfangen	22.03.1984	chemisch	-	-	-	Senfgas; Farber; Trawler Hilderindur	6

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 39: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1985 bis 1990

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1985										
DK 1-46	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 46 Meldungen)	1985	chemisch	585 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 2.695 kg	2
1986										
BRD01	-	Bornholm	im Netz verfangen	12.06.1986	chemisch	-	-	-	Unfall, Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 4 Verletzte (13)	1/13
BRD02	-	Bornholm (NE)	im Netz verfangen	24.06.1986	chemisch/konventionell	-	-	-	Granate, keine Verletzungen	1
DK 1-41	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 41 Meldungen)	1986	chemisch	370 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 1.830 kg	2
LIT 01	56° 20' N 19° 48' E	Gotland (SE)	im Netz verfangen	1986	chemisch	-	-	-	Senfgasbombe im Fischernetz; mehrere Besatzungsmitglieder verletzt und ins Krankenhaus eingewiesen	2
1987										
DK 1-14	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 14 Meldungen)	1987	chemisch	175 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 582 kg	2
SWE01	-	Gotland (SE)	im Netz verfangen	22.04.1987	chemisch	-	-	-	Senfgas, Schwedischer Trawler Katja	6
1988										
DK 1-19	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 19 Meldungen)	1988	chemisch	115 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 1.044 kg	2
SWE01	-	Gotland (E)	im Netz verfangen	26.11.1988	chemisch	-	-	-	(Chloracetophenon, Schwedischer Trawler Ingrid	6
1989										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	Aug. 1989	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
DK 1-42	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 42 Meldungen)	1989	chemisch	120 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 1.966 kg	2
SWE01	-	Gotland (SE)	im Netz verfangen	30.09.1989	chemisch	-	-	-	Diphenylarsinchlorid (Clark I), Schwedischer Trawler Torland	6
1990										
DK 1-19	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 19 Meldungen)	1990	chemisch	182 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 979 kg	2

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 40: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1991 bis 1995

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1991										
BRD01	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	12.02.1991	chemisch	-	-	-	Senfgas; Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 3 Verletzte (13)	1/13
BRD02	-	Bornholm (E)	im Netz verfangen	04.07.1991	chemisch	-	-	-	Senfgas; Verbrennungen bei Besatzungsmitgliedern; 2 Verletzte (13)	1/13
DK 1-103	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 103 Meldungen)	1991	chemisch	269 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 5.378 kg	2
SWE01	-	Karlskrona (S)	im Netz verfangen	30.05.1991	chemisch	-	-	-	Senfgas, Schwedischer Trawler Themis	6
SWE02	-	Bornholm (NE)	im Netz verfangen	26.06.1991	chemisch	-	-	-	Senfgas, Schwedischer Trawler Bristol	6
SWE03	-	Karlskrona (S)	im Netz verfangen	16.08.1991	chemisch	-	-	-	Senfgas, Schwedischer Trawler Tanja	6
1992										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	1992	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; mind. 2 Verletzte	13
DK 1-58	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 58 Meldungen)	1992	chemisch	100 kg im Hafen angelandet & beseitigt (?)	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 2.597 kg	2
DK59	-	Strandbereich Bornholm	Strandanspülung	Mitte Feb. 1992	chemisch	Rückverkleppung	-	Seegebiet Bornholm	Senfgas; 250 kg Bombe; durch Spaziergänger am Strand gefunden; keine Verletzte	16
SWE01	-	Karlskrona (SE)	im Netz verfangen	27.05.1992	chemisch	-	-	-	Senfgas, Estländischer Trawler Illuste	6
1993										
DK 1-3	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 3 Meldungen)	1993	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz	3
1994										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	1994	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; mind. 2 Verletzte	13
DK 1-3	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 3 Meldungen)	1994	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz	3
1995										
DK 1-6	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 6 Meldungen)	1995	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 40 kg	4

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 41: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 1996 bis 2001

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
1996										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	10.06.1996	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	12
BRD02	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	Juli 1996	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
DK 1-10	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 10 Meldungen)	1996	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 210 kg	4
1997										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	10.07.1997	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
BRD02	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	01.09.1997	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	12
DK 1-9	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 9 Meldungen)	1997	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 184 kg	4
1998										
DK 1-5	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 5 Meldungen)	1998	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 290 kg	4
1999										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	1999	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
DK 1-3	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 3 Meldungen)	1999	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 185 kg	5
2000										
DK 1-11	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 11 Meldungen)	2000	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 512 kg	5
2001										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	Aug. 2001	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
DK 1-11	-	Bornholm (?)	im Netz verfangen (insg. 11 Meldungen)	2001	chemisch	-	-	-	chemische Kampfmittel im Fischernetz; etwa 514 kg	4
SWE01	-	Nogersund Bleklinge	im Netz verfangen	06.04.2001	chemisch	-	-	-	Seifgas, Schwedisches Fischfangboot Delfin	6

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 42: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2002/2003 (Teil I)

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
2002										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	16.07.2002	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
DK01	-	Bornholm (E)	im Hafen gefunden	15.01.2002	k.A.	Lagerung	wenig korrodiert	-	1 Liter Inhalt	6
DK02	55.15 N 15.07 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	04.02.2002	chemisch	Lagerung	stark korrodiert	-	Senfgasklumpen, etwa 0,5 kg schwer	6
DK03	54.28,80 N 15.20,35 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	10.02.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 30 kg schwer	6
DK04	55.16 N 15.03 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	12.02.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 50 kg schwer	6
DK05	54.48,73 N 15.34,01 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	14.02.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 35 kg schwer	6
DK06	55.07,52 N 15.17,075 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	07.03.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 10 kg schwer	6
DK07	55.02,5 N 15.14,2 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	25.03.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 20 kg schwer	6
DK08	55.04 N 15.14,3 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.06.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04 N 15.14 E	Senfgasklumpen, etwa 130 kg schwer	6
DK09	55.09,15 N 15.14,21 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	13.08.2002	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.04.6 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 70 kg schwer	6
SWE01	-	Simrishamn Häfen	im Hafen gefunden	16.09.2002	chemisch	-	-	-	Diphenylarsinchlorid (Clark I), Senfgas	6
2003										
BRD01	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	20.09.2003	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	12
DK01	55.13,00 N 15.08 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	11.01.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Reizgasklumpen, etwa 25 kg schwer	7
DK02	außerhalb Hafen Nexø	Bornholm	unbekannt, "anders"	23.01.2003	chemisch	Beseitigung an Land	teilweise korrodiert	-	4 Teile Reizgas	7
DK03	55.25 N 15.50 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, etwa 60 kg schwer	7
DK04	55.19,62 N 16.02,48 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	04.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, etwa 60 kg schwer	7
DK05	55.24,10 N 16.14,15 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	09.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 100 kg schwer	7
DK06	55.24 N 15.01 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	10.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.5 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 100 kg schwer	7
DK07	55.24 N 15.47 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	13.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, etwa 35 kg schwer	7
DK08	55.09,00 N 15.24,00 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	13.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, etwa 30 kg schwer	7
DK09	55.20 N 15.23 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	23.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.23 E	Senfgasklumpen, etwa 50 kg schwer	7

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 43: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2003 (Teil II)

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
DK10	55.27 N 15.07 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	24.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.23 E	Senfgasklumpen, etwa 30 kg schwer	7
DK11	55.06 N 16.05 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	25.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, 2 Stück, etwa 20 kg schwer	7
DK12	55.17 N 15.21 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	26.03.2003	chemisch	Rückverklappung	stark korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgas, etwa 80 kg schwer	7
DK13	55.17 N 15.21 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	28.03.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Senfgasklumpen, etwa 1,5 kg schwer	7
DK14	55.25 N 14.54 E	Bornholm (S)	im Netz verfangen	30.03.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.5 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 65 kg schwer	7
DK15	54.57 N 15.44 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.04.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, 2 Stück, etwa 70 kg schwer	7
DK16	55.04,76 N 15.43,67 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.04.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 90 kg schwer	7
DK17	55.44 N 15.27 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	10.04.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04,5 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 9 kg schwer	7
DK18	55.26 N 15.29 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	15.04.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Senfgasklumpen, etwa 3 kg schwer	7
DK19	55.26,74 N 15.54,92 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	01.09.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02,4 N 14.38,2 E	Senfgasklumpen, etwa 70 kg schwer	7
DK20	55.20 N 16.26 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.09.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 10 kg schwer	7
DK21	55.22,55 N 16.12,27 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	03.09.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04,0 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, etwa 100 kg schwer	7
DK22	55.01,61 N 15.40,38 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	05.09.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Reizgasklumpen, kleine Stücke, etwa 0,25 kg schwer	7
DK23	55.01,61 N 15.40,38 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	08.09.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Senfgasklumpen, kleine Stücke, etwa 1,5 kg schwer	7
DK24	54.58 N 15.20 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	09.10.2003	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Reizgasklumpen, etwa 80 kg schwer	7
DK25	55.55,98 N 15.05,38 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	12.12.2003	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04,6 N 15.14,3 E	Senfgasklumpen, zwei Stück, etwa 100 kg schwer	7

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 44: Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee 2004 bis 2007

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewählte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
2004										
BRD01	-	Ostsee (Küste, SH)	Phosphor / Bernstein	2004	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter; (keine Doppelnennung laut Dr. Nehring)	13
BRD02	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	29.03.2004	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	12
BRD03	-	Usedom	Phosphor / Bernstein	13.10.2004	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
2005										
DK01	55.02.84 N 15.20.44 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	06.02.2004	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.04.6 N 15.14.3 E	Senfgasklumpen, etwa 100 kg schwer	8
DK02	55.04 N 15.08 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	25.02.2004	chemisch	Beseitigung an Land	komplett korrodiert	-	Reizgasklumpen, etwa 20 kg schwer	8
DK03	55.17.09 N 15.04.2 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	01.04.2004	chemisch	Rückverklappung	fast komplett korrodiert	55.02.4 N 14.28.2 E	Senfgasklumpen, etwa 30 kg schwer	8
DK04	55.33 N 14.50 E	Bornholm (S)	im Netz verfangen	16.04.2004	chemisch	Rückverklappung	komplett korrodiert	55.02.4 N 14.28.2 E	Senfgasklumpen, etwa 10 kg schwer	8
2006										
BRD01	-	Ostsee (Küste, SH)	Phosphor / Bernstein	2006	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 1 Verletzter	13
2007										
DK01	54.51 N 15.12 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	11.06.2006	chemisch	Rückverklappung	in kleine Teile zerbrochen	54.51 N 15.12 E	Senfgasklumpen, etwa 6 kg schwer	10
BRD01	-	Fehmarn	Phosphor / Bernstein	05.08.2007	konventionell	-	-	-	Phosphor; Selbstentzündung; 2 Verletzte	13
DK01	55.13 N 14.52 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	16.04.2007	chemisch	Beseitigung an Land	in kleine Teile zerbrochen	-	Senfgasklumpen, etwa 2 bis 3 kg schwer	23
DK02	55.14.56 N 15.19.12 E	Bornholm (E)	im Netz verfangen	31.05.2007	chemisch	Rückverklappung	in kleine Teile zerbrochen	55.04.7 N 15.14.2 E	Senfgasklumpen, etwa 55 kg schwer	23

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 45: Weitere Zwischenfälle mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in der Ostsee (ohne exakte zeitliche Einordnung)

ID Nummer	Koordinaten	Ort	Vorkommen	Datum	Art des Kampfmittels	Gewährte Aktivität	Zustand der Kampfmittel	Neuer Versenkungsort	Bemerkungen	Quelle
In der Literatur genannte Unfälle ohne genaue Datumsangaben/Jahreszahlen (soweit nicht vorangehend aufgeführt; eventuelle Doppelnenennung dennoch möglich)										
(BRD01)	-	Hafen Wolgast	Unfall	1947/1948	chemisch	-	-	-	Flüssiger Kampfstoff ergießt sich über Arbeiter bei Umschlagarbeiten; 1 Toter; wahrscheinlich Doppelnenennung	17
(BRD02)	-	Bornholm	Unfall	1947/1948	chemisch	-	-	-	Flüssiges Senfgas ergießt sich über Arbeiter bei Verklappung; 1 Toter; wahrscheinlich Doppelnenennung	17
(BRD03)	-	Bornholm	Unfall	1947/1948	chemisch	-	-	-	Pulverförmiger Kampfstoff; Leckage; 1 Verletzter; wahrscheinlich Doppelnenennung	17
(BRD04)	-	Bornholm	Unfall	1947/1948	chemisch	-	-	-	Grünkreuz; Verzehr kontaminierten Grünkohls während Verklappung auf Dampfer "Venus"; gesamte Besatzung verletzt; wahrscheinlich Doppelnenennung	17
POL 01-5	-	Darlowek, Jastarnia, Kolobrzeg, Mielno; Hel Halbinsel (Küste, Polen)	Strandanspülung	1960er - 1970er (hauptsächlich)	chemisch	-	-	-	Senfgas; Bomben und Granaten angespült an Strand; 126 Verletzte davon 30 Personen schwer; Mehrzahl Kinder	14
POL 06-18	-	Ostsee (zentral oder südlich)	im Netz verfangen	1960 - 1970 (hauptsächlich)	chemisch/konventionell	-	-	-	(chemische) Kampfmittel im Fischernetz; 37 Verletzte	14

5.8 Mögliche Handlungsszenarien für Sicherung und Sanierung

Es ergeben sich bezüglich subaquatischer Rüstungsaltlasten und den resultierenden Gefährdungspotenzialen grundsätzliche Handlungsoptionen, die nachfolgend nur übersichtsartig vorgestellt werden sollen:

- keine Sanierung von Gebieten mit Kampfmittelbelastungen („Endlager-Szenario“)
- eine Teilsanierung von Gebieten mit Kampfmittelbelastung („By the way-Szenario“)
- eine umfassende Sanierung von Gebieten mit hoher Kampfmittelbelastung („Hot spot-Szenario“)
- sowie eine umfassende Sanierung aller bekannter Gebiete mit Kampfmittelbelastung („Full clean up-Szenario“)

Das „Endlager-Szenario“

Dieses Szenario entspricht dem Status eines Endlagers für die versenkten Kampfmittel, die hierbei *in situ* vor Ort ohne Sicherungs- und Sanierungsansätze belassen würden. Unter anderem aufgrund der Leckagen, basierend auf den fortschreitenden Korrosionsprozessen im sauerstoffhaltigen Milieu, kommt es zu einer unkontrollierten Freisetzung unbekannter Mengen an teilweise hochtoxischen Schadstoffen in das umgebende Sediment und in die freie Wassersäule, mit nach wie vor aus toxikologischer und ökotoxikologischer Sicht unbekanntem Wirkungsmechanismen. Auswirkungen können nur mit Hilfe eines flächendeckenden und sehr umfassenden Monitorings untersucht werden. Im Falle einer durch das zielgerichtete Monitoring bestätigten, signifikanten Konzentration müssten dann wiederum konkrete Sicherungs- und Sanierungsschritte angegangen werden.

Das „By the way-Szenario“

Eine diesbezügliche Teilsanierung könnte z.B. durch regelmäßige Strandaufsammlungen von angeschwemmten Kampfmitteln und Kampfmittelinhaltsstoffen, speziell ausgerüsteten Fischkuttern sowie durch begleitende Sanierungsarbeiten im Rahmen von Baumaßnahmen realisiert werden. Es kommt hierbei zu einem kontinuierlichen, aber diffusen Sanierungs- und Sicherungsfortschritt. Konkrete Maßnahmen basieren nicht auf einer Prioritätensetzung mittels Gefährdungseinschätzung einer speziellen Altlast im Vergleich zu anderen Versenkungen, sondern einzig und allein auf der eher zufälligen Aufnahme von Kampfmitteln oder Inhaltsstoffen bzw. auf dem begleitenden sanierungs- und sicherungstechnischen Angehen der Altlasten im Rahmen konkreter Bauprojekte. Bei diesem Szenario handelt es sich um einen relativ kostengünstigen, allerdings im Gesamtkontext genereller Gefährdungspotenziale bzw. verbundener Emissionen, um einen nur als wenig effizient anzusehenden Lösungsansatz.

Das „Hot spot-Szenario“

Dieser Sanierungsansatz basiert bezüglich seiner resultierenden Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen auf detaillierten Einzelfallbetrachtungen und den sich hieraus ergebenden Gefährdungsabschätzungen einzelner Schwerpunktversenkungen. Durch die Konzentration auf einzelne Schwerpunktversenkungsgebiete kann es mit Sicht auf die Gesamtheit der Versenkungen eventuell zum besagten „Tropfen auf den heißen Stein“ kommen. Allerdings sind unter Berücksichtigung des Gefährdungspotenzials und der Emissionen auf Basis der vorangehenden Erwierungen hoch effiziente und relativ kostengünstige Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen möglich.

Das „Full clean up-Szenario“

Das hierbei vorgesehene umfassende sicherungs- und sanierungstechnische Angehen aller bekannten munitionsbelasteten Flächen und durch flächendeckende Untersuchungen noch festzustellende Vorkommen von Kampfmitteln und deren Inhaltsstoffen stellt zumindest aus emissionstechnischer Sicht – bei Zugrundelegen entsprechender Sicherungs- und Sanierungstechnologien – die effektivste Lösung dar. Allerdings bedingt dieser Ansatz teilweise hochgradig ineffektive Arbeitsmaßnahmen und eine enorme finanzielle Belastung durch großflächige Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen, was eine tatsächliche Realisierbarkeit dieses Ansatzes nicht als sinnvoll und auch umsetzbar erscheinen lässt.

Bemerkung

Für detailliertere Informationen zu aktuellen technischen Lösungsansätzen wie in situ Wasserstrahlschneiden, robotischen Manipulatoren oder dem Einsatz von Blasenvorhängen zur Detonationsschalldämpfung im Falle von in situ Vernichtungssprengungen, sei an dieser Stelle auf die sich zur Zeit der Fertigstellung dieser Arbeit noch im Druck befindlichen Veröffentlichung [KOCH & RUCK 2009] hingewiesen. Die dort eingehend betrachteten, sich derzeit in der Erprobung befindlichen technischen Ansätze zur Sicherung bzw. Sanierung chemischer und konventioneller Kampfmittelaltlasten im marinen Bereich waren nicht thematischer Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

6 Erstbewertungstool für das Risikopotenzial subaquatischer Kampfmittelaltlasten („FRATSAD“)

6.1 Einführung

Das internetbasierte und im Rahmen des Promotionsvorhabens erarbeitete „Erstbewertungstool für das Risikopotenzial subaquatischer Kampfmittelaltlasten“ (engl.: „First Risk Assessment Tool for Subaquatic Ammunition Dumpsites“, kurz FRATSAD) bewertet auf Basis der durch den Benutzer einzugebenden Basisinformationen die stoffspezifischen Charakteristika der in einer subaquatischen Kampfmittelaltlast in den Kampfmitteln enthaltenen konventionellen als auch chemischen Inhaltsstoffe und stellt die spezifisch gegebenen lokalen Rahmenbedingungen mit eben diesen Inhaltsstoffen und den resultierenden Gefahrenpotenzialen überblickartig in einen Kontext.

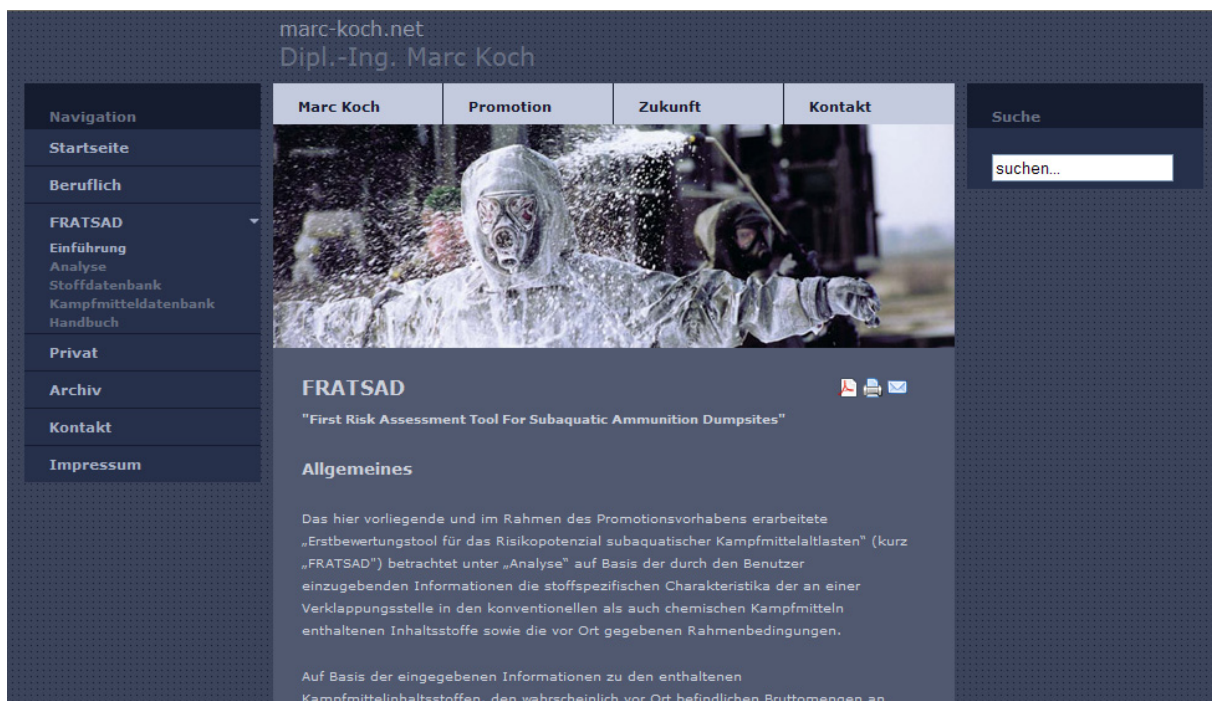


Abbildung 45: Startseite „Einführung“ des internetbasierten Bewertungstools „FRATSAD“

Auf Basis der eingegebenen Informationen zu den enthaltenen Kampfmittelinhaltsstoffen, den wahrscheinlich vor Ort befindlichen Bruttomengen an Kampfmitteln sowie örtlichen Spezifika produziert FRATSAD detaillierte Aussagen hinsichtlich der stofflichen Charakteristika der jeweiligen Inhaltsstoffe, deren chemischen als auch physikalischen Eigenschaften, deren Risiken für die Meeresumwelt sowie sonstiger Gefährdungspotenziale.

Im Rahmen der ebenfalls angebotenen „Stoffdatenbank“ können die erarbeiteten Stoffdatenblätter etwa 30 konventioneller und chemischer Kampfmittelinhaltsstoffe als Dokumente frei heruntergeladen werden. Die Stoffdatenblätter enthalten neben den jeweiligen physikalischen und chemischen Charakteristika auch detaillierte Informationen zur Toxizität und weitere Spezifika im Kontext einer subaquatischen Altlast. Unter „Handbuch“ finden sich detaillierte

Angaben zur Funktionsweise von FRATSAD. Des Weiteren wird hierin ebenso die praktische Anwendung nochmals detailliert erklärt.

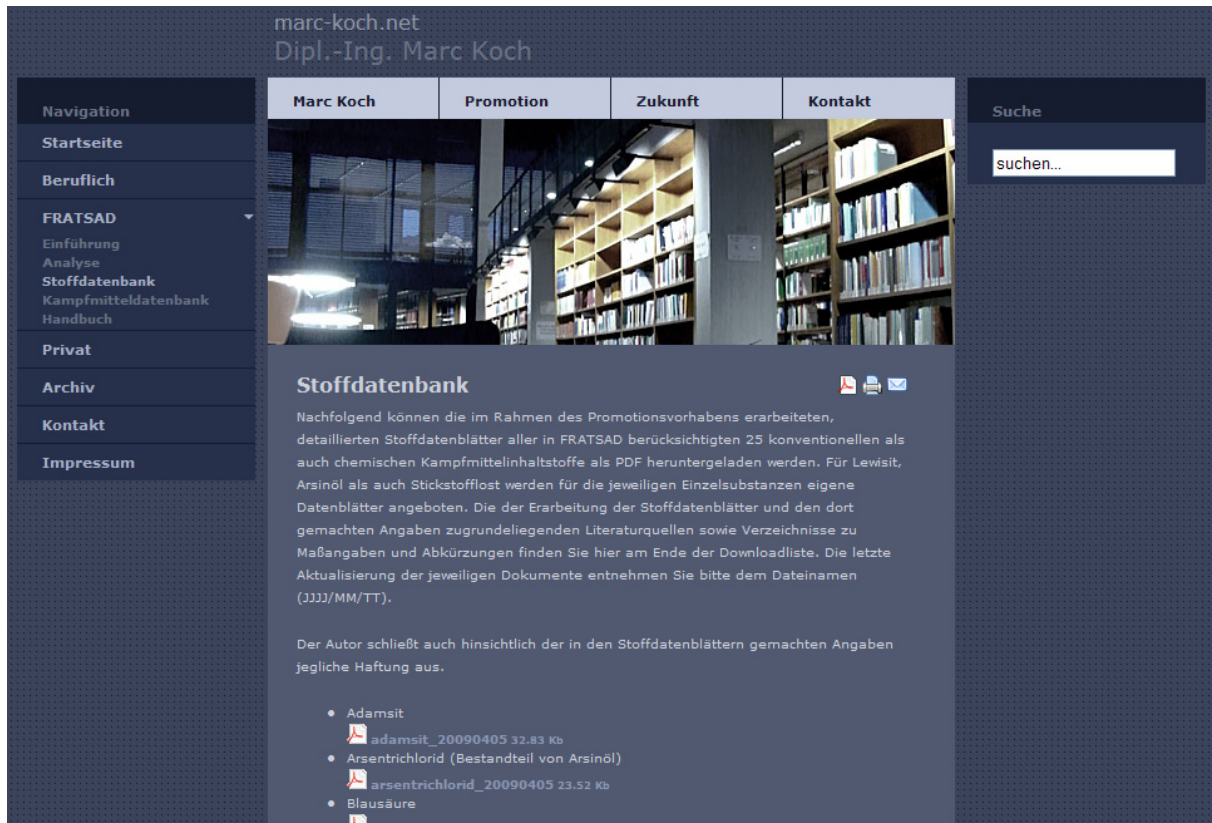


Abbildung 46: Benutzeroberfläche der FRATSAD-Stoffdatenbank (Ausschnitt)

Haftungsausschluss

FRATSAD kann trotz aller enthaltenen Informationen nur zu einer ersten, überschlägigen Bewertung einer spezifischen, subaquatischen Kampfmittelaltlast dienen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder umfassende Bewertung einer Altlast. Die letztendliche Feststellung des Sanierungsbedarfs und dessen Priorisierung im Kontext der spezifischen Charakteristik einer jeden subaquatischen Altlast bedarf einer sehr detaillierten Untersuchung vor Ort, FRATSAD kann hier nur eine orientierende Einschätzung und relevante Hintergrundinformationen geben.

Aus den vorangegangenen Gründen übernimmt der Autor keinerlei Haftung für fehlerhafte Angaben oder aus dem Programm resultierende Interpretationen der gemachten Angaben sowie deren Folgen.

Die Anwendung „FRATSAD“ findet sich unter: www.marc-koch.net

6.2 Verwendung und Möglichkeiten des vorgestellten Bewertungstools

Durch den Benutzer einzugebende Informationen

Unter „Eingabe der Inhaltstoffe“ setzt der Benutzer zunächst vor dem in einer subaquatischen Kampfmittelaltlast enthaltenen Inhaltsstoff in dem entsprechenden Auswahlfeld der alphabetischen Stoffliste ein Häkchen. Der Benutzer wird unmittelbar zur Eingabe der entsprechenden Bruttomenge (d.h. Kampfmittelkörper inklusive Inhaltsstoff) in Kilogramm bzw. Tonnen (jeweils wählbar) aufgefordert. Alternativ kann – soweit die einzelnen spezifischen Bruttogewichte nicht bekannt oder abschätzbar sind – am Fuß der Tabelle die Gesamtbruttomenge aller enthaltenen Kampfmittel eingegeben werden. Die Eingaben können jederzeit gelöscht oder verändert werden. Das Klicken auf „Weiter“ speichert die Eingaben und leitet auf die nächste Eingabemaske „Angabe der Umgebungsbedingungen“ weiter.

Nr.	Name	Menge	Maßeinheit
1	Adamsit		kg
2	Arsinöl		kg
3	Blausäure		kg
4	Chlor		kg
5	Chloracetophenon		kg
6	Chlorpikrin		kg
7	Clark I		kg
8	Clark II		kg
9	Diphosgen		kg
10	Lewisit		kg
11	Phosgen		kg
12	Sarin		kg
13	Sauerstofflost		kg
14	Senfgas		kg
15	Soman		kg
16	Stickstofflost (HN1, nur geringfügig produziert)		kg
17	Stickstofflost (HN2, nur geringfügig produziert)		kg
18	Stickstofflost (HN3)		kg
19	Tabun		kg
20	Phosphor		kg
21	Hexogen		kg
22	Nitroglycerin		kg
23	Pikrinsäure		kg
24	Trinitrotoluol (TNT)		kg

Alternativ: Gesamtmenge aller Kampfmittel angeben: kg

Eingaben löschen weiter

FRATSAD ©2008 - 2009 marc-koch.net

Abbildung 47: Eingabemaske für enthaltene Inhaltsstoffe (Ausschnitt)

Unter „Angabe der Umgebungsbedingungen“ ist zunächst die ungefähre Größe der Versenkungsstelle (Länge und Breite, wahlweise in Metern oder Kilometer) einzugeben bevor für neun weitere Parameter entsprechende Angaben über ein jeweiliges Pulldownmenü abgefragt werden. Sollte die Abfrage zu einem oder mehreren Parametern nicht beantwortet werden

können, wird „unbekannt“ als Antwortalternative angeboten und der entsprechende Parameter wird von der Bewertung ausgenommen. Das Speichern und die Weiterleitung zur Auswertung erfolgt wieder über Klicken von „Weiter“. Eingaben in der vorangegangenen Maske „Eingabe der Inhaltstoffe“ können über Klicken des entsprechenden Links in der Kopfzeile der aktuellen Maske nach wie vor verändert werden.

Eingabe der Inhaltstoffe | Angabe der Umgebungsbedingungen | Auswertung

Bitte geben Sie hier entsprechende Informationen zu den lokalen Rahmenbedingungen der betrachteten Kampfmittelversenkungsstelle an:

Größe der Verklappungsstelle

Breite	Länge
<input type="text"/> m	<input type="text"/> m

Umgebungsparameter

Nr.	Name	Wert
1	Entfernung zur nächstgelegenen stark frequentierte Fahrinne bzw. Fährinie	unbekannt
2	Entfernung zur nächstgelegenen Küste	unbekannt
3	Entfernung zur nächstgelegenen Bebauung / Nutzungsstruktur	unbekannt
4	Wassertiefe bei Tidenniedrigwasser an der Verklappungsstelle	unbekannt
5	Derzeit vorherrschende Sedimentationsprozesse an der Verklappungsstelle	<input type="text"/>
6	Strömungsverhältnisse auf Grund	unbekannt
7	Ausgewiesene Naturschutzgebiete	<input type="text"/>
8	Kommerzieller Fischfang	unbekannt
9	Nutzungsbeschränkungen	unbekannt

Eingaben löschen | Weiter

FRATSAD ©2008 - 2009 marc-koch.net

Abbildung 48: Eingabemaske für die Größe der VS und deren Umgebungscharakteristika (Ausschnitt)

Durch FRATSAD bereitgestellte Informationen

FRATSAD wertet die in den vorangehenden Eingabemasken durch den Benutzer getätigten Eingaben in vier Teilbewertungsbereichen aus:

- einer *qualitativen Einordnung* der genannten Inhaltsstoffe mit jeweiliger Kurzbeschreibung sowie einem entsprechenden Ranking hinsichtlich des Gefährdungspotenzials im Kontext subaquatischer Altlasten
- einer *quantitativen Einordnung* hinsichtlich der spezifischen Einzelmengen an Kampfmittelinhaltsstoffen (soweit die jeweiligen Mengen angegeben wurden) unter Berücksichtigung der jeweiligen stofflichen Charakteristika. Sollten die spezifischen Mengen nicht angegeben worden sein, entfällt diese Teilbewertung

- einer *quantitativen Einordnung der Bruttogesamtmenge* ohne Berücksichtigung der jeweils enthaltenen Teilmengen an Inhaltsstoffen und deren spezifischer Charakteristika
- einer *Bewertung des Umfeldes* der Altlast auf Basis der lokalen Situation und dem daraus resultierenden Gefährdungspotenzial ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier versenkten Kampfmittel und Inhaltsstoffe

Sollte im Rahmen der durch den Benutzer gemachten Angaben eine oder mehrere „Extremangaben“ in FRATSAD eingegeben worden sein, so wird hierauf im Endteil der Bewertung nochmals gesondert eingegangen und die damit einhergehenden besonderen Gegebenheiten und resultierenden Risiken explizit erläutert.

Funktionsweise im Hintergrund der Anwendung

Für jede gegebene Information und somit aus den jeweiligen Pulldownmenüs gewählten oder per freier Eingabe gemachten Angabe ist in der Programmierung von FRATSAD ein definierter Zahlenwert hinterlegt. Diese Zahlenwerte werden sukzessive aufsummiert, später durch die Anzahl der überhaupt durch den Benutzer getätigten Angaben dividiert und ergeben so eine spezifische Kennziffer, die wiederum in FRATSAD eine eigene detaillierte Information in Form eines Kommentars, Teilbewertung oder letztendlich eine abschließende Gesamtbewertung nach sich zieht.

Um auf besondere Eingaben („Extremeingaben“) eingehen zu können, wie z.B. extrem geringe Wassertiefen, völlig fehlende Ausweisungen von Versenkungsgebieten etc., die in einer nur auf einem gemittelten Kennwert basierenden Auswertung vernachlässigt würden, erkennt das Programm diese Eingaben und kommentiert sie im Rahmen der Auswertungen durch spezifisch angepasste Kommentare.

Die „*qualitative Einordnung*“ der bestätigten, in den Kampfmitteln enthaltenen Inhaltsstoffe im Rahmen der Endbewertung basiert auf einer Art numerischem Ranking, das durch den Autor auf Basis der Auswertung der Stoffdatenblätter (vgl. Kapitel 10.1 und entsprechende Kurzzusammenfassung unter 5.1) ausgearbeitet wurde und im Programm hinterlegt ist. Die hier voreingestellten Parameter zeigt die nachfolgende Tabelle 46, die Bedeutung der verwendeten Kürzel sind aus Tabelle 47 ersichtlich. Das Ranking definiert den Inhaltsstoff mit der höchsten Punktesumme als „worst case“ und setzt zu diesem alle anderen Punktzahlen mit Werten von 1 – 15 in Relation.

Dieses Ranking ist folgendermaßen gestuft und mit nachfolgenden allgemeinen Kommentaren verknüpft:

- 15-13 von 15 Punkten: „Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als *extrem gefährlich* einzuschätzen ist.“

- 12-10 von 15 Punkten: „Bei dem genannten Kampfmittelinhaltstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als *sehr gefährlich* einzuschätzen ist.“
- 9-7 von 15 Punkten: „Bei dem genannten Kampfmittelinhaltstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als *gefährlich* einzuschätzen ist.“
- 6-4 von 15 Punkten: „Bei dem genannten Kampfmittelinhaltstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als *weniger gefährlich* einzuschätzen ist.“
- 3-1 von 15 Punkten: „Bei dem genannten Kampfmittelinhaltstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als *gering gefährlich* einzuschätzen ist.“

Das vorangehend genannte Ranking ist selbstverständlich nur orientierend und kann im Detail eine Einsicht in das jeweilige Stoffdatenblatt und die dort enthaltenen spezifischen Informationen nicht ersetzen.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 46: FRATSAD-Voreinstellungen durch den Administrator

Kampfmittelinhalt	Dichte	Löslichkeit & Hydrolyse	Stabilität	Akute Humantoxizität	Chronische Humantoxizität	Kanzerogenität	Mutagenität	Teratogenität	Aquatische Toxizität	Toxizität der Hydrolyseprodukte	Bioakkumulation	Arsenfracht
Gewichtungs-Faktor (*)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 Adamsit	mind. 1,2	ul / sIH	ss	ht	ht	KV	MV	TV	ht	ht	m	gro
2 Arsinidl (**)	mind. 1,2	l / sIH	rs	st	st	KV	MV	TV	ht	ht	m	gro
3 Pfliffius (50%)	mind. 1,2	sl / sIH	rs	st	st	KV	MV	KW	ht	st	m	gro
(-) Clark I (35%)	mind. 1,2	sl / IH	rs	t	t	siehe regulärer Eintrag "Clark I"						
4 Triphenylarsin (5%)	mind. 1,2	sgl / sH	rs	ht	ht	kkW	MV	KW	st	mt	m	gro
5 Arsenchlorid (5%)	mind. 1,2	sgl / IH	rs	ht	ht	Kb	MV	KW	ht	ht	m	gro
6 Blausäure	< 0,9	gl / IH	ms	st	st	kkW	kkW	Tb	ext	mt	sg	KAF
7 Chlor	< 0,9	gl / IH	ss	ht	ht	kkW	MV	TV	ht	mt	kBa	KAF
8 Chorametophenon	mind. 1,2	gl / sIH	ss	ht	st	KV	kmW	TV	st	mt	sg	KAF
9 Chlorpikrin	mind. 1,2	gl / sIH	rs	st	t	kkW	kmW	KW	st	mt	sg	KAF
10 Clark I	mind. 1,2	gl / IH	rs	st	t	KV	MV	TV	ht	ht	m	gro
11 Clark II	mind. 1,2	gl / sIH	rs	ht	t	KV	MV	TV	ht	ht	m	gro
12 Diphosgen	mind. 1,2	sl / IH	rs	ht	t	kkW	kmW	KW	ht	st	sg	KAF
13 Hexosgen	mind. 1,2	sl / sIH	ss	t	ht	KV	kmW	KW	st	mt	sg	KAF
(-) Lewisit (Gemisch I-III)	mind. 1,2	l / IH	rs	ext	ht	KV	MV	TV	ht	st	m	sgro
14 Lewisit I (***)	mind. 1,2	l / sH	rs	ext	ht	KV	MV	TV	ht	st	m	sgro
15 Lewisit II	mind. 1,2	sl / sH	rs	ext	ht	kkW	kmW	KW	ht	st	m	gro
16 Lewisit III	mind. 1,2	sl / sIH	ss	ext	ht	kkW	kmW	KW	ht	st	m	gro
17 Nitroglycerin	mind. 1,2	gl / sIH	rs	st	ht	KV	MV	KW	st	mt	sg	KAF
18 Phosgen	< 0,9	l / sH	rs	ext	st	kkW	kmW	TV	st	mt	sg	KAF
19 Phosphor	mind. 1,2	sl / sIH	ss	st	st	kkW	kmW	TV	st	st	m	KAF
20 Pikrinsäure	mind. 1,2	gl / KH	ri	st	ht	KV	MV	TV	st	kh	sg	KAF
21 Sarin	< 1,2 bis 1,05	sgl / IH	rs	ext	ht	kkW	kmW	TV	ext	mt	sg	KAF
22 Sauerstofflost	mind. 1,2	sl / IH	rs	ext	ht	KV	Mb	TV	ht	mt	g	KAF
23 Semfgas	mind. 1,2	l / sIH	ss	ext	ht	Kb	MV	TV	ht	mt	g	KAF
24 Soman	< 1,05 bis 1,0	gl / sIH	rs	ext	ext	kkW	kmW	TV	ext	mt	g	KAF
25 Stickstoffost HN-1	< 1,2 bis 1,05	gl / sIH	rs	ht	ht	KV	MV	Tb	ht	mt	g	KAF
26 Stickstoffost HN-2	< 1,2 bis 1,05	gl / sH	rs	ht	ht	Kb	MV	TV	ht	mt	g	KAF
27 Stickstoffost HN-3	mind. 1,2	l / sIH	rs	ht	ht	KV	MV	Tb	ht	st	m	KAF
28 Tabun	mind. 1,2	sgl / IH	rs	ext	ht	kkW	MV	TV	ext	ht	g	KAF
29 TNT	mind. 1,2	l / KH	ss	t	ht	KV	MV	KW	st	kh	g	KAF

(*) "Gewichtungs-Faktor": In FRATSAD können die betrachteten Parameter hinsichtlich ihrer Relevanz nochmals über einen Multiplikator untereinander gewichtet werden, diese Priorisierung erfolgt derzeit nicht

(**) Charakteristika von Arsinid: "Durchschnitt" der enthaltenen Stoffe; in FRATSAD werden die Stoffcharakteristika der Einzelbestandteile in der Endbewertung aufgeführt

(***) Unter Lewisit I werden hier beide Konfigurationen cis/trans subsummiert, der Kampfstoff "Lewisit" als Gemisch der drei Lewisite I-III enthält etwa 90 Gew.-% Lewisit I

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 47: Erläuterung der Kürzel in der Administrator-Voreinstellung für FRATSAD

Parameter	Text	Abkürzung	Bemerkungen
Löslichkeit	unlöslich	ul	0
	schwer löslich	sl	< 10 mg/l
	löslich	l	10 mg bis 1 g/l
	gut löslich	gl	> 1g bis 100 g/l
	sehr gut löslich	sgl	> 100 g/l
Hydrolyse	sehr schnell	ssH	angen. Dauer: Sekunden
	schnell	sH	angen. Dauer: wenige Minuten
	langsam	lH	angen. Dauer: Stunden bis Tage
	sehr langsam	slH	angen. Dauer: Wochen, Monate bis Jahre
	keine	kH	-
Stabilität	sehr instabil	si	qualitative Einstufung nach entsprechender Interpretation aller vorliegender Informationen
	recht instabil	ri	
	mittelfristig stabil	ms	
	recht stabil	rs	
	sehr stabil	ss	
Akute Humantoxizität	mindertoxisch	mt	qualitative Einstufung nach entsprechender Interpretation aller vorliegender Informationen
	toxisch	t	
	stark toxisch	st	
	hochtoxisch	ht	
	extrem toxisch	ext	
Chron. Humantoxizität	mindertoxisch	mt	qualitative Einstufung nach entsprechender Interpretation aller vorliegender Informationen
	toxisch	t	
	stark toxisch	st	
	hochtoxisch	ht	
	extrem toxisch	ext	
Kanzerogenität	keine kanzerogene Wirkung	kkW	bei widersprüchlichen Aussagen oder nur im Tierversuch belegt: "KV"
	Verdacht der Kanzerogenität	KV	
	Kanzerogenität bewiesen	Kb	
Mutagenität	keine mutagene Wirkung	kmW	bei widersprüchlichen Aussagen oder nur im Tierversuch belegt: "MV"
	Verdacht der Mutagenität	MV	
	Mutagenität bewiesen	Kb	
Teratogenität	keine mutagene Wirkung	ktW	bei widersprüchlichen Aussagen oder nur im Tierversuch belegt: "TV"
	Verdacht der Teratogenität	TV	
	Teratogenität bewiesen	Tb	
Aquatische Toxizität	mindertoxisch	mt	-
	toxisch	t	schwach wassergefährdend (WGK I)
	stark toxisch	st	wassergefährdend (WGK II)
	hochtoxisch	ht	stark wassergefährdend (WGK III)
	extrem toxisch	ext	WGK III + zusätzl. eigene Interpretation
Tox. Hydrolyseprodukte	keine Hydrolyse	kH	qualitative Einstufung nach entsprechender Interpretation aller vorliegender Informationen
	mindertoxisch	mt	
	toxisch	t	
	stark toxisch	st	
	hochtoxisch	ht	
	extrem toxisch	ext	
Bioakkumulation	keine Bioakkumulation	kBa	Angabe "m" pauschal bei "signifikantem Potenzial" sowie wenn arsenhaltig und keine darüber hinausgehend zu interpretierenden Angaben vorliegen
	sehr gering	sg	
	gering	g	
	mittel	m	
	groß	gro	
	sehr groß	sgro	
Arsenfracht	keine A-Fracht	kAf	-
	sehr gering	sg	Arsenanteil < 5 Gew.-%
	gering	g	Arsenanteil 5 bis 15 Gew.-%
	mittel	m	Arsenanteil > 15 bis 25 Gew.-%
	groß	gro	Arsenanteil > 25 bis 35 Gew.-%
	sehr groß	sgro	Arsenanteil > 35 Gew.-%

Die „*quantitative Einordnung*“ geschieht – soweit entsprechende Teilmengen an Kampfmitteln für alle markierten Inhaltsstoffe angegeben wurden – in Form von zwei unterschiedlichen Bewertungen:

- einer *Einordnung der spezifischen Mengen*
- sowie einer *Einordnung der Bruttogesamtmenge* unter Vernachlässigung der spezifisch enthaltenen Einzelmengen

Die „*Einordnung der spezifischen Mengen*“ basiert auf einer Verknüpfung der grundsätzlichen stofflichen Charakteristika und resultierenden Gefährdungsbewertung jeder Einzelsubstanz (vgl. „*qualitative Einordnung*“ und entsprechendes Ranking) mit ihrer spezifisch angegebenen, innerhalb der betrachteten Kampfmittelaltlast enthaltenen Kampfmittelmenge. Die Konzentration der spezifischen Kampfmittelmenge (kg/m^2) wird auf Basis der durch den Benutzer gemachten Angaben automatisch errechnet und resultiert in einem im Programm hinterlegten Wert. Dieser Wert wird wiederum mit dem Ranking der qualitativen Bewertung der spezifischen Substanz multipliziert und ergibt somit einen Endwert, dem letztendlich einer von insgesamt 30 entsprechend generierten Kommentaren in FRATSAD zugeordnet ist. Dieser Kommentar setzt die „Konzentration“ der Kampfmittel in Bezug zu bekannten Versenkungsgebieten in der Ostsee, weist nochmals die Gefährlichkeit des betrachteten Inhaltsstoffes aus und gibt ein Ranking hinsichtlich des Gefährdungspotenzials. Dieses Ranking basiert in diesem ersten Schritt nur auf der Menge der Kampfmittel und den Eigenschaften des jeweilig betrachteten Inhaltsstoffes.

Eine „*Einordnung der Bruttogesamtmenge*“ wird grundsätzlich generiert, insbesondere wenn keine spezifischen Angaben zu einzelnen Kampfmittelmengen gemacht wurden und so keine detaillierte Einordnung möglich ist. Hier wird dann der errechnete Wert für die Konzentration der Kampfmittel in kg/m^2 Altlast entsprechend kommentiert und wiederum überschlägig in Relation zu den bekannten Kampfmittelbelastungen offizieller Versenkungsgebiete gesetzt⁽⁷¹⁾. Die zugrundeliegenden, überschlägigen Flächenbelastungen sind:

- $< 0,0005 \text{ kg}/\text{m}^2$: geringe Belastung im Bereich der „normalen Hintergrundbelastung“ (Vergleichswert Deutsche Bucht)
- $0,0005 \text{ bis } < 0,005 \text{ kg}/\text{m}^2$: leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Deutsche Bucht)
- $0,005 \text{ bis } < 0,05 \text{ kg}/\text{m}^2$: deutlich erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Großraum Versenkungsgebiet östlich Bornholm)
- $0,05 \text{ bis } < 0,5 \text{ kg}/\text{m}^2$: stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Kerngebiet Versenkungsgebiet östlich Bornholm)
- $0,5 \text{ bis } < 5 \text{ kg}/\text{m}^2$: sehr stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Großraum Versenkungsgebiet Skagerrak)

⁷¹ Die detaillierte Herleitung zu den genannten Vergleichswerten findet sich in Kapitel 10.3.3, S. 375f.

- Ab 5 kg/m²: punktueller Hotspot oder Schwerpunktversenkungsgebiet (Vergleichswert Kerngebiet Versenkungsgebiet Skagerrak bzw. punktuelle Schwerpunktversenkung)

Die „Bewertung des Umfeldes“ der betrachteten subaquatischen Kampfmittelaltlast basiert ebenfalls auf Zahlenwerten, die für spezifische Eingaben hinterlegt sind. Diese Zahlenwerte werden aufsummiert und später durch die Anzahl der „beantworteten“ Parameterabfragen dividiert. Der sich ergebende Wert resultiert in einem Kommentar, der Bezug auf die Gesamtheit der Eingaben zum Umfeld der Altlast nimmt und somit nur orientierenden Charakter haben kann. Sollte eine „Extremantwort“ gegeben worden sein, die eines eigenen, angepassten Kommentars bzw. einer Erläuterung bedarf, so wird zusätzlich entsprechend ein Detailkommentar generiert und aufgeführt.

Eingabe der Inhaltstoffe	Angabe der Umgebungsbedingungen	Auswertung	
1. Qualitative Einordnung (vorhandene Stoffe)			
Nr.	Name	Beschreibung	Ranking
1	Adamst	<ul style="list-style-type: none"> • Hochtoxischer Nasen- und Rachenreizstoff, Ätzstoff und Lungengift • Giftig beim Einatmen und Verschlucken, sehr giftig bei Hautkontakt • Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung • Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, extrem toxisch für Wasserorganismen • Praktisch wasserunlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Jahre), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch • Sehr stabil, jahrelange Lagerung unter Wasser ohne Zersetzung möglich • Reinsubstanz enthält etwa 27 Gew.-% Arsen 	15 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.
2. Quantitative Einordnung (für spezifische Stoffmengen)			
Es wurden keine spezifischen Mengenangaben gemacht. Es kann keine Bewertung der einzelnen Stoffmengen durchgeführt werden!			
3. Quantitative Einordnung der Bruttogesamtmenge (unter Vernachlässigung der spezifischen Stoffe)			
belastete Fläche	Bruttogesamtmenge	Flächenbelastung	Bewertung
1 m ²	1 kg	1 kg/m ²	sehr stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Großraum Skagerrak)
4. Bewertung des Umfeldes			
Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als extrem gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem höchst möglichen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.			
Es wurde mindestens ein extremer Umgebungsparameter ausgewählt. Bitte beachten Sie neben der allgemeinen Auswertung auch folgende Hinweise:			

Abbildung 49: Beispielartige Auswertungen und Informationen durch FRATSAD (Ausschnitt)

Für weitere Details und einen Gesamtüberblick der Möglichkeiten von FRATSAD und entsprechend bereitgestellten Informationen wird auf die tatsächliche Anwendung unter www.marc-koch.net „FRATSAD“ sowie weitere Ausführungen in Kapitel 10.3 verwiesen. Das nachfolgende Kapitel 6.3 zeigt anhand eines Anwendungsbeispiels die konkrete Nutzung des entwickelten Erstbewertungswerkzeuges auf.

6.3 Konkretes Anwendungsbeispiel

Nachfolgend soll anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels die praktische Verwendung sowie der Umfang der durch FRATSAD dann bereitgestellten Informationen verdeutlicht werden.

Das für das Anwendungsbeispiel verwendete Szenario lehnt sich an den realen Daten und Rahmenbedingungen des Versenkungsgebietes für chemische Kampfmittel nordöstlich Bornholms an und umfasst folgende Annahmen:

- Die versenkten Kampfstoffe umfassen Senfgas (22.200 t KM), Clark I & II (je 3.200 t KM), Adamsit (4.500 t KM) sowie 1.600 t Chloracetophenon und jeweils 58 t HN₃, Phosgen, Tabun und Blausäure (Zyklon B). Die Annahmen basieren auf die prozentuale Aufteilung der Kampfstoffmengen laut [RUSFED 1993] und wurden – für alle Kampfstoffe gleiche Kampfmittel-/Transportgefäße annehmend – entsprechend auf die angenommene Gesamtmenge an chemischen Kampfmitteln von 35.000 t [BSH 1993] umgelegt. Im Falle der letztgenannten Kampfstoffe HN₃, Phosgen, Tabun und Blausäure, die bei Bornholm als mitversenkt angenommen werden können (vgl. [BSH 1993]), wurden die 74 t an Kampfstoffen laut [RUSFED 1993] unter „Sonstige“ geführt, vereinfachend zu gleichen Teilen entsprechend verteilt.
- Die für das beispielhafte Versenkungsgebiet angenommene Größe umfasst in etwa die des Bornholmer Versenkungskerngebiets und somit 10 x 10 km.
- Die Entfernung zu nächstgelegenen, stark frequentierten Fahrwinne bzw. Fährlinie wurde als „sehr gering“ angenommen, basierend auf bestehende Fährlinien (vgl. z.B. Google Maps) sowie der uneingeschränkten Befahrbarkeit der Versenkungsstellen.
- Die Entfernung zur nächstgelegenen Küste wurde als „sehr groß (> 10 km)“ angenommen (vgl. hierzu die Entfernung von VS 23 (siehe Abbildung 30, S. 169) zur Nordostspitze Bornholms von etwa 35 km).
- Entsprechend wurde auch die Entfernung zur nächstgelegenen Bebauung / Nutzungsstruktur als „sehr groß (> 10 km)“ angenommen.
- Die vorherrschende Wassertiefe wurde mit „mittel (51 bis 100 m)“ angenommen (vgl. hierzu Abbildung 6, S. 74).
- Die vorherrschenden Sedimentationsprozesse wurden in Anlehnung an entsprechende Ausführungen in Kapitel 4.5.1 mit „gleichbleibend oder sogar zunehmend“ beschrieben.
- Die Festlegung einer Strömungsgeschwindigkeit ist in diesem konkreten Falle schwierig: die vorherrschenden Geschwindigkeiten laut [HELCOM 1994] betragen etwa 0,05 m/s, können bei den periodisch auftretenden Salzwassereinbrüchen allerdings bis zu 1,0 m/s erreichen [IOW 2008]. Aufgrund dieser Tatsache wurde für das Anwendungsbeispiel die Option „hohe Strömungsgeschwindigkeiten“ gewählt.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

- Für den Unterpunkt „Ausgewiesene Naturschutzgebiete“ wurde die Option „unbekannt“ gewählt.
- Da der kommerzielle Fischfang in den als „Risikobereichen“ ausgewiesenen Versenkungsgebieten nicht explizit verboten ist (vgl. hierzu u.a. Kapitel 5.6.4), wurde für die Abfrage „Kommerzieller Fischfang“ die Option „Keine Nutzungsbeschränkung hinsichtlich kommerziellem Fischfang“ gewählt.
- Hinsichtlich weiterer Nutzungsbeschränkungen vor Ort wurde ebenfalls „keinerlei Nutzungsbeschränkungen und derartige Ausweisungen“ als zutreffend gewählt.

Die nachfolgende Abbildung 50 und Abbildung 51 zeigt die Eingabe der vorangehend genannten Annahmen in die entsprechenden Eingabemasken:

Eingabe der Inhaltstoffe	Angabe der Umgebungsbedingungen	Auswertung	
Bitte geben Sie hier die Inhaltstoffe und Mengen an versenkten Kampfmitteln an. Die Mengeneingabe bezieht sich auf das Bruttogewicht (Kampfmittel inkl. Inhalt) und ist für jeden betrachteten Inhaltsstoff <u>oder</u> vereinfachend als Gesamtmenge (ganz unten) möglich:			
Nr.	Name	Menge	Maßeinheit
1	<input checked="" type="checkbox"/> Adamsit	4500	Tonnen
2	<input type="checkbox"/> Arsinöl		kg
3	<input checked="" type="checkbox"/> Blausäure	58	Tonnen
4	<input type="checkbox"/> Chlor		kg
5	<input checked="" type="checkbox"/> Chloracetophenon	1600	Tonnen
6	<input type="checkbox"/> Chlorpikrin		kg
7	<input checked="" type="checkbox"/> Clark I	3200	Tonnen
8	<input checked="" type="checkbox"/> Clark II	3200	Tonnen
9	<input type="checkbox"/> Diphosgen		kg
10	<input type="checkbox"/> Lewisit		kg
11	<input checked="" type="checkbox"/> Phosgen	58	Tonnen
12	<input type="checkbox"/> Sarin		kg
13	<input type="checkbox"/> Sauerstofflost		kg
14	<input checked="" type="checkbox"/> Senfgas	22200	Tonnen
15	<input type="checkbox"/> Soman		kg
16	<input type="checkbox"/> Stickstofflost (HN1, nur geringfügig produziert)		kg
17	<input type="checkbox"/> Stickstofflost (HN2, nur geringfügig produziert)		kg
18	<input checked="" type="checkbox"/> Stickstofflost (HN3)	58	Tonnen
19	<input checked="" type="checkbox"/> Tabun	58	Tonnen
20	<input type="checkbox"/> Phosphor		kg
21	<input type="checkbox"/> Hexogen		kg
22	<input type="checkbox"/> Nitroglycerin		kg
23	<input type="checkbox"/> Pikrinsäure		kg
24	<input type="checkbox"/> Trinitrotoluol (TNT)		kg
Alternativ: Gesamtmenge aller Kampfmittel angeben:			kg
<input type="button" value="Eingaben löschen"/> <input type="button" value="weiter"/>			
FRATSAD ©2008 - 2009 marc-koch.net			

Abbildung 50: FRATSAD Eingabemaske „Inhaltstoffe“ im konkreten Anwendungsbeispiel

Eingabe der Inhaltstoffe	Angabe der Umgebungsbedingungen	Auswertung
Bitte geben Sie hier entsprechende Informationen zu den lokalen Rahmenbedingungen der betrachteten Kampfmittelversenkungsstelle an:		
Größe der Verklappungsstelle		
Breite	Länge	
10 km	10 km	
Umgebungsparameter		
Nr.	Name	Wert
1	Entfernung zur nächstgelegenen stark frequentierte Fahrrinne bzw. Fährlinie	Sehr gering (bis etwa 1 km)
2	Entfernung zur nächstgelegenen Küste	Sehr groß (> 10 km)
3	Entfernung zur nächstgelegenen Bebauung / Nutzungsstruktur	Sehr groß (> 10 km)
4	Wassertiefe bei Tidenniedrigwasser an der Verklappungsstelle	Mittel (51 bis 100 m)
5	Derzeit vorherrschende Sedimentationsprozesse an der Verklappungsstelle	Gleichbleibende oder sogar zunehmende Sedimentüberlagerung
6	Strömungsverhältnisse auf Grund	Hohe Strömungsgeschwindigkeiten
7	Ausgewiesene Naturschutzgebiete	unbekannt
8	Kommerzieller Fischfang	Keine Nutzungsbeschränkungen hinsichtlich kommerziellem Fischfang
9	Nutzungsbeschränkungen	Keinerlei Nutzungsbeschränkungen und derartige Ausweisungen
Eingaben löschen		Weiter
FRATSAD ©2008 - 2009 marc-koch.net		

Abbildung 51: FRATSAD Eingabemaske „Umgebungsbedingungen“ im konkreten Anwendungsbeispiel

Gibt man wie gezeigt die entsprechenden Informationen in die beiden Eingabemasken ein und bestätigt die getroffenen Angaben jeweils mit der Schaltfläche „Weiter“, so generiert FRATSAD aus den zur Verfügung stehenden Informationen der hinterlegten Stoffdatenbanken sowie den durch den Benutzer gemachten, spezifischen Eingaben folgende Ergebnisse im Rahmen der Auswertung (Bemerkung: aufgrund der „Scroll“-Funktion in der Anwendung war es nicht möglich die mehrere Seiten umfassende Auswertung als solche graphisch zusammenhängend darzustellen. Die hier im Rahmen der nachfolgenden Abbildungen dargestellten „Sektionen“ eben dieser Bildschirmanzeige geben aber exakt und in chronologischer Reihenfolge unverändert diese Auswertung wieder):

Bereich der „Qualitativen Einordnung“ der vorhandenen Inhaltstoffe

Eingabe der Inhaltstoffe	Angabe der Umgebungsbedingungen	Auswertung	
1. Qualitative Einordnung (vorhandene Stoffe)			
Nr.	Name	Beschreibung	Ranking
1	Adamsit	<ul style="list-style-type: none"> • Hochtöxischer Nasen- und Rachenreizstoff, Ätzzstoff und Lungengift • Giftig beim Einatmen und Verschlucken, sehr giftig bei Hautkontakt • Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung • Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, extrem toxisch für Wasserorganismen • Praktisch wasserunlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Jahre), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch • Sehr stabil, jahrelange Lagerung unter Wasser ohne Zersetzung möglich • Reinsubstanz enthält etwa 27 Gew.-% Arsen 	<p>15 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.</p>

Abbildung 52: Qualitative Einordnung für Adamsit in FRATSAD

2	Blausäure	<ul style="list-style-type: none"> • Stark toxischer Reizstoff sowie Lungen- und Hautgift • Reizwirkung auf Atemwege und Augen • Teratogene Wirkung in hohen Konzentrationen • Nicht oder nur sehr gering bioakkumulierbar • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Fische und Plankton • Sehr gut wasserlöslich, langsame Hydrolyse (Minuten bis Stunden angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch • Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen • Bei Lagerung in Stahlbehältern nur mittelfristig stabil (Monate bis wenige Jahre angenommen), Gefahr explosionsartiger Zersetzungen 	<p>10 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als sehr gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	-----------	--	--

Abbildung 53: Qualitative Einordnung für Blausäure in FRATSAD

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

3	Chloracetophenon	<ul style="list-style-type: none"> • Hochtoxischer Reizstoff • Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut • Verdacht auf kanzerogene und teratogene Wirkung • Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial • Gefährlicher Wasserschadstoff • Gut wasserlöslich; sehr langsame bis keine Hydrolyse, Hydrolyseprodukt mindertoxisch • Sehr stabil, auch nach längerer Lagerung in feuchter Atmosphäre sind keine chemischen Zersetzungsreaktionen zu beobachten • Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen 	<p>10 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als sehr gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	------------------	---	--

Abbildung 54: Qualitative Einordnung für Chloracetophenon in FRATSAD

4	Clark I	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr giftiges Haut- und Lungengift • Giftig beim Einatmen und Verschlucken; bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung • Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung • Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen • Wasserlöslich bis gut wasserlöslich; langsame bis sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Monate angen.), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch • Stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit • Reinsubstanz enthält etwa 28 Gew.-% Arsen • Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen 	<p>13 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	---------	---	--

Abbildung 55: Qualitative Einordnung für Clark I in FRATSAD

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

5	Clark II	<ul style="list-style-type: none"> • Hochtoxisches Haut- und Lungengift • Giftig beim Einatmen und Verschlucken; bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung • Verdacht auf kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkung • Signifikantes Bioakkumulationspotenzial über arsenhaltige Abbauprodukte gegeben • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen • Wasserlöslich bis gut wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukt weiterhin stark toxisch • Stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit • Reinsubstanz enthält etwa 29 Gew.-% Arsen • Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen 	<p>14 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	----------	---	--

Abbildung 56: Qualitative Einordnung für Clark II in FRATSAD

6	Phosgen	<ul style="list-style-type: none"> • Extrem toxisches Lungengift, starker Hautreizstoff in Verbindung mit Feuchte • Giftig beim Einatmen und Berührung mit der Haut • Keine kanzerogene oder mutagene Wirkung bekannt; nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK-Wertes • Kein signifikantes Bioakkumulationspotenzial • Gefährlicher Wasserschadstoff (WGK 2) • Wasserlöslich; schnelle Hydrolyse (mehrere Sekunden angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch • Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit • Liegt in Kampfmitteln wie Chlor verflüssigt vor; die Hydrolysegeschwindigkeiten sind so nur im Labor darstellbar, in Wassertiefen ab etwa 10 m „Pfüthenbildung“ mit stark verzögerter Hydrolyse 	<p>10 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als sehr gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	---------	--	--

Abbildung 57: Qualitative Einordnung für Phosgen in FRATSAD

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

7	Senfgas	<ul style="list-style-type: none"> • Extrem toxischer Reizstoff, Hautgift, Lungengift, Zellgift und Enzyminhibitor • Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut • Kanzerogene Wirkung beim Menschen belegt, starker Verdacht der mutagenen sowie teratogenen Wirkung (u.a. im Tierversuch belegt) • Eher geringes Bioakkumulationspotenzial in Fischen und aquatischen Lebewesen • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Wasserorganismen • Wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Monate bis Jahre angen.), Hydrolyseprodukte mindertoxisch • Sehr stabil unter Normalbedingungen • Besonderheit „Kokosnusseffekt“: durch lederartige Schutzmantelbildung teilweise hydrolysierter Bestandteile (insb. bei Zählrost) verbleibt vollaktives Senfgas im Inneren auch nach jahrzehntelanger Lagerung in Wasser. Die meist runden „Klumpen“ sind praktisch beliebig durch Meeresströmungen transportierbar. 	<p>13 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.</p>
---	---------	--	--

Abbildung 58: Qualitative Einordnung für Senfgas in FRATSAD

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

8	Stickstofflost (HN3)	<ul style="list-style-type: none"> • Hochtoxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift • Stark toxisch beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut • Kanzerogene und mutagene Wirkung im Tierversuch belegt, teratogene Wirkung • Signifikantes Bioakkumulationspotenzial (angen.) • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff • Wasserlöslich; sehr langsame Hydrolyse (Tage bis Monate angen.), Zwischenprodukte der Hydrolyse tlw. stark toxisch sowie karzinogen und teratogen, langfristige Hydrolyseprodukte eher mindertoxisch • Recht stabil unter Normalbedingungen, teilweise Dimerisierung bei langer Lagerung möglich 	14 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.
---	----------------------	---	--

Abbildung 59: Qualitative Einordnung für HN3 in FRATSAD

9	Tabun	<ul style="list-style-type: none"> • Hochgiftiges Nervengas • Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut • Keine kanzerogene Wirkung bekannt, Verdacht der mutagenen und teratogenen Wirkung • Geringes Bioakkumulationspotenzial • Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen • Sehr gut wasserlöslich; langsame Hydrolyse (Stunden bis Tage angen.), Hydrolyseprodukte teilweise hochtoxisch (Blausäure) • Recht stabil unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchte • Potenzial zur Ausbildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen 	13 von 15 Punkten: Bei dem genannten Kampfmittelinhaltsstoff handelt es sich um eine Substanz, die aufgrund ihrer qualitativen Charakteristika im Kontext einer subaquatischen Altlast als extrem gefährlich einzuschätzen ist.
---	-------	--	--

Abbildung 60: Qualitative Einordnung für Tabun in FRATSAD

Die vorangehend nur rein qualitativ dargestellten Informationen zu den jeweilig enthaltenen chemischen Kampfmittelinhaltsstoffen werden im Folgenden nun im Rahmen des zweiten Teils der Auswertung auch zu ihrer jeweiligen Menge an sie enthaltenden Kampfmittel in einen Kontext gesetzt:

Bereich der „Quantitativen Einordnung“ für spezifische Inhaltstoffmengen

2. Quantitative Einordnung (für spezifische Stoffmengen)			
Nr.	Name	Flächenbelastung	Bewertung
1	Adamsit	0.045 kg/m ²	deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, mittleres Gefahrenpotenzial mit 15 von 30 möglichen Wertungspunkten
2	Blausäure	0.0006 kg/m ²	leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist sehr gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, signifikantes Gefahrenpotenzial mit 9 von 30 möglichen Wertungspunkten
3	Chloracetophenon	0.016 kg/m ²	deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist sehr gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, mittleres Gefahrenpotenzial mit 14 von 30 möglichen Wertungspunkten
4	Clark I	0.032 kg/m ²	deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, mittleres Gefahrenpotenzial mit 15 von 30 möglichen Wertungspunkten
5	Clark II	0.032 kg/m ²	deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, mittleres Gefahrenpotenzial mit 15 von 30 möglichen Wertungspunkten

Abbildung 61: Quantitative Einordnung spezifischer Mengen in Relation zur Versenkungsgebietsgröße (Teil I)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

6	Phosgen	0.0006 kg/m ²	leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist sehr gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, signifikantes Gefahrenpotenzial mit 9 von 30 möglichen Wertungspunkten
7	Senfgas	0.222 kg/m ²	stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, recht hohes Gefahrenpotenzial mit 20 von 30 möglichen Wertungspunkten
8	Stickstofflost (HN3)	0.0006 kg/m ²	leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, signifikantes Gefahrenpotenzial mit 10 von 30 möglichen Wertungspunkten
9	Tabun	0.0006 kg/m ²	leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist extrem gefährlich -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, signifikantes Gefahrenpotenzial mit 10 von 30 möglichen Wertungspunkten

Abbildung 62: Quantitative Einordnung spezifischer Mengen in Relation zur Versenkungsgebietsgröße (Teil II)

Soweit durch den Benutzer eingegeben, ist eine Einordnung der spezifischen Mengen an unterschiedlichen Kampfmittelinhaltsstoffen, wie vorangehend gezeigt, möglich. FRATSAD summiert dann die entsprechenden Eingabemengen auf und setzt die Gesamtmenge wiederum in einen Kontext, wie nachfolgend gezeigt. Sollten durch den Benutzer keine spezifischen Mengenangaben zu den Inhaltsstoffen, sondern nur eine Aussage zur Gesamtmenge der an der Versenkungsstelle vermuteten Kampfmittel gemacht worden sein, entfällt vorangehender Punkt 2 der Auswertung.

Bereich der „Quantitativen Einordnung“ für die Bruttogesamtmenge

Unabhängig von einer eventuellen Eingabe von Mengenangaben zu allen betrachteten Kampfmittelinhaltsstoffen einer subaquatischen Kampfmittelaltlast, setzt FRATSAD die dann gegebene bzw. einzugebende Gesamtmenge an Kampfmitteln im Vergleich zu anderen, bekannten Versenkungsgebieten in einen Kontext. Im konkreten Anwendungsbeispiel gibt FRATSAD die in Abbildung 63 gegebenen Informationen:

3. Quantitative Einordnung der Bruttogesamtmenge (unter Vernachlässigung der spezifischen Stoffe)			
belastete Fläche	Bruttogesamtmenge	Flächenbelastung	Bewertung
100000000 m ²	34932000 kg	0.3493 kg/m ²	stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Kerngebiet Bornholm)

Abbildung 63: Beurteilung der Bruttogesamtmenge in FRATSAD im konkreten Beispiel

Abschließend wir dann in der Auswertung durch FRATSAD auf die Angaben des Benutzers zu den Rahmenbedingungen des betrachteten Versenkungsgebietes eingegangen:

Bereich der „Bewertung des Umfeldes“

Neben den Details zu qualitativen und quantitativen Spezifika einer subaquatischen Altlast und der dort vorhandenen oder zumindest vermuteten Kampfmittel, ist ebenso das Umfeld des betrachteten Gebietes zu berücksichtigen, wie vorangehend anhand des konkreten Anwendungsbeispiels gezeigt. Für dieses Anwendungsbeispiel ergibt sich in FRATSAD zunächst folgendes, allgemeines Bewertungskommentar (Abbildung 64):

4. Bewertung des Umfeldes
Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als **weniger gefährlich** einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem eher geringen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe. *

Abbildung 64: Beurteilung des Versenkungsgebietsumfeldes durch FRATSAD im konkreten Beispiel

Aufgrund der durch den Benutzer gemachten „Extremeingaben“ zu bestimmten Rahmenbedingungen (Abfragen zu Fahrrinne, Sedimentation, Strömungsgeschwindigkeit, kommerzieller Fischfang sowie sonstige Nutzungsbeschränkungen), kommentiert FRATSAD diese Rahmenbedingungen und gibt dem Benutzer zusätzliche, orientierende Informationen zum Umfeld des betrachteten Versenkungsgebietes:

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Es wurde mindestens ein extremer Umgebungsparameter ausgewählt. Bitte beachten Sie neben der allgemeinen Auswertung auch folgende Hinweise:

Die unmittelbare Nähe zu einer stark frequentierten Fahrinne bzw. Fährlinie resultiert in einem nicht abschätzbaren Risikopotenzial hinsichtlich einer möglichen spontanen Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer damit eventuell verbundenen signifikanten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe oder gar noch aktiver Kampfstoffe. Diese Inhaltsstoffe können unter Umständen erhebliche Konzentrationen in der Wassersäule und/oder Atmosphäre über der Verklappungsstelle aufweisen und aufgrund der wahrscheinlich unzureichenden Verdünnungseffekte durch die gegebene unmittelbare Nähe zu sich dort aufhaltenden Menschen ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen.

Durch die signifikante Zunahme der eventuell bisher nicht oder kaum vorhandenen Sedimentüberlagerung werden „abschirmende“ Mechanismen z.B. hinsichtlich einer Verfügbarkeit von toxischen Substanzen zur Lösung in der Wassersäule oder hinsichtlich einer dämpfenden Wirkung bei Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer resultierenden Freisetzung erheblicher Mengen an eventuelle hoch toxischen Inhaltsstoffen, vergrößert bzw. sind überhaupt erst vorhanden. Die Kampfmittel und eventuell bereits freikorrodierte Inhalte liegen spätestens mittelfristig mit Sediment überdeckt auf dem Meeresgrund und unterliegen somit nicht mehr den normalen Lösungs- und Transportmechanismen durch die Meeresströmung. Im Falle vorher aerober, korrosiver Zustände herrschen nun innerhalb der Sedimentschicht tendenziell mehr und mehr eher anaerobe Umgebungsbedingungen vor, die grundsätzlich mit einer Korrosionsabnahme und damit verminderten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe verbunden ist. Vormals leicht auffindbare Kampfmittel sind nun eventuell erheblich schwerer auffindbar und dementsprechend verringert sich das Risikopotenzial hinsichtlich eines Zugriffs, auch im Kontext eventuell terroristisch motivierter Handlungen.

Die vorherrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten bedingen tendenziell eine erhöhte Frischwasserzufuhr und eine damit einhergehende Verdünnung möglicherweise freierwerdender toxischer Substanzen aus den Kampfmitteln. Dies verändert zwar nicht die Gesamtfracht an toxischen Substanzen, die durch Leckagen oder gar Detonationen verursacht freierwerden, mindert aber eventuell signifikant die vor Ort resultierenden akut toxischen Stoffkonzentrationen. Allerdings können diese erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten ebenso zu einer Zehrung bei vorhandener Sedimentüberlagerung und zu einem erhöhten Potenzial hinsichtlich Transport- und Verdriftungsmechanismen in Bezug auf die dort lagernden Kampfmittel oder nicht hydrolysierten Inhaltsstoffen führen.

Durch die Befischung des direkten bzw. unmittelbaren Umfeldes der subaquatischen Rüstungsaltlast ist ein direkter Kontakt mit den Kampfmitteln und ihrem Inhalt sehr wahrscheinlich. Gerade im Kontext der Schleppnetzfisherei werden Kampfmittel und auch deren Inhalte zunächst mitgeschleift (Verdriftung!) und gelangen oftmals letztendlich auch in das Schleppnetz und so an Bord der Schiffe. Hierbei besteht akute Gefahr der Kontamination der Fänge, der Besatzung und des Schiffes mit damit unmittelbar einhergehenden Gesundheitsgefährdungen. Im Falle noch funktionstüchtiger Zünder kann es zur einer Selbstdetonation der aufgenommenen Kampfmittel an Deck kommen. Aufgrund des Druckunterschiedes und möglicher Korrosionslöcher neigen insbesondere chemische Kampfmittel zum „Abblasen“ von Teilen des Kampfstoff-Inhaltes, durch das plötzliche Sauerstoffangebot in der Atmosphäre kommt es teilweise zu heftigen Oxidationsreaktionen die in einer fast schlagartigen Rotverfärbung der Kampfmittelhülle bis hin zu einer Rauchbildung führen können.

Abbildung 65: Zusatzinformationen seitens FRATSAD zu Extremeingaben im Anwendungsbeispiel (Teil I)

Durch die fehlende Nutzungsbeschränkung ist die subaquatische Rüstungsaltlast auf jegliche Weise zugänglich, was in einer größtmöglichen Gefährdung z.B. des gewerblichen Fischfangs, ankernden oder vorbeifahrenden Booten, von Schwimmern, Tauchern oder sonstig sich in diesem Gefahrenbereich aufhaltenden Personen resultiert. Schwere Schädigungen durch den Kontakt mit den Kampfmitteln oder ihrem Inhalt können nicht ausgeschlossen werden, ein entsprechendes Risiko wird durch die fehlende Kennzeichnung des Gefahrenbereiches maximiert.

FRATSAD ©2008 - 2009 marc-koch.net

Abbildung 66: Zusatzinformationen seitens FRATSAD zu Extremeingaben im Anwendungsbeispiel (Teil II)

6.4 Fazit

Das vorangehend vorgestellte Erstbewertungswerkzeug „FRATSAD“ zielt auf eine erste Einschätzung bzw. Kommentierung von Grobinformationen zu einer durch den Benutzer betrachteten, subaquatischen (chemischen) Kampfmittelaltlast ab. Hierbei steht eine Information des Benutzers über die physikalischen, chemischen und toxikologischen Charakteristika der enthaltenen Kampfmittelinhaltsstoffe in Kurzform im Vordergrund.

Ebenso werden Angaben zu Mengen, Ausdehnung sowie örtlicher Spezifika der Altlast grob in einen Kontext gesetzt und bewertet. Diese Kurzinformationen und generierte Erstbewertungen können nur orientierenden Charakter haben und nicht eine Detailuntersuchung der spezifischen Gefährdungen der realen Altlast sowie deren Sanierungsbedarf ersetzen.

FRATSAD dient zu einer ersten, unverbindlichen Information des Benutzers, stellt aber bereits eine Fülle von aufbereiteten Informationen zur Verfügung, die zuvor so nicht für die breite Öffentlichkeit bereitstanden.

7 Fazit, zukünftiger Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen

Auch nach den intensiven Recherchen und Auswertungen des aktuellen Kenntnisstandes über chemische Kampfmittelaltlasten in der Ostsee ist eine umfassende, abschließende Bewertung praktisch unmöglich, in vielen Themengebieten aufgrund signifikanter Mängel an Informationen teilweise nur indikativ möglich. Dennoch sollen nachfolgend die Ergebnisse zu den wichtigsten Fragestellungen der vorliegenden Arbeit nochmals kurz zusammengefasst werden und somit zumindest das derzeitige, aktualisierte Gesamtbild bezüglich subaquatischer Kampfmittelaltlasten aufgezeigt werden:

Charakteristika der versenkten chemischen und konventionellen Kampfmittel

Im Rahmen der stofflichen Betrachtungen der wichtigsten chemischen und konventionellen Kampfmittelinhaltsstoffe zeichnet sich allgemein folgendes Bild ab:

Im Bereich der Kampfstoffe:

- Hinsichtlich der akuten Toxizität ergaben sich kaum wesentliche Abweichungen von Angaben und Einschätzungen der bisher veröffentlichten Studien; einige „Lücken“ konnten durch neuere Forschungsergebnisse teilweise geschlossen oder zumindest ergänzt werden. Von den betrachteten 21 Substanzen/Gemischen sind 16 (also 76 %) in ihrer akuten Toxizität hochtoxisch oder sogar extrem toxisch.
- Die Mehrzahl dieser Substanzen (15 Substanzen (somit 71 %)) unterliegen dem Verdacht auf kanzerogene, mutagene und/oder teratogene Wirkungen oder haben diese Wirkungen nachweislich. Dieses Potenzial basiert oftmals auf erst in jüngster Zeit verfügbaren Literaturquellen, ältere Veröffentlichungen schätzen dieses Potenzial meist erheblich geringer ein. Zudem werden „Nichteinstufungen“ in entsprechende Gefährdungsklassen in vielen Quellen hinsichtlich einer entsprechenden, nicht bestehenden Toxizität interpretiert, was unzutreffend ist (vgl. Kapitel 5.1).
- Das Bioakkumulationspotenzial unterliegt auch in aktuellen Literaturangaben erheblichen Schwankungen. Dennoch haben zehn Substanzen (und somit 48 %), oftmals auf Basis ihrer arsenhaltigen Abbau- und Hydrolyseprodukte, ein signifikantes Bioakkumulationspotenzial. Acht Substanzen (38 %) sind arsenhaltig und ergeben arsenhaltige Abbau- und Hydrolyseprodukte. Entsprechende signifikante Anreicherungen in der Nahrungskette und eine resultierende Gefährdung des Endkonsumenten Mensch ist nur in Einzelfällen belegt, vielfach allerdings zumindest indiziert.
- Hinsichtlich der aquatischen Toxizität sind viele ältere Annahmen zu relativieren: Alle 21 Substanzen sind gefährliche oder sehr gefährliche Wasserschadstoffe mit teilweise sehr hoher Toxizität für marine Organismen. Schädigungen bzw. ein signifikantes Schädigungspotenzial von Fischgründen bezüglich chronischer Toxizitäten konnten in aktuellen Studien belegt werden.
- Zehn Substanzen (48 %) besitzen aufgrund ihrer hohen Wasserlöslichkeit und nur langsamen oder sogar sehr langsamen Hydrolysegeschwindigkeit – in Abhängigkeit

spezifischer Verdünnungsmechanismen – ein signifikantes Potenzial zur Ausbildung einer zumindest mittelfristig persistenten Kontaminationsfahne. Diese Kontaminationsfahne ist – aufgrund ihrer laminaren, nur wenige Meter mächtigen Schichtung über dem Meeresboden – eher bezüglich dort befindlicher mariner Organismen von Relevanz, eine akute Gefährdung des Menschen ist eher nicht anzunehmen.

- Gerade hinsichtlich des natürlichen Abbaus chemischer Kampfstoffe, insbesondere deren Hydrolyseverhalten, sind viele ältere Aussagen bezüglich des raschen und unschädlichen Abbaus vieler Substanzen nach aktuellem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht aufrecht zu erhalten. Ein Beispiel ist Phosgen oder Diphosgen (Perstoff), das in fast allen bisherigen Studien als problemlos binnen Sekundenbruchteilen oder zumindest weniger Sekunden über seine Hydrolyseeigenschaften als abbaubar gilt. Dass diese Hydrolyseeigenschaften auf optimierten Laborbedingungen basieren und so in der Realität nicht oder nicht einmal im Ansatz erreicht werden, wird oftmals nicht berücksichtigt. Veröffentlichungen über die „Pfüthenbildung“ flüssig vorliegenden Phosgens aufgrund des Umgebungsdrucks ab zehn Metern Wassertiefe liegen erst seit entsprechenden Untersuchungen des Britischen Verteidigungsministeriums vor. Ähnliches gilt für eine Vielzahl anderer Substanzen, deren Gefährdungspotenzial-Beurteilung im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten in vorangegangenen Studien – trotz damaliger oder auch noch aktuell vorhandener, erheblicher Informationsdefizite – mehr als überrascht.

Im Bereich der nur peripher betrachteten konventionellen Kampfmittelaltlasten zeigt sich, dass:

- alle fünf betrachteten Substanzen im Verdacht stehen, kanzerogene, mutagene oder teratogene Wirkungen zu haben, oder sie haben diese Wirkungen bewiesenermaßen.
- Eine der Substanzen (Phosphor) hat zudem ein signifikantes Bioakkumulationspotenzial.
- Alle 5 Substanzen sind gefährliche Wasserschadstoffe.

Somit kann abschließend gesagt werden, dass bisherige Veröffentlichungen seitens ihrer Aussagen über die Toxizität chemischer und konventioneller Kampfmittelaltlasten im Kontext subaquatischer Kampfmittelaltlasten oftmals zu relativieren sind. Der aktualisierte Informationsstand zeichnet ein meist deutlich problematischeres Bild, wenngleich nach wie vor teilweise weiterer, erheblicher Untersuchungsbedarf bezüglich der Charakteristika der betrachteten Substanzen – insbesondere im marinen/subaquatischen Bereich – besteht.

Versenkte Kampfmittel, qualitative und quantitative Aussagen

Die bisher in der verfügbaren, als belastbar anzusehenden Literatur aufgezeigten Mengen an im Bereich des Skagerrak sowie der eigentlichen Ostsee versenkten chemischen Kampfmittel umfassen auf Basis der Recherchen und Ausarbeitungen in der vorliegenden Arbeit aller Wahrscheinlichkeit nur die absolute Untergrenze der tatsächlich anzunehmenden Kampfmittel-

telmengen. Diesbezügliche qualitative Aussagen über enthaltene Kampfstoffe können allenfalls als orientierend betrachtet werden, wie nachfolgend ausgeführt.

Hinsichtlich einer qualitativen Aussage sind die einzelnen Versenkungsgebiete tendenziell spezifisch zu betrachten, diesbezügliche Aussagen basieren oft auf Augenzeugenberichten und beziehen sich auf die sichtbare Kennzeichnung der Kampfmittel (z.B. „Gelbkreuz“). Hier sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine signifikanten neuen Erkenntnisse erarbeitet worden. Tendenziell ist davon auszugehen, dass sogenannte „Spitzenkampfstoffe“ wie Sarin – soweit als solche erkennbar – eher zu Forschungszwecken sowie zur Erweiterung der eigenen Arsenale in die Länder der Siegermächte transportiert wurden und wohl nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Leckagen etc.) versenkt wurden.

Wichtig ist bezüglich qualitativer Aussagen zu versenkten Kampfmitteln grundsätzlich allerdings, dass a) chemische Kampfmittel in den letzten Kriegsmonaten anscheinend nicht oder vorsätzlich falsch gekennzeichnet wurden und b) laut Bericht von [JÄCKEL 1969] – sicher eine der belastbarsten Quellen – alle ausgewiesenen konventionellen Versenkungsgebiete potenziell auch chemische Kampfmittel enthalten können, was insbesondere bei der deutschen Verfahrensweise der Kennzeichnung der Versenkungsstellen zu berücksichtigen ist.

Bezüglich des Skagerraks gibt es große Unklarheiten, wie viele Schiffe dort versenkt und ob, oder mit welchen Kampfmitteln diese beladen waren. Verfügbare Literaturquellen sprechen von etwa 40 bis 60 Schiffen, die im Großbereich „Skagerrak“ versenkt wurden, im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten alleine 74 Schiffe namentlich mit hoher Wahrscheinlichkeit den Versenkungsaktivitäten im Skagerrak zugeordnet werden. Über die nicht gelisteten, „namenlosen“ Zement- und Holzrümpfe, die insbesondere bei amerikanischen Versenkungen nach Literaturangaben ebenfalls zum Einsatz kamen, gibt es keinerlei Informationen. Zudem gibt es – wie in dieser Arbeit dargestellt – erhebliche Zweifel an den sogenannten „ship-only“ Versenkungen der Tripartite Naval Commission. Diese Schiffe waren – entgegen der ursprünglichen Aussagen der ausführenden Nationen – sehr wahrscheinlich teilweise, wahrscheinlich größtenteils doch mit chemischen und konventionellen Kampfmitteln beladen. Es erscheint rückblickend schlichtweg nicht nachvollziehbar, warum man einerseits händeringend nach Schiffen bzw. Ladekapazitäten für Kampfmittelversenkungen suchte und diese teilweise in der Privatwirtschaft „akquirierte“, wenn andererseits große Marineschiffe ohnehin im Rahmen der Entwaffnung Nachkriegsdeutschlands versenkt, jedoch aber zumindest offiziell nicht mit Kampfmitteln beladen wurden.

Hinsichtlich der Versenkungsaktivitäten in der Ostsee selbst sind Hinweise auf über die bisherigen Literaturangaben hinausgehende, wesentliche Kampfmittelmengen – insbesondere was chemische Kampfmittel angeht – weniger deutlich bzw. teilweise hochspekulativ. Letzteres gilt gerade für die russischen Versenkungsaktivitäten nach 1948, die bis in die späten 1980er Jahre andauert haben sollen. Die russischen Bestände – hierfür gibt es auch auf Basis der im Rahmen der vorliegenden Arbeit gemachten Ausführungen recht deutliche Indizien – lagen aller Wahrscheinlichkeit nach weitaus über den „offiziellen“ Zahlen. Da allerdings – im Verhältnis zum ursprünglich anzunehmenden Bestand an chemischen Kampfmitteln und Kampfstoffen – nur recht geringe Mengen im Rahmen des CWÜ deklariert wurden, die zu-

dem wohl aus politischen Gründen in etwa denen der amerikanischen Deklarierungen angepasst wurden, müssen massiv Kampfmittel und Kampfstoffe vernichtet worden sein. Hinsichtlich einer Gewichtung der landbasierten zu den versenkungsbasierten Aktivitäten lässt sich keine belastbare Aussage treffen, die Versenkung im Meer dürfte aber – wie auch unmittelbar nach dem Krieg – mit erheblich geringerem Aufwand und einer erheblich geringeren Gefährdung des ausführenden Personals verbunden gewesen sein und somit überwiegen. Ob diese Versenkungen in signifikantem Umfang in der Ostsee stattfanden, lässt sich nicht belegen. Nach Einschätzung des Autors fanden diese Versenkungen aber wohl tendenziell in den an Russland angrenzenden Nordmeeren statt. Alleine aufgrund der Überwachungsmaßnahmen im Zuge des Kalten Krieges sowie der grundsätzlichen Sensibilität durch die zahlreichen Anrainer an der Ostsee, waren diese hier wohl leichter zu realisieren. Dennoch dürften hinsichtlich möglicher Nachversenkungen die im „Baltic Sea Ordnance Pilot“ (BOP) aufgeführten nördlichen Versenkungsstellen im Bottnischen, Finnischen und Rigaischen Meerbusen von Interesse sein (vgl. hierzu Kapitel 5.4.1 sowie 5.4.2).

Lokalisierung von Versenkungsstellen und Ausbreitung der Kampfmittel

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde erstmals eine erweiterte Listung der aus den sogenannten Jäckel-Berichten sowie dem „Baltic Sea Ordnance Pilot“ (BOP) hervorgehenden Versenkungsstellen in der Ostsee erarbeitet. Die hieraus hervorgehenden Versenkungs-, Warn- und Verdachtsgebiete umfassen – etwas simplifiziert – fast flächendeckend den gesamten Ostseeraum. Bezüglich qualitativer Aussagen besteht – wie bereits vorangehend ausgeführt – ein erheblicher Zweifel an bisher nur als rein konventionell ausgewiesenen Kampfmittelversenkungsgebieten.

Hinsichtlich der grundsätzlichen Verteilung von Kampfmitteln auf dem Meeresboden der Ostsee repräsentiert vielleicht die Schleppnetzfischerei der letzten sechs Jahrzehnte den wichtigsten „Transportfaktor“ für eine heute fast als ubiquitär anzunehmende Verteilung von Kampfmitteln gleich welcher Gattung in der Ostsee. Die Verdriftung größerer Kampfmittelkörper wie Bomben oder großen Granaten ist aufgrund der meist recht geringen Strömungsgeschwindigkeiten in der Kernostsee eher als eingeschränkt zu betrachten, wobei den starken Tideströmungen, den periodischen Salzwassereinbrüchen sowie der Brandung im unmittelbaren Küstenbereich eine Sonderstellung zukommen. Hier haben Ereignisse in der Vergangenheit und Gegenwart gezeigt, dass auch sehr große Kampfmittelkörper – wenn wie auch immer in den Küstenbereich gelangt – dort praktisch beliebig transportiert und an die Strände angeschwemmt werden können. Die vielfache Argumentation, dass insbesondere die chemischen Kampfmittel in den Tiefengebieten der Ostsee liegen und dort, aufgrund der geringen Strömungsgeschwindigkeiten, auch blieben, ist nicht nachvollziehbar: Seit über einem halben Jahrhundert verschleppt der Fischfang – und das ist keine Schuldzuweisung – praktisch kontinuierlich Kampfmittel aus diesen Tiefengebieten. Wenn entsprechende Funde in den aufgeholten Netzen gesichtet und meist rückversenkt werden, sind diese Trawler oftmals Kilometer weit von den ursprünglichen Versenkungsstellen entfernt. Zudem belegen Berichte über die damalige Versenkungspraxis, dass a) die genaue Position während der eigentlichen Versenkungsaktivitäten nicht bekannt oder durch driftende Schiffe während der oft mehrstündigen

Versenkungsaktivitäten überhaupt nicht zu halten war und b) Kampfmittel in Körben und sonstigen Transportgefäßen aus Holz selbst oftmals kilometerweit verdrifteten, bevor sie zu sinken begannen.

In diesem Kontext ist auch der Faktor des „en route dumping“, also des Versenkens von Kampfmitteln bereits auf der Fahrt zu den eigentlichen, offiziell ausgewiesenen Versenkungsgebieten, nicht zu unterschätzen. Laut Augenzeugenberichten beteiligter Schiffsbesatzungen begannen diese Versenkungen oftmals praktisch unmittelbar nach dem Auslaufen aus den deutschen Heimathäfen, die eigentlichen Versenkungsgebiete wurden – basierend auf Überprüfungen der Fahrtzeiten – oftmals nie erreicht. Aussagen von betreffenden Behörden und Institutionen, eigene Küsten- oder Hoheitsgewässer wären kategorisch frei von chemischen Kampfmitteln, sind nicht nachvollziehbar. Selbst eigens durchgeführte Untersuchungen in deutschen Ostseeküstenbereichen zum Thema „en route dumping“ (vgl. hierzu Kapitel 4.5.5) und einer daraus resultierenden Aussage über eine Kampfmittelbelastung sind, obwohl oftmals anders dargestellt, diesbezüglich letztendlich nicht aussagekräftig.

Gerne übersehen wird bezüglich der Transportmechanismen und der oft nur auf die Kampfmittel fokussierende Diskussion die zunehmende Relevanz der durch die Korrosion bereits freigesetzten Kampfstoffe, also Fälle, in denen nicht mehr ganze Kampfmittel samt Inhalt sondern nur noch die Inhaltsstoffe bzw. Partikel dieser Inhaltsstoffe durch Strömungen transportiert werden müssen: Ein brisantes Beispiel sind hierbei die kontinuierlichen Anschwemmungen von Phosphor aus Brandbomben oder anderen, phosphorhaltigen Kampfmitteln an deutschen Küsten, die in den letzten Jahrzehnten zu etwa 20 Zwischenfällen mit teilweise schweren Brandverletzungen bei betroffenen Personen geführt haben (siehe hierzu Kapitel 5.7). Weitaus problematischer ist hierbei das mengenanteilig bei weitem am meisten versenkte Senfgas: es bildet durch die einsetzende Hydrolyse eine lederartige Schicht aus Hydrolyseprodukten sowie enthaltener Verdickungsmittel und sonstiger Beimischungen, die nicht nur die Hydrolyse praktisch völlig stoppen, sondern im Kern dieser „Bälle“ oder „Klumpen“ vollaktives Senfgas über Dekaden vor externen Einflüssen schützen. Diese Senfgasklumpen werden teilweise durch Sandanhäufungen nochmals gegen entsprechende Einflüsse des umgebenden Meerwassers geschützt, durch die Strömungseinwirkungen tendenziell rundlich „geformt“ und sind nun aufgrund ihrer recht geringen Dichte und Form – in Abhängigkeit ihrer Größe – praktisch beliebig auf dem Meeresboden transportierbar. Aufgrund der fortschreitenden Korrosionsprozesse und der resultierenden Freisetzung von Kampfstoffen (insbesondere Senfgas), die laut entsprechender Studien in den kommenden Jahren und Jahrzehnten erst ihr Maximum erreicht haben wird, werden sich Zwischenfälle mit diesen Senfgasklumpen nicht nur in der Fischerei häufen. Es ist zu befürchten, dass diese Klumpen auch – wie bereits in den 1960er und 1970er Jahren an der schwedischen und polnischen Küste geschehen – vermehrt auch an Küsten der anderen Ostseeanrainer angeschwemmt werden. Dort angelangt, entfaltet der nicht umgewandelte Senfgaskern nach mechanischer Einwirkung auf die Schutzummantelung z.B. durch Darauftreten oder Verdampfung bei sommerlichen Temperaturen, seine volle Wirkung als Kampfstoff.

Abschließend ist zu sagen, dass im gesamten Ostseeraum von der Präsenz zumindest vereinzelter konventioneller und chemischer Kampfmittel sowie deren ausgeschwemmter Inhaltsstoffe am oder im Meeresboden ausgegangen werden muss. Die Problematik der ausgeschwemmten Inhaltsstoffe – insbesondere von arsenhaltigen Kampfstoffen aber gerade auch Senfgas – wird in den kommenden Jahren aufgrund der durch die Korrosion zeitversetzten Mechanismen zunehmen und gerade bezüglich der Senfgasproblematik potenziell über viele Jahrzehnte eine signifikante und zudem zunehmende Gefährdung im gesamten Ostseeraum darstellen.

Weitere Gefährdungspotenziale durch versenkte Kampfmittel

Die Brisanz subaquatischer Kampfmittelaltlasten nimmt aufgrund der immer umfangreicheren Informationen über die Auswirkungen der Inhaltsstoffe, die fortschreitenden Korrosions- und Freisetzungprozesse, aber auch im gesamtheitlichen Kontext zu. Entsprechende Gefährdungspotenziale durch kontinuierliche Schadstoffeinträge und potenzielle Ausbildung von Kontaminationsfahnen mit signifikanten Konzentrationen an Kampfmittelinhaltsstoffen sowie mögliche Einbindungen und Anreicherungseffekte in der Nahrungskette wurden aufgezeigt und diskutiert.

Eine Gefährdung durch ein schlagartiges Freiwerden großer Mengen an Kampfmittelinhaltsstoffen, einem „sudden release“, ist – basierend auf den „normalen“ Freisetzungsmechanismen über die fortschreitende Korrosion – grundsätzlich eher unwahrscheinlich. Allerdings kann ein solcher sudden release insbesondere durch unkontrolliertes Handling und der damit einhergehenden mechanischen Beanspruchung (wie z.B. im Zusammenhang einer Leitungsverlegung auf dem Meeresboden, Selbstdetonation oder Beanspruchung durch verhakte Fischfangnetze) und einer eventuellen Zündung ganzer „Kampfmittelnester“ – wie bereits geschehen – verursacht werden. In diesem Kontext scheint ein solches Ereignis nach Einschätzung des Autors viel eher wahrscheinlich als durch ein zielgerichtetes Sanieren von Hot Spots, bei dem unter Anwendung aktuell in Erprobung befindlicher Technologien wie das Wasserstrahlschneiden unter Wasser in situ sowie dem Einsatz von Robotern, ROV's und AUV's Zwischenfälle und Risiken für Taucher drastisch reduziert werden können.

Eine mögliche Gefährdung durch den Kontakt mit Kampfmitteln und ihrer Inhalte sind im kommerziellen und privaten Bereich im Sektor Fischfang und u.a. bezüglich Strandbesuchern praktisch seit Ende des Zweiten Weltkriegs belegt und werden aufgrund der zunehmenden Freisetzungsrates von Kampfmittelinhaltsstoffen und insbesondere der enthaltenen Kampfstoffe in den kommenden Jahrzehnten zunehmen. Die beobachteten Selbstdetonationen sind zudem ein weiterer Unsicherheitsfaktor, auch hinsichtlich möglicher Kettenreaktionen und resultierender, schlagartiger Freisetzung erheblicher Mengen an Inhaltsstoffen.

Die Zugänglichkeit zu Kampfmitteln und in ihnen enthaltenen Kampfstoffen im Kontext terroristisch motivierter Aktivitäten ist ein in Deutschland kaum diskutierter Themenbereich. Kampfstoffe sind gerade für diametrale Angriffe bzw. terroristische Aktivitäten – wie in der Vergangenheit gezeigt – grundsätzlich ideal geeignet und massenwirksam. Der Zugriff ist bei Versenkungsgebieten mit Wassertiefen ab 5 bis 10 m zumindest theoretisch sehr leicht mög-

lich, auch wenn es derzeit keine publizierten Hinweise auf entsprechende Beschaffungen und spätere Anschläge gibt. Sicherheitsdienstliche Hinweise indizieren aber zumindest die Möglichkeit, dass sich entsprechende Gruppen durchaus mit Tauchgängen zu Versenkungsgebieten beschäftigen könnten.

Erstbewertung durch FRATSAD

Das im Rahmen der vorliegenden Arbeit erarbeitete Erstbewertungswerkzeug für subaquatische Kampfmittelaltlasten ermöglicht erstmals eine orientierende Einordnung der stofflichen Charakteristika versenkter Kampfmittelinhaltsstoffe in ihrem spezifischen marinen Umfeld. Des Weiteren stellt FRATSAD in aufbereiteter Form umfangreiche Informationen in Form von Datenblättern zu Kampfmitteln und Kampfmittelinhaltsstoffen zur freien Verfügung.

8 Ausblick

Die Hauptargumente für eine praktisch weltweit zu beobachtende „No-Action-Policy“ bezüglich der Sicherung oder Sanierung chemischer Kampfmittelaltlasten waren bisher eine „nicht bestehende technische Machbarkeit“ sowie „keine signifikanten Gefährdungen“, auch wenn hinter vorgehaltener Hand sicher politische, rechtliche als auch finanzielle Beweggründe hierfür wohl ausschlaggebend waren und sind. Dass eine technische Machbarkeit möglich ist, zeigen nicht nur entsprechende Sanierungsmaßnahmen im Kontext des Baus des japanischen Flughafens Kanda seit 2004, in dessen Zuge auf einem 6,5 km² großen Meeresgebiet bisher 1.200 chemische Kampfmittel aus dem Zweiten Weltkrieg durch Taucher geborgen und in Detonationskammern vernichtet wurden (vgl. [HART & STOCK 2008]), sondern auch in Deutschland laufende Untersuchungen bezüglich innovativer Lösungsansätze wie z.B. Blasenvorhänge zur Minderung der Schallemissionen und einhergehender Gefährdung der in der Ostsee heimischen Schweinswale bei absichtlicher Sprengung konventioneller Kampfmittel (vgl. [LANU SH 2008]) oder Versuche mit marinen Einsätzen der Wasserstrahlschneidetechnik bei in situ Sanierungen von subaquatischen Kampfmittelaltlasten (vgl. [KOCH & RUCK 2009]). Unbemannte Tauchroboter (ROV) operieren seit Jahren in Wassertiefen von mehreren tausend Metern, insbesondere in der Ölindustrie gehören solche technischen Einsätze zum „State of the Art“. Die Adaption von Robotern auf die Anforderungen an den marinen Umgang mit Kampfmitteln zeigen Lösungsansätze aus den USA, mobile Alternativen befinden sich in der Entwicklung. Gasdichte und explosionsresistente Transportbehälter werden weltweit angeboten und befinden sich in kontinuierlicher Entwicklung. Von einer technischen Unlösbarkeit der Problematik subaquatischer Kampfmittelaltlasten kann heute keine Rede mehr sein (vgl. hierzu z.B. auch entsprechende Ausführungen in [HART 2000] sowie [HART & STOCK 2008]).

Das Argument der nichtbestehenden, signifikanten Gefährdung unterliegt immer einer spezifischen Fallbetrachtung jeder subaquatischen Kampfmittelaltlast, grundsätzlich häufen sich aber die Indizien für ein dringend anzuratendes Handeln, auch aufgrund der im Rahmen der vorliegenden Arbeit erarbeiteten und vorgestellten Gefährdungspotenziale. Die generelle Situation scheint sich entgegen häufiger Äußerungen nicht mit der Zeit zu entschärfen, sondern spitzt sich viel eher zu. Die Kampfmittel korrodieren kontinuierlich, werden selbst in ihrer mechanischen Belastbarkeit und Handhabungssicherheit immer problematischer, die Emissionen aus den Kampfmitteln und insbesondere die Problematik der Senfgas-Treibsel in der Ostsee wird über die kommenden Jahrzehnte zunehmen und sehr wahrscheinlich schwerwiegende Folgen nach sich ziehen.

Politische, diplomatische, rechtliche und insbesondere wirtschaftliche Konsequenzen scheinen derzeit Bemühungen um eine Lösung des weltweiten Bestehens subaquatischer Kampfmittelaltlasten zunichte zu machen. Der derzeit auf Basis des Chemiewaffenübereinkommens [OPCW 2005] geschaffene (rechtliche) Rahmen scheint zwar insbesondere aus diplomatischer Sicht gerechtfertigt, hinterlässt aber durch die „Ausschlussparagrafen“ in Artikel 3 und 4 des CWÜ bezüglich vor dem 1. Januar 1985 „ins Meer eingebrachter chemischer Waffen“ für den Bereich der Sanierung und die damit einhergehende mögliche Bergung insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg versenkter chemischer Kampfmittel und Kampfstoffe mehr Fragen

als Antworten – gerade was die Rechtsnachfolge bzw. resultierenden Besitz der Kampfstoffe durch die bergende Nation angeht. Sicher kann die bergende Nation nicht im Sinne eines klassischen Chemiewaffenbesitzes im Rahmen des CWÜ allein für die Vernichtung der geborgenen Waffen und Kampfstoffe sowie die hieraus entstehenden Kosten verantwortlich gemacht werden. Gerade diese noch offenen Fragen und Unklarheiten scheinen aber mitunter Grund für ein Nichtherangehen an die Sicherung und Sanierung der chemischen Kampfmittelversenkungsgebiete zu sein – ein internationales, konzertiertes und ergebnisorientiertes Angehen von Lösungen ist hier dringend gefordert. Die bestehenden Hemmnisse für mögliche Sicherungs- und Sanierungskonzepte sind umgehend auszuräumen, die Zeit drängt für ein koordiniertes, zielgerichtetes Handeln. Eventuell werden z.B. Problemstellungen im Zuge des anstehenden Baus der North European Gas Pipeline (NEGP) Präzedenzfälle schaffen, an denen sich andere Nationen zukünftig orientieren können. Auch wenn seitens der Nord Stream AG im Rahmen der jüngst publizierten Untersuchung der Pipelinetrasse scheinbar nur in sehr geringem Umfang Kampfmittel detektiert wurden, so ist doch im Zuge der Baumaßnahmen und damit einhergehenden massiven Sedimentbewegungen davon auszugehen, dass die ein oder andere „Überraschung“ am Meeresboden sicherungs- oder sanierungstechnisch zu lösen sein wird und nicht – wie manche Kritiker befürchten – einfach zur Seite geschoben werden kann.

Trotz recht umfangreicher wissenschaftlicher Aktivitäten fehlen in vielen Teilbereichen des Gesamthemenfeldes teilweise als basär anzusehende Informationen wie z.B. zu physikalischen, chemischen oder toxikologischen Eigenschaften der Kampfmittelinhaltsstoffe selbst, deren Effekte auf marine Flora und Fauna oder ihre Einbindung in Nahrungsketten und resultierende Gefährdungen für Zwischen- und Endkonsumenten – ultimativ den Menschen. Grundlegende Analytik scheint derzeit diesbezüglich nicht aussagekräftig, Ergebnisse aus Biomonitorings sind nicht belastbar auf ihre Ursachen zurückzuführen, nur Symptome können interpretiert werden. Hier besteht ein noch erheblicher Forschungsbedarf, und es überrascht, wie oft trotz offensichtlich fehlender Informationen und Verständnis für die komplexen Zusammenhänge, subaquatischen Kampfmittelaltlasten pauschal eine relative Ungefährlichkeit attestiert wird. Die aktuellen Indizien sprechen – wie gezeigt – in nahezu allen Aspekten dagegen.

Insbesondere von offizieller Seite wird seit Jahren und Jahrzehnten fast gebetsmühlenartig wiederholt, dass keine Gefahr besteht, so lange man die chemischen Kampfmittel dort lässt, wo sie sind – auf dem Meeresgrund. Diese Äußerungen basieren oftmals – trotz eines davon in vielen Aspekten stark abweichenden aktuellen, belastbaren Wissensstandes – auf 15 Jahre alten Untersuchungsergebnissen, die zu ihrer Zeit schon als eher konservative Interpretationen der damals vorliegenden Erkenntnisse anzusehen waren. Die teilweise nachvollziehbare Motivation für solche Äußerungen gründet wohl auf einer beabsichtigten Beruhigung der Allgemeinheit und ist allzu oft ganz offensichtlich ökonomisch bedingt, entspricht aber – wie auch durch die vorliegende Arbeit ausführlich belegt werden konnte – nicht mehr dem aktuellen Stand der Wissenschaft und den auf dem Markt oder derzeit noch in der Erprobung befindlichen technologischen Lösungsansätze. Wenn aber Repräsentanten internationaler Institutionen – wie geschehen auf einer internationalen Fachkonferenz 2008 – chemischen Kampfstof-

fen, deren einziger Zweck die schwere Schädigung oder sogar Tötung von Menschen ist, eine geringe oder nur moderate Toxizität unterstellen, so ist dies sicher nur mit einem fassungslosen Kopfschütteln zu beantworten.

In diesem Kontext sei eine Äußerung erlaubt, die, sicher überspitzt formuliert, aber sehr wohl den Kern der Sache trifft: Es verwundert doch sehr, was für ein enormer sicherheitstechnischer und technologischer Aufwand zur Sicherung und Vernichtung von landbasierten chemischen Kampfmitteln und enthaltenen Kampfstoffen betrieben wird, wenn bereits wenige Meter Wassertiefe ausreichend zu sein scheinen, um all diese Bedenken und Gefahren bezüglich exakt derselben Kampfmittel nichtig werden zu lassen...

Auch hinsichtlich der wirtschaftlichen, insbesondere finanziellen Bedenken, sei die vorliegende Arbeit an dieser Stelle mit einem Zitat des ehemaligen Vorstandssprechers der Deutschen Bank, Alfred Herrhausen, abgeschlossen:

*„Die Zeit ist reif für einen neuen Versuch.
Es steht mehr auf dem Spiel als Kapital und Zinsen“*

Alfred Herrhausen (1930 – 1989) [HERRHAUSEN 1990]

Marc Koch

Saarbrücken, März 2010

9 Quellenverzeichnis

- AA (2008): Angaben der Internetpräsenz des Deutschen Auswärtigen Amtes; <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Laenderinformationen/01-Laender/Georgien.html> sowie <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Laenderinformationen/01-Laender/RussischeFoederation.html>; abgerufen am 19.10.2008
- ACDA (1993): „Positions of ships sunk in Operation ‘Davey Jones Locker‘, 1946“; US Arms Control and Disarmament Agency (ACDA), S. 283 – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Schweden 1997⁽⁷²⁾
- ACDA (1993B): „Positions of ships sunk in Operation ‘Davey Jones Locker‘, June 1947 - Aug. 1948“; US Arms Control and Disarmament Agency (ACDA), S. 284 – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Schweden 1997
- AIR LIQUIDE (2006): „EG-Sicherheitsdatenblatt nach TRGS 220 – Phosphin“ – 2 S.; Air Liquide TM, Version 2.20, Oktober 2006
- AIR LIQUIDE (2006B): „EG-Sicherheitsdatenblatt nach TRGS 220 – Chlor“ – 2 S.; Air Liquide TM, Version 1.80, Juli 2006
- AKNZ (2005): „Gefahrenpotentiale und Gefahrenprävention für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft aus Sicht des Bevölkerungsschutzes“ – 47 S.; Problemstudie Teil 1 (Auszug), Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bad Neuenahr-Ahrweiler August 2005
- ALFA AESAR (2006): „Sicherheitsdatenblatt Arsen-III-chloride gemäß 91/155/EWG“ – 4 S.; Alfa Aesar GmbH & Co. KG, Dezember 2006
- AMATO, E. ET AL. (2006): „An integrated ecotoxicological approach to assess the effects of pollutants released by unexploded chemical ordnance dumped in the southern Adriatic (Mediterranean Sea)“ – in MARINE BIOLOGY, Volume 149, S. 17-23, Springer Verlag April 2006
- ANDRULEWICZ, E. (1996): „War Gases and Ammunition in the Polish Economic Zone of the Baltic Sea“ – in KAFFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, S. 9-15, Kaliningrad, Russia, January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996

⁷² Beide Tabellen ([ACDA 1993] und [ACDA 1993B]) werden von [FRONDORF 1996] leicht verändert ohne weitere Quellenangaben wiedergegeben.

- ANGERER, J. (1985): „Chemische Waffen in Deutschland – Mißbrauch einer Wissenschaft“ – 300 S.; Luchterhand Verlag, Darmstadt 1985
- APPLER, B. (1997): „The production of chemical warfare agents by the Third Reich, 1933-45“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 77-103, Schweden 1997
- ATSDR (1997): „Toxicological Profile for White Phosphorus“ – 248 S.; U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta September 1997
- BAKER, D. (2007): „The Management of Casualties Following Toxic Agent Release: The Approach Adopted in France“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 261-276, England 2007
- BALLANTYNE, B. ET AL. (2007): „Cyanides: Chemical Warfare Agents and Potential Terrorist Threats“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 495-542, England 2007
- BALLANTYNE, B. ET AL. (2007B): „Riot Control Agents in Military Operations, Civil Disturbance Control and Potential Terrorist Activities, with Particular Reference to Peripheral Chemosensory Irritants“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 543-612, England 2007
- BBS CONSULTING (1993): „Untersuchung der Munitionsversenkungsgebiete in den niedersächsischen Küstengewässern“ – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums
- BEARDEN, D. (2006): „U.S. Disposal of Chemical Weapons in the Ocean: Background and Issues for Congress“ – 22 S.; Congressional Research Service (CRS), CRS Report for Congress, May 2006
- BEDDINGTON, J. & KINLOCH, A. J. (2005): „Munitions Dumped at Sea: A Literature Review“ – 90 S.; Imperial College London, IC Consultants Ltd., London 2005
- BIZZIGOTTI, G. ET AL. (2009): „Parameters for the Evaluation of the Fate, Transport, and Environmental Impacts of Chemical Agents in Marine Environments“ – 21 S.; American Chemical Society, Chemical Reviews, Edition 109, S. 236-256, 2009
- BLACK, R. & NOORT, D. (2007): „Biological Markers of Exposure to Chemical Warfare Agents“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 127-156, England 2007

- BOP (2000): „Baltic Sea Ordnance Pilot (BOP)“ – ohne Seitenzahlangebe; „Munitionsaltlasten-Kataster“ der Deutschen Marine für die Ostsee, 2000
- BOULDEN, L. H. (1995): „Chronology of Events Related to U.S. and Soviet/Russian Chemical Weapons Disarmament“ – in SMITHSON, A. E. ET AL. (1995): „Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects“ – 83 S.; The Henry L. Stimson Center, Report Nr. 17, S. 65-73, Washington DC October 1995
- BRANKOWITZ, W. (1989): „Summary of some chemical munitions sea dumps by the United States“ – 51 S.; Meeting Notes, United States Environmental Protection Agency, Office of Water, 30. Januar 1989
- BRAUCH, H.-G. (1982): „Der chemische Alptraum – oder gibt es einen C-Waffenkrieg in Europa? – 176 S.; Verlag J. H. W. Dietz Nachf. GmbH, Bonn 1982
- BSH (1993): „Chemische Kampfstoffmunition in der südlichen und westlichen Ostsee – Bestandsaufnahme, Bewertung und Empfehlung“ – 70 S.; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 1993
- BSH (1996): Seekarte Nr. 241 „Bottensee“ – Berichtigte Ausgabe 46/2006 auf Grundlage 10. Ausgabe 1996 II; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 1996
- BSH (1997): Seekarte 64 „Südliche Ostsee, Westlicher Teil, Belte und Sund“ – Berichtigte Ausgabe 46/2006 auf Grundlage 7. Ausgabe 1997 III; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 1997
- BSH (2005): Seekarte INT 1023 Nr. 79 „Finnischer Meerbusen“ – Berichtigte Ausgabe 46/2006 auf Grundlage 4. Ausgabe Edition 2005 VII; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 2005
- BSH (2006A): Seekarte 60 WGS 84 „Gedser Odde bis Akmenrags (Steinort)“ – Berichtigte Ausgabe 46/2006 auf Grundlage 11. Ausgabe Edition 2006 VI; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 2006
- BSH (2006B): Seekarte 61 WGS 84 „Arkona bis Rozewie (Rixhöft)“ – Berichtigte Ausgabe 46/2006 auf Grundlage 7. Ausgabe Edition 2006 VI; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 2006
- CHICAGO DAILY TRIBUNE (1945): „Dump million tons of useless nazi explosives“ – in CHICAGO DAILY TRIBUNE; Artikel in der Ausgabe vom 04.08.1945, S. 7, USA 1945
- CHICAGO DAILY TRIBUNE (1945): „100,000 tons of ammunition going into sea“ – in CHICAGO DAILY TRIBUNE; Artikel in der Ausgabe vom 17.08.1945, S. 25, USA 1945
- CHICAGO DAILY TRIBUNE (1947): „Gas Reds Dumped in Sea Branded Peril by Danes“ – in CHICAGO DAILY TRIBUNE; Artikel in der Ausgabe vom 20.08.1947, S. 3, USA 1947

- CHILCOTT, R. P. (2007): „Dermal Aspects of Chemical Warfare Agents“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 409-422, England 2007
- DBT (1995): „Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Ulrike Höfken, Steffi Lemke, Dr. Jürgen Rochlitz und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 13/2348“ – Deutscher Bundestag, Drucksache 13/2733 vom 24.10.1995, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/13/027/1302733.asc>; erneut abgerufen am 24. Januar 2009
- ECIMOVIE, T. ET AL. (EDS.) (2000): „Through Case Method Research and Teaching Towards a Sustainable Future – Local Agenda 21“ – 260 S.; Proceedings of the 16th International Conference on Case Method Research and Case Method Application, WACRA Europe e.V., Rainer Hampp Verlag, München 2000
- EK, H. (2005): „Hazard assessment of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) from dumped ammunition in the sea“ – 128 S.; Doctoral Thesis, Department of Environmental Science and Conservation, Faculty of Science, Göteborg University, Sweden 2005
- EMELYANOV, E. ET AL. (2000): „Danger to life of areas of dumped trophy chemical munitions in the Skagerrak Sea and in the Bornholm Basin, Baltic Sea“ – in ECIMOVIE, T. ET AL. (EDS.) (2000): „Through Case Method Research and Teaching Towards a Sustainable Future – Local Agenda 21“ – 260 S.; Proceedings of the 16th International Conference on Case Method Research and Case Method Application, WACRA Europe e.V., Rainer Hampp Verlag, S. 58-64, München 2000
- EPA DK (1992): „Update of Report dated 7 May 1985 concerning Environmental, Health and Safety Aspects connected with the Dumping of War Gas Ammunition in the Waters around Denmark“ – 36 S.; Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency Denmark, December 1992
- FEDEROV, L. (1994): „Chemical Weapons in Russia: History, Ecology, Politics“ – Center of Ecological Policy of Russia, 1994; Veröffentlichung auf der Internetpräsenz der Federation of American Scientists (FAS), http://www.fas.org/nuke/guide/russia/cbw/jptac008_194001.htm; abgerufen am 19.09.2008
- FEDEROV, L. (1996): „Pre-Convention Liquidation of Soviet Chemical Weapons“ – in KAFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, S. 17-27, Kaliningrad, Russia, January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996

- FFI (2002): „Investigation and risk assessment of ships loaded with chemical ammunition scuttled in Skagerrak“ – 88 S.; Norwegian Defence Research Establishment (FFI), Norway 2002
- FLÜCKIGER, R. (1996): „Munitionierte Explosivstoffe“ – in MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltposten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, S. 861-879, Landsberg 1996
- FONNUM, F. (1997): „Investigation of the ships filled with chemical munitions which were sunk off the Norwegian coast after World War II“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 279-290, Schweden 1997
- FORD, G. ET AL. (2005): „Analysis of Explosions in the BGS Seismic Database in the Area of Beaufort's Dyke, 1992-2004“ – 15 S.; British Geological Survey, Report prepared for the Ministry of Defence, Edinburgh 2005
- FRONDORF, M. (1996): „Special Study on the Sea Disposal of Chemical Munitions by the United States“ – in KAFFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, S. 35-40, Kaliningrad, Russia January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996
- GARNAGA, G. ET AL. (2006): „Arsenic in sediments from the southeastern Baltic Sea“ – in ENVIRONMENTAL POLLUTION, Volume 144, S. 855-861, Elsevier 2006
- GARNAGA, G. & STANKEVICIUS, A. (2005): „Arsenic and Other Environmental Parameters at the Chemical Munitions Dumpsite in the Lithuanian Economic Zone of the Baltic Sea“; ENVIRONMENTAL RESEARCH, ENGINEERING AND MANAGEMENT, Journal Nr. 3 (33), S. 24-31, 2005
- GARTZ, J. (2003): „Chemische Kampfstoffe – Der Tod kam aus Deutschland“ – 125 S.; Der Grüne Zweig 243, Löhrbach 2003
- GELLERMANN, G. (1986): „Der Krieg der nicht stattfand – Möglichkeiten, Überlegungen und Entscheidungen der deutschen Obersten Führung zur Verwendung chemischer Kampfstoffe im Zweiten Weltkrieg“ – 268 S.; Bernard & Graefe Verlag, Koblenz 1986
- GENPRO (1925): „Protokoll über das Verbot der Verwendung von erstickenden, giftigen oder ähnlichen Gasen sowie von bakteriologischen Mitteln im Kriege“ – (sog. „Genfer Gaskriegsprotokoll“), Genf 1925; Amtliche Schweizer Übersetzung der Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Stand 8. März 2005, http://www.admin.ch/ch/d/sr/c0_515_105.html; abgerufen am 12.09.2008

- GISBAU (2008): Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft; http://www.gisbau.de/service/SDB/lehrgang/9_2_loeslich.htm sowie <http://www.gisbau.de/service/SDB/lehrgang/bioakku.htm>; letztmals abgerufen am 23.12.2008
- GOOGLE MAPS (2008): freie Anwendung mit Kartenmaterial sowie Satellitenbildern; <http://maps.google.de/>
- GRANBOM, P. O. (1996): „Investigation of a dumping area in the Skagerrak 1992“ – in KAFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, S. 41-48, Kaliningrad, Russia, January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996
- GROEHLER, O. (1987): „Der lautlose Tod“ - 383 S.; Verlag der Nation, 4. Auflage, Berlin 1987
- GSBL (2008): „Gemeinsamer Stoffdatenpool Bund/Länder des Umweltbundesamtes“; <http://www.stoffdaten-deutschland.de/datenbankinfo-gsbl.htm>, teilweise bisher nicht veröffentlichter Datenbestand, Stand Januar 2008
- GUIR, F. (1997): „The technical challenge of dismantling and destroying old and abandoned chemical weapons“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S.156-165, Schweden 1997
- HAAS, R. (1996): „Explosivstofflexikon“ – 378 S.; Bestandsaufnahme von Rüstungsaltslastverdachtsstandorten in der Bundesrepublik Deutschland, 2. Erweiterte Auflage, Umweltbundesamt, Berlin April 1996
- HAHN, F. (1992): „Waffen und Geheimwaffen des Deutschen Heeres 1933 – 1945“ – 560 S.; Sonderausgabe in einem Band, 2. Auflage, Bernard & Graefe Verlag, Bonn 1992
- HAMERLA, K. (1989): „Kampfstoff- und Kampfmittelherstellung im Zweiten Weltkrieg – Umfang, Gefährlichkeit, Verbleib“; tabellarische Ausarbeitungen zur deutschen Kampfstoffmunition im Zweiten Weltkrieg – in MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltslasten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, S. 896-899, Landsberg 1996
- HANSLIAN, R. (1927): „Der chemische Krieg“, 2. Auflage; tabellarische Ausarbeitungen zur deutschen Kampfstoffmunition im Ersten Weltkrieg – in MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltslasten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, S. 883-886, Landsberg 1996

- HANSLIAN, R. (1937): „Der chemische Krieg“, 3. Auflage; tabellarische Ausarbeitungen zur deutschen Kampfstoffmunition im Ersten Weltkrieg – in MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltposten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, S. 883-886, Landsberg 1996
- HART, J. (2000): „A Review of sea-dumped chemical weapons“ – 26 S.; veröffentlicht im Rahmen des „Greenwich Forum – The Environment and the Common Fisheries Policy, Threats to and Constraints on Sustainability“, London Januar 2000
- HART, J. & STOCK, T. (2008): „Recent Scientific and Political Developments Regarding Sea-Dumped Chemical Weapons in the Baltic Sea“ – 19 S.; Paper presented at the “International Seminar on Sea-Dumped Chemical Weapons: Perspectives of International Cooperation”, Ministry for Foreign Affairs, Republic of Lithuania, Vilnius 30th of Sept. – 1st of Oct. 2008
- HELCOM (1994): „Report on Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea – Report to the 15th Meeting of Helsinki Commission 8-11 March 1994“ – 39 S.; Danish Environmental Protection Agency, January 1994 ⁽⁷³⁾
- HELCOM (2008): Internetseite der Helsinki Commission Baltic Marine Environment Protection Commission, http://www.helcom.fi/environment2/hazsubs/en_GB/chemu; abgerufen am 14.01.2008
- HELCOM MONAS (2001): „Dumped Chemical Munitions – Lead Country Report“ – 3 S.; Monitoring and Assessment Group (MONAS), Helsinki Commission, Third Meeting, Italy August 2001
- HELCOM RESPONSE (2003): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions for 2002“ – 6 S.; Response Group, Helsinki Commission, Second Meeting, Helsinki March 2003
- HELCOM RESPONSE (2004): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2003“ – 6 S.; Response Group, Helsinki Commission, Fourth Meeting, Helsinki September 2004
- HELCOM RESPONSE (2005): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2004“ – 6 S.; Response Group, Helsinki Commission, Fifth Meeting, Riga April 2005
- HELCOM MONAS (2006): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2005“ – 3 S.; Monitoring and Assessment Group (MONAS), Helsinki Commission, Ninth Meeting, Denmark October 2006

⁷³ Zu diesem Report kursieren zwei Dokumentversionen. Signifikante inhaltliche Unterschiede konnten – abgesehen von u.a. Unterschieden in der Formatierung – nicht festgestellt werden.

- HELCOM MONAS (2007): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2006“ – 3 S.; Monitoring and Assessment Group (MONAS), Helsinki Commission, Tenth Meeting, Helsinki October 2007
- HELCOM MONAS (2008): „Lead Country Report on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2007“ – 4 S.; Monitoring and Assessment Group (MONAS), Helsinki Commission, Eleventh Meeting, Stockholm November 2008
- HERRHAUSEN, A. (1990): „Denken – Ordnen – Gestalten“ – 383 S.; 3. Auflage, Siedler Verlag GmbH, Berlin 1990
- HITLER, A. (1935): „Mein Kampf“ – 782 S.; Sammelband, 136. Auflage, Zentralverlag der NSDAP Franz Eher Nachf., München 1935
- HLKO (1907): „Abkommen vom 18. Oktober 1907 betreffend die Gesetze und Gebräuche des Landkrieges“ – (sog. „Haager Landkriegsordnung“), Den Haag 1907; Amtliche Schweizer Übersetzung der Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Stand 5. November 1999, http://www.admin.ch/ch/d/sr/c0_515_112.html; abgerufen am 12.09.2008
- HØVDING, E. (1997): „List of ships scuttled in the sea provided by Einar Høvdning“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 282, Schweden 1997
- HPA UK (2007): „Compendium of Chemical Hazards – Chlorine“ – 21 S.; Internetpräsenz der United Kingdom Health Protection Agency, <http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&Page&HPAwebAutoListDate/Page/1153846673455?p=1153846673455>; abgerufen am 28.12.2008
- HPA UK (2007B): „Compendium of Chemical Hazards – Hydrogen Cyanide“ – 30 S.; Internetpräsenz der United Kingdom Health Protection Agency, <http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&Page&HPAwebAutoListDate/Page/1153846673455?p=1153846673455>; abgerufen am 28.12.2008
- HPA UK (2007C): „Compendium of Chemical Hazards – Phosgene“ – 25 S.; Internetpräsenz der United Kingdom Health Protection Agency, <http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&Page&HPAwebAutoListDate/Page/1153846673455?p=1153846673455>; abgerufen am 28.12.2008
- HPA UK (2007D): „White Phosphorous Incident Management“ – 12 S.; Internetpräsenz der United Kingdom Health Protection Agency, <http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&Page&HPAwebAutoListDate/Page/1153846673455?p=1153846673455>; abgerufen am 28.12.2008
- INMIN SH (2007): Persönliche Mitteilung des Innenministeriums Schleswig-Holstein vom 15.02.2007 (Hr. Preugschat (InMin), Hr. Garbereder (KMRD)) zu Unfällen mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in Schleswig-Holstein

- INMIN SH (2007B): Persönliche Mitteilung des Innenministeriums Schleswig-Holstein vom 15.05.2007 (Hr. Preugschat (InMin), Hr. Garbereder (KMRD)) zu Unfällen mit konventionellen und chemischen Kampfmitteln in Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen
- IOW (2008): „Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2007“ sowie „Die Schwermetallsituation in der Ostsee im Jahre 2007“ – 137 S.; Meereswissenschaftliche Berichte, Nr. 72, Leibniz Institut für Ostseeforschung, Warnemünde 2008
- JÄCKEL, K. (1969): „Untersuchungsbericht über die Versenkung von Munitionsbeständen (Kampfstoffmunition) der deutschen Wehrmacht nach dem 2. Weltkrieg in den Seegebieten Bornholm, Gotland und vor dem Südausgang des Kleinen Belt“ – 57 S.; AZ.: 57-50-10 VS-NfD, Bundesministerium der Verteidigung, 1969
- JÄCKEL, K. (1971): „Untersuchungsbericht über die Versenkung von Kampfstoffmunition der deutschen Wehrmacht nach dem 2. Weltkrieg durch die 3 Westmächte (Großbritannien, USA und Frankreich) im Skagerrak und der Biscaya“ – 37 S.; AZ.: 57-50-10 VS-NfD, Bundesministerium der Verteidigung, 1971
- JOPLIN GLOBE (1945): „Disposal of captured German arms and ammunition a problem for allies“ – in JOPLIN GLOBE; Artikel in der Ausgabe vom 14.06.1945, S. 6a, USA 1945
- KAFFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, Kaliningrad, Russia January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996
- KOCH, M. ET AL. (2008): „Chemical and conventional ammunition in the Baltic Sea – Status quo, related risk potentials, possible securing and remediation attempts“; ENCORA Coastal and Marine Wikipedia; Web-Publikation unter http://www.encora.eu/coastalwiki/Chemical_and_conventional_ammunition_in_the_Baltic_Sea
- KOCH, M. & NEHRING, S. (2007): „Rüstungsaltlasten in den deutschen Küstengewässern – Vorschläge für Sanierungsstrategien im Kontext der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie“ – Rostocker Meeresbiologische Beiträge, Heft 17: Seite 39-54; Rostock 2007
- KOCH, M. & RUCK, W. (2009): „Technology Options Tested on the German Coast for Addressing a Munitions Hot Spot In Situ“ – in MARINE TECHNOLOGY SOCIETY JOURNAL, Vol. 43, Nr. 4, S. 105-115, Sonderausgabe (im Druck)
- KOPECZ, P. (1996): „Kampfstofflexikon“ – 301 S.; Bestandsaufnahme von Rüstungsaltlastverdachtsstandorten in der Bundesrepublik Deutschland, 2. Erweiterte Auflage, Umweltbundesamt, Berlin April 1996

- KOROTENKO, K. (2003): „Chemical Warfare Munitions Dumped in the Baltic Sea: Modelling of Pollutant Transport Due to Possible Leakage“ – 14 S.; Shirchov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow 2003
- KRAUSE, J. & MALLORY, C.-K. (1993): „Chemische Waffen in der Militärdoktrin der Sowjetunion – Historische Erfahrungen und militärische Lehren 1919-1991“ – 238 S.; Nomos Verlagsgesellschaft, 1. Auflage, Baden-Baden 1993
- KULTURTECHNIK (1990): „Bericht zur Erfassung und Erkundung der Rüstungsaltlasten in der Nordsee“ – 118 S.; Kulturtechnik GmbH, Bremen 1990
- KUNZ, A. (2004): Abbildung „Besatzungszonen und Länder 1947“; IEG-MAPS, Institut für Europäische Geschichte, Mainz 2008, http://germanhistorydocs.ghi-dc.org/map.cfm?map_id=525&language=german; abgerufen am 16.10.2008, Nutzung durch den Autor genehmigt am 17.10.2008
- LANU SH (2008): „Bericht über die in-situ-Begleituntersuchungen zur Munitionssprengung in der Ostsee vom 14.04.2008 – 18.04.2008“ – 25 S.; Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbeck 2008
- LAURIN, F. (1997): „The Baltic and North Sea Dumping of chemical weapons: still a threat?“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 263-278, Schweden 1997
- LBPT (1948): „War-gas-poisoned Fish cause Illness“ – in LONG BEACH (CALIFORNIA) PRESS TELEGRAM; Artikel in der Ausgabe vom 13.06.1948, S. C-14, USA 1948
- LIEBEZEIT, G. (2002): „Dumping and re-occurrence of ammunition on the German North Sea coast“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 13-25, Belgium 2002
- LINKOV, I. ET AL. (2008): „Real-Time and Deliberative Decision Making“ – 456 S.; NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer Netherlands 2008/2009
- LIVINGSTON, J. ET AL. (2007): „Investigation into the Fate of Phosgene Contained within Chemical Munitions Dumped into Beaufort's Dyke“ – 34 S.; Defence Science and Technology Laboratory (DSTL) des Britischen Verteidigungsministeriums, England 2007
- LOHS, K. (1992): „Einführung in die Analytik der Rüstungsaltlasten“ – in SPYRA, W. ET AL. (1992): „Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik“ – 377 S.; EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, S. 15-21, Berlin 1992

- LOHS, K. ET AL. (EDS.) (2007): „Fachlexikon Toxikologie“ – 489 S.; 4. Überarbeitete Auflage, Springer Verlag GmbH, Heidelberg 2007
- LOHS, K. & MARTINETZ, D. (1983): „Entgiftung und Vernichtung chemischer Kampfstoffe“ – 147 S.; Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1983
- LOHS, K. & SPYRA, W. (1992): „Chemische Kampfstoffe als Rüstungsaltlasten – Ein Überblick“ – 314 S.; EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1992
- MALYSHEV, L. (1996): „Technological Questions of Safe Elimination of CW Dumps on the Baltic Sea Bed“ – in KAFFKA, A. (1996) (ED.): „Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions“ – 170 S.; Institute of the USA and Canadian Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sea-Dumped Chemical Munitions, S. 93-104, Kaliningrad, Russia January 1995 (NATO ASI Series Vol. 7); published by Kluwer Academic Publishers 1996
- MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, England 2007
- MARRS, T. C. (2007): „Toxicology of Organophosphate Nerve Agents“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 191-221, England 2007
- MARRS, T. C. & MAYNARD, R. L. (2007): „Organic Arsenicals“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 467-475, England 2007
- MARTENS, R. & DE BISSCHOP, H. (2008): „Sea dumped old chemical shells – The Belgian Problem of the Paardenmarkt“ – Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment bzw. Royal Military Academy of Belgium, PPT-Präsentation im Rahmen des „International Seminar on Sea-Dumped Chemical Weapons“, 30.09.-01.10.2008 in Vilnius, Litauen
- MARTIN, J. (2002): „Quantifying the risks of unexploded ordnance drifting ashore or burying in the sea bed“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 107-120, Belgium 2002
- MARTINETZ, D. (1996): „Der Gaskrieg 1914/18 – Entwicklung, Herstellung und Einsatz chemischer Kampfstoffe“ – 200 S.; Bernard & Graefe Verlag, Bonn 1996
- MARTINETZ, D. (1996B): „Chemie, Toxikologie, Ökotoxikologie und Entgiftung von chemischen Kampfstoffen und Phytogiften (Totalherbiziden)“ – in MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltlasten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, S. 71-296, Landsberg 1996

- MARTINETZ, D. & RIPPEN, G. (1996): „Handbuch Rüstungsaltpasten“ – 1.068 S.; Sonderdruck 1. Auflage, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg 1996
- MAYNARD, R. L. (2007): „Opinions of Chemical Warfare“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 1-20, England 2007
- MAYNARD, R. L. (2007B): „The Physicochemical Properties and General Toxicology of Chemical Warfare Agents“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 21-65, England 2007
- MAYNARD, R. L. (2007C): „Mustard Gas“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 375-407, England 2007
- MAYNARD, R. L. (2007D): „Phosgene“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 477-494, England 2007
- MED UNW (2008): Internetpräsenz der Medizinischen Universität Wien, <http://www.anaesthesie-b.meduniwien.ac.at>; abgerufen am 12.03.2008
- MEDVEDEVA, N. ET AL. (2009): „Microbial responses to mustard gas dumped in the Baltic Sea“; in MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH, Journal Nr. 68, S. 71-81, Elsevier 2009
- MERCW (2006): „Modelling of Ecological Risks Related to Sea-Dumped Chemical Weapons (MERCW) – Deliverable 2.1 Synthesis report of the available data“ – 62 S.; EU-Verbundprojekt im Kontext des 6. Europäischen Rahmenprogrammes; spätere Druckversion: MISSIAEN, T. & PAKA, V. (2007): „Synthesis report of available data regarding CW dumpsites in the Baltic Sea – MERCW Project Report (Deliverable D 2.1)“ – 62 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, Belgium 2007
- MIRZAYANOV, V. S. (1995): „Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An Insider's View“ – in SMITHSON, A. E. ET AL. (1995): „Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects“ – 83 S.; The Henry L. Stimson Center, Report Nr. 17, S. 21-33, Washington DC October 1995
- MISSIAEN, T. & FELLER, P. (2008): „Very-high-resolution seismic and magnetic investigations of a chemical munition dumpsite in the Baltic Sea“; in JOURNAL OF APPLIED GEOPHYSICS, Journal Nr. 65, S. 142-154, Elsevier 2008
- MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, Belgium 2002

- MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (2002B): „Chemical munition dump sites in coastal environments: a border-transgressing problem“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 1-12, Belgium 2002
- MOD UK (1993): „Report on Sea Dumping of Chemical Weapons by the United Kingdom in the Skagerrak Waters post World War Two“ – 18 S.; Download PDF Dokument „UK Report on Sea Dumping of Chemical Weapons in Skagerrak Waters (PDF)“ unter <http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/WhatWeDo/HealthandSafety/DSC/DsandEnvironmentSeaDumping.htm>; erneut abgerufen am 15.10.2008
- MOD UK (2004): „Beauforts Dyke Dumping Ground“ – 11 S.; UK Ministry of Defence, Download PDF Dokument „beauforts_dyke_info.pdf“ unter <http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/WhatWeDo/HealthandSafety/DSC/DsandEnvironmentSeaDumping.htm>; erneut abgerufen am 15.10.2008
- MOD UK (2006): „Standard Reply to Enquires RE Sea Dumping of Munitions“ – 12 S.; UK Ministry of Defence, Download unter <http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/WhatWeDo/HealthandSafety/DSC/DsandEnvironmentSeaDumping.htm>; erneut abgerufen am 15.10.2008
- MSN ENCARTA (2009): Internet-Enzyklopädie, Enzyklopädieartikel zu „Michail Sergejewitsch Gorbatschow“ unter http://de.encyclopedia.msn.com/encyclopedia_761552563/Michail_Gorbatschow.html; abgerufen am 04.10.2009
- NEHRING, S. (2005): „Rüstungsaltlasten in den deutschen Küstengewässern – Handlungsempfehlungen zur erfolgreichen Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie“; Rostocker Meeresbiologische Beiträge, Heft 14, S. 109-123, Rostock 2005
- NEHRING, S. (2007): „Pulverfass Ostsee – Statistik über Unfälle mit versenkter Munition (Teil 1)“ – in WATERKANT-Mitteilungsblatt der Aktionskonferenz Nordsee e.V., Nr. 4, S. 23-28, Dezember 2007
- NEHRING, S. & KOCH, M. (2006): „Gefahr aus der Tiefe – Die Mythenbildung um die Munition im Meer“ – in WATERKANT-Mitteilungsblatt der Aktionskonferenz Nordsee e.V., Nr. 4, S. 21-25, Dezember 2006
- NEWCASTLE NEWS (1924): „Million tons of poison gas and ammunition sunk“ – in NEWCASTLE NEWS; Artikel in der Ausgabe vom 30.04.1924, S. 7, England 1924
- NEWCASTLE NEWS (1930): „Naval officer has new theory how fog banks were poisoned“ – in NEWCASTLE NEWS; Artikel in der Ausgabe vom 10.12.1930, S. 11, England 1924
- NEW YORK TIMES (1922): „Gas shells in channel“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 26.07.1922, S. 12, USA 1922

- NEW YORK TIMES (1945): „British sink poison gas in sea west of Ireland“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 07.09.1945, S. 3, USA 1945
- NEW YORK TIMES (1947): „Shell dumping to cease – Russia promises Danes, Swedes to end Baltic Sea Menace“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 12.09.1947, S. 9, USA 1947
- NEW YORK TIMES (1947): „Russians said to dump poison gas in Baltic Sea“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 15.10.1947, S. 6, USA 1947
- NEW YORK TIMES (1948): „War Gas contaminates Fish“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 13.06.1948, S. 9, USA 1948
- NEW YORK TIMES (1970): „Study on World War II Gas“ – in NEW YORK TIMES; Artikel in der Ausgabe vom 18.08.1970, S. 7, USA 1970
- NOBLIS (2008): Angaben laut Internetpräsenz der NOBLIS INC. (bis 2007 „Mitretek Systems“), <http://www.noblis.org/AShortHistoryOfTheDevelopmentOfNerveGases.htm>; abgerufen am 19.09.2008
- OAKLAND TRIBUNE (1919): „Back home cities to exhibit spoils retrieved by A.E.F.“ – in OAKLAND TRIBUNE; Artikel in der Ausgabe vom 30.03.1919, S. 5, USA 1919
- OBERHOLZ, A. (2001): „Tödliche Gefahr aus der Tiefe – Bittere Erkenntnisse zu Kriegs- und Rüstungsaltlasten“ – 224 S.; Kommunal-Verlag, 2. Auflage, Recklinghausen 2001
- OFD (1999): „Grundlagen der Human- und Ökotoxikologie“ – 51 S.; Arbeitshilfen Altlasten, OFD Hannover, Leitstelle des Bundes für Altlasten, Hannover Mai 1999
- OKUMURA, T. ET AL. (2007): „The Dark Morning: The Experiences and Lessons Learned from the Tokyo Subway Sarin Attack“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 277-285, England 2007
- OPCW (2005): „Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction“ – 181 S.; Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW), Textfassung des „Technical Secretariat“, 2005
- OSPAR (1997): „Agreed ecotoxicological assessment criteria for trace metals, PCBs, PAHs, TBT and some organochlorine pesticides“ – 2 S.; Summary Record OSPAR 97/15/1, Annex 6, OSPAR Commission, Brussels September 1997
- OSPAR (2004): „Overview of Past Dumping at Sea of Chemical Weapons and Munitions in the OSPAR Maritime Area – OSPAR Commission 2004 (revised)“ – 11 S.; OSPAR Commission (<http://www.ospar.org>), 2004

- OSPAR (2005): „Overview of Past Dumping at Sea of Chemical Weapons and Munitions in the OSPAR Maritime Area – OSPAR Commission 2005 (revised)“ – 13 S.; OSPAR Commission (<http://www.ospar.org>), 2005
- OSPAR (2009): „Assessment of the impact of dumped conventional and chemical munitions (update 2009)“ – 23 S.; OSPAR Commission (<http://www.ospar.org>), 2009
- OSTC (2002): „Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy – Sustainable Management of the North Sea: Paardenmarkt Site Evaluation“ – 184 S.; Federal Office for Scientific, Technical and Agricultural Affairs (OSTC), Belgium 2002
- PAKA, V. & SPIRIDONOV, M. (2002): „Research of dumped chemical weapons made by R/V „Professor Shtokman“ in the Gotland, Bornholm & Skagerrak dump sites“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 27-42, Belgium 2002
- PAPE, A. (1970): „Fischer! Vorsicht vor Giftgasmunition“; Das Fischerblatt, Verband der Deutschen Kutter- und Küstenfischer e.V., Ausgabe 18 (8), S. 206-207, Hamburg 1970
- PERERA, J. (1997): „Chemical munitions in the Commonwealth of Independent States and the surrounding seas“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 121-137, Schweden 1997
- PLUNCKETT, G. (2003): „Chemical Warfare Agent Sea Dumping off Australia“ – 44 S.; Australian Department of Defence, Revised and updated Edition, Australia 2003
- POLITZ, F. (1994): „Zeitbombe Ostsee – Das Giftgas-Erbe auf dem Meeresgrund“ – 134 S.; Christoph Links Verlag, 1. Auflage, Berlin 1994
- PRENTISS, A. (1937): „Chemicals in War – A Treatise on Chemical Warfare“ – 739 S.; Mac-Graw-Hill Book Company, First Edition, New York and London 1937
- PREUBNER, M. (1992): „Einführung zur Standortsicherung bei Rüstungs- und militärischen Altlasten“ – in SPYRA, W. ET AL. (1992): „Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik“ – 377 S.; EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, S. 311-328, Berlin 1992
- RAPSCH, H.-J. & FISCHER, U. (2000): „Munition im Fischernetz – Altlasten in der Deutschen Bucht“ – 80 S.; Isensee Verlag, Oldenburg 2000
- RIVERA, Y. ET AL. (1996): „Summary and Evaluation for White Phosphorus Remediation: A Literature Review“ – 62 S.; US Army Corps of Engineers, Final Technical Report IRRP-96-7, Washington DC October 1996

- RMA (2003): Angaben laut Internetpräsenz der Russian Munitions Agency (verlinkt von der OPCW Webseite <http://www.opcw.org/>); <http://www.munition.gov.ru/eng/zapasho.html>; abgerufen am 19.09.2008
- ROBERTS, G. & MAYNARD, R. (2007): „Responding to Chemical Terrorism: Operational Planning and Decontamination“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 175-190, England 2007
- RUSFED (1993): „Complex Analysis of the Hazard Related to the Captured German Chemical Weapon Dumped in the Baltic Sea“ – 31 S.; National Report of the Russian Federation, Moscow 1993, vorgelegt im Rahmen des zweiten Meetings der Ad hoc Working Group on Dumped Chemical Munition (HELCOM CHEMU), Litauen September 1993
- SANDERSON, H. ET AL. (2008): „DPSIR and Risk Assessment of Dumped Chemical Warfare Agents in the Baltic Sea“ – in LINKOV, I. ET AL. (2008): „Real-Time and Deliberative Decision Making“ – 456 S.; NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, S. 191-201, Springer Netherlands 2008/2009
- SANDERSON, H. ET AL. (2009): „Human health risk screening due to consumption of fish contaminated with chemical warfare agents in the Baltic Sea“ – in JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS, Volume 162, S. 416-422, Elsevier 2009
- SANDSTRÖM, O. ET AL. (2003): „Integrated fish monitoring in Sweden“ – 32 S.; publiziert in HELCOM MONAS Coastal Fish Monitoring, Agenda Item 3, First Meeting, Tallinn, Estonia 22 – 24 March 2004
- SCHÄFER, H. (1992): „Ableitung von Sanierungsrichtwerten für Böden mit spezifischen Belastungen aus der TNT-Produktion“ – in SPYRA, W. ET AL. (1992): „Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltslasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik“ – 377 S.; EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, S. 45-57, Berlin 1992
- SCHMALTZ, F. (2005): „Kampfstoffforschung im Nationalsozialismus – Zur Kooperation von Kaiser-Wilhelm-Instituten, Militär und Industrie“ – 676 S.; Wallstein Verlag, Göttingen 2005
- SCHNEIDER, K. ET AL. (2005): „Ableitung von Prüfwerten für Kampfstoffe und Abbauprodukte für die Wirkungspfade Boden-Mensch (direkter Kontakt) und Boden-Gewässer“ – 451 S.; Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe, FoBiG GmbH, im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Endbericht, überarbeitete Version, Freiburg Februar 2005

- SCHULZ-OHLBERG, J. ET AL. (2002): „Tracing dumped chemical munitions in Pomeranian Bay (Baltic Sea) at former transport routes to the dumping areas off Bornholm Island“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 43-51, Belgium 2002
- SCHULZ-OHLBERG, J. (2006): Persönliche Kommunikation mit dem Autor der vorliegenden Arbeit; E-Mail vom 31. Oktober 2006
- SHL (2001): „Kampfmittel in Küstengewässern“ – Antwort der Landesregierung auf eine kleine Anfrage – 7 S.; Schleswig-Holsteinischer Landtag, Drucksache 15/1226, Kiel 2001
- SIDELL, F. R. (2007): „A History of Human Studies with Nerve Agents by the UK and USA“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 223-239, England 2007
- SIPRI (1971): „The problem of chemical and biological warfare. A study of historical, technical, military, legal and political aspects of CWB and possible disarmament measures“. Vol. 1: The Rise of CB Weapons. Stockholm, New York 1971 – in MARTINETZ, D. (1996): „Der Gaskrieg 1914/18 – Entwicklung, Herstellung und Einsatz chemischer Kampfstoffe“ – 200 S.; Bernard & Graefe Verlag, S. 119, Bonn 1996
- SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“ – 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Schweden 1997
- SMITHSON, A. E. ET AL. (1995): „Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects“ – 83 S.; The Henry L. Stimson Center, Report Nr. 17, Washington DC October 1995
- SMITHSON, A. E. (1995A): „The United States, Russia, and Chemical Weapons Disarmament: Choices Ahead“ – in SMITHSON, A. E. ET AL. (1995): „Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects“ – 83 S.; The Henry L. Stimson Center, Report Nr. 17, S. 49-63, Washington DC October 1995
- SPYRA, W. ET AL. (1992): „Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltposten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik“ – 377 S.; EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1992
- SRU (2004): „Meeresumweltschutz für Nord- und Ostsee“, 268 S.; Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Drucksache 15/2626, Deutscher Bundestag 2004
- STARS (2008): „Stoffdatenbank für bodenschutz- / umweltrelevante Stoffe des Umweltbundesamtes“; Version 4.1 bzw. 4.2 (ab Herbst 2008), <http://www.stoffdaten-stars.de/index.php?page=startseite>; letzte Abfrage Januar 2009

- STÖHR, R. ET AL. (1977): „Chemische Kampfstoffe und Schutz vor chemischen Kampfstoffen“ – 446 S.; Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik, 1. Auflage, Berlin 1977
- TALMAGE, S. ET AL. (2007): „The Fate of Chemical Warfare Agents in the Environment“ – in MARRS, T. C. ET AL. (ED.) (2007): „Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment“ – 738 S.; John Wiley & Sons Ltd, Second Edition, S. 89-125, England 2007
- THAMM, W. (2002): „55 Jahre Kampfmittelbeseitigung in der Bundesrepublik Deutschland 1945 – 2000, Kampfmittel und -stoffe, Rüstungsaltposten“ – 440 S.; Biblio Verlag, Bissendorf 2002
- THE EVENING TRIBUNE (1945): „Drop bombs into ocean“ – in THE EVENING TRIBUNE; Artikel in der Ausgabe vom 13.09.1945, S. 3, USA 1945
- THE LETHBRIDGE HERALD (1945): „News Notes“ – in THE LETHBRIDGE HERALD; Artikel in der Ausgabe vom 26.11.1945, S. 3, Kanada 1945
- THE LETHBRIDGE HERALD (1947): „Highlights in the News“ – in THE LETHBRIDGE HERALD; Artikel in der Ausgabe vom 05.09.1947, S. 9, Kanada 1947
- THE NASHUA REPORTER (1923): „Saved millions at war dumps“ – in THE NASHUA REPORTER; Artikel in der Ausgabe vom 25.10.1923, Seitenangabe nicht erkennbar, USA 1923
- THEOBALD, N. (2002): „Chemical Munitions in the Baltic Sea“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 95-106, Belgium 2002
- THE PORT ARTHUR NEWS (1945): „German munitions are dumped into North Sea“ – in THE PORT ARTHUR NEWS; Artikel in der Ausgabe vom 05.10.1945, S. 6, USA 1945
- THE STARS AND STRIPES (1946): „Poison gas will be ‘sunk’“ – in THE STARS AND STRIPES; Artikel in der Ausgabe vom 27.06.1946, S. 12, USA 1946
- THE STARS AND STRIPES (1948): „BPE-Poison Gas Undertakers“ – in THE STARS AND STRIPES; Artikel in der Ausgabe vom 29.08.1948, S. 9, USA 1948
- THE SYRACUSE HERALD (1919): „Poison gas in sea injurious to bathers“ – in THE SYRACUSE HERALD; Artikel in der Ausgabe vom 12.06.1919, S. 5, USA 1919
- THE WASHINGTON POST (1948): „To sink Poison Gas“ – in THE WASHINGTON POST; Artikel in der Ausgabe vom 19.07.1948, S. 5, USA 1948
- THE WASHINGTON POST (1970): „Pollution a Threat to Baltic Nations“ – in THE WASHINGTON POST; Artikel in der Ausgabe vom 10.12.1970, S. F7, USA 1970

- THIEME, J. (1999): „Umweltrelevante und technische Aspekte der Zerlegung von Munition und Waffen nach dem 1. Weltkrieg“ – 191 S.; Forschungsbericht für das Umweltbundesamt, Texte 3/99, Berlin 1998
- TIME MAGAZIN (1945): „Bomb bother“ – in TIME MAGAZIN; Artikel in der Ausgabe vom 06.08.1945, keine Seitenangabe, USA 1945
- TØRNES, J. ET AL. (1989): „Undersøkelse av skipsvrak inneholdende kjemisk ammunisjon senket i norske farvann etter annen verdenskrig (Investigation of ship wrecks containing chemical ammunition sunk in Norwegian waters after World War II)“; FFI/RAPPORT-89/6007, Forsvarets forskningsinstitutt – auszugsweise in FFI (2002): „Investigation and risk assessment of ships loaded with chemical ammunition scuttled in Skagerrak“ – 88 S.; Norwegian Defence Research Establishment (FFI), Norwegen 2002
- TØRNES, J. ET AL. (2006): „Determination of organoarsenic warfare agents in sediment samples from Skagerrak by gas chromatography-mass spectrometry“ – in SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, Volume 356, S. 235-246, Elsevier 2006
- TOXNET (2007): „Toxicology Data Network of the United States National Library of Medicine“; <http://toxnet.nlm.nih.gov/>; abgerufen im November 2007
- US ACHPPM (1998): „Detailed Facts about Blister Agent Nitrogen Mustard (HN-1)“ – 4 S.; US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, USA 1998
- US ARDEC (2001): „Off-Shore Disposal of Chemical Agents and Weapons Conducted by the United States“ – 15 S.; Historical Research and Response Team, U.S. Army Research, Development and Engineering Command, March 2001
- VAN HAM, N. (2001): „Investigations of risks connected to sea-dumped munitions“ – in MISIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S.81-93, Belgium 2002
- VANINNEN, P. ET AL (2008): „Analysis of sediment and water samples from chemical munitions dumpsite in Bornholm deep“; PPT-Presentation, Finnish Institute for Verification of the Chemical Weapons Convention (VERIFIN), University of Helsinki 2008; presented at the “International Seminar on Sea-Dumped Chemical Weapons: Perspectives of International Cooperation”, Ministry for Foreign Affairs, Republic of Lithuania, Vilnius 30th of Sept. – 1st of Oct. 2008
- VERSCHUEREN, K. (2001): „Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals“ – 2.391 S.; 2 Volumes, Fourth Edition, John Wiley & Sons Inc., USA 2001

- WALEIJ, A. ET AL. (2002): „Ecotoxicity of mustard gas, Clark I, Clark II and the metabolite tetraphenyldiarsine oxide occurring in sea-dumped chemical munition“ – in MISSIAEN, T. & HENRIET, J.-P. (EDS.) (2002): „Chemical munition dump sites in coastal environments“ – 167 S.; Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, S. 121-132, Belgium 2002
- WITKIEWICZ, Z. & SZARSKI, K. (1997): „The history of chemical weapons in Poland“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 112-120, Schweden 1997
- ZANDERS, J.P. (1997): „The destruction of old chemical munitions in Belgium“ – in SIPRI (1997): „The Challenge of Old Chemical Munitions and Toxic Armament Wastes“, 337 S.; Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), S. 197-230, Schweden 1997
- ZELLERMANN, R. (2007): Persönliche Mitteilung im Rahmen des Berliner Symposiums „Ökologische Situation der Ost- und Nordsee“, 30./31. März 2007, Berlin

10 Anhang

10.1 Stoffdatenblätter

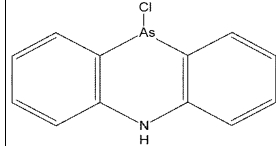
Nachfolgend werden die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellten, detaillierten Stoffdatenblätter in ihrer alphabetischen Reihenfolge gelistet. Diese Stoffdatenblätter stehen auch unter www.marc-koch.net (dort unter „FRATSAD“ -> Stoffdatenbank) zum freien Download zur Verfügung.

Die verwendeten Quellen werden in den Datenblättern aus Gründen der Übersichtlichkeit durch in Klammern gesetzte Zahlen angegeben, die sich wie folgt auf entsprechende Quellen beziehen:

- (1) [KOPECZ 1996]
- (2) [HAAS 1996]
- (3) [STARS 2008]
- (4) [TOXNET 2007]
- (5) [MED UNW 2008]
- (6) [LOHS & SPYRA 1992]
- (7) [HELCOM 1994]
- (8) [EK 2005]
- (9) [ATSDR 1997]
- (10) [ALFA AESAR 2006]
- (11) [MARTINETZ & RIPPEN 1996]
- (12) [US ACHPPM 1998]
- (13) [MERCW 2006]
- (14) [GSBL 2008]
- (15) [BIZZIGOTTI ET AL. 2009]
- (16) [GELLERMANN 1986]
- (17) [PRENTISS 1937]
- (18) [LOHS & MARTINETZ 1983]
- (19) [STÖHR ET AL. 1977]
- (20) [MAYNARD 2007B]
- (21) [TALMAGE ET AL. 2007]
- (22) [BLACK & NOORT 2007]
- (23) [MARRS 2007]

- (24) [MAYNARD 2007C]
 - (25) [MARRS & MAYNARD 2007]
 - (26) [MAYNARD 2007D]
 - (27) [BALLANTYNE ET AL. 2007]
 - (28) [BALLANTYNE ET AL. 2007B]
 - (29) [HPA UK 2007]
 - (30) [HPA UK 2007B]
 - (31) [HPA UK 2007C]
 - (32) [HPA UK 2007D]
 - (33) [VERSCHUEREN 2001]
 - (34) [RIVERA ET AL. 1996]
 - (35) [AIR LIQUIDE 2006]
 - (36) [MARTINETZ 1996B]
 - (37) [AIR LIQUIDE 2006B]
 - (38) [SCHNEIDER ET AL. 2005]
- (X) Eigene Anmerkungen des Autors der vorliegenden Arbeit

10.1.1 Adamsit (CAS Nr. 578-94-9)

Adamsit			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	578-94-9		Summenformel: C ₁₂ H ₉ AsClN
Molare Masse:	277,58 g/mol	(1)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	1,648 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	technisch 160°C, sonst 182 bis 195°C	(1)	
	195°C	(16)	
Siedepunkt:	410°C (Zersetzung)	(1)	
Dampfdruck:	0,0002 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	9,6	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	0,02 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	fest	(1)	
	geruchlos	(1)	
Geruch:	stechend, scharf	(14)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose bis gelbliche, nadelförmige Kristalle	(1)
	<i>Technisch:</i>	dunkelgrün bzw. gelbgrün bis blau	(1)
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	gut löslich in Aceton; löslich u.a. in konz. Schwefelsäure	(1)
	<i>In Wasser:</i>	praktisch unlöslich bzw. unlöslich	(1)
		schwach wasserlöslich	(14)
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Hydrolyse neigung sehr gering; wird bei normaler Temperatur durch Wasser kaum angegriffen		(1)
	Selbst in der Wärme äußerst hydrolyse stabil		(36)
	Jahrelange Lagerung unter Wasser ohne Zersetzung möglich		(1)
	Bei erhöhter Temperatur allmähliche Zersetzung		(1)
	Stark beschleunigte Hydrolyse durch Alkalilaugen und wässrig-alkoholische Lösungen		(1)
Hydrolyseprodukte:	Diphenylaminarsinioxid und Salzsäure		(1)
Hydrolyse in Seewasser:	Sehr langsame Hydrolyse zu Diphenylaminarsinioxid und Salzsäure: Salzsäure wird in Salzwasser neutralisiert, Diphenylaminarsinioxid wird sehr langsam weiter hydrolysiert aber nicht entgiftet		(13)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse bildet sich letztendlich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist		(13)
Korrosionsverhalten:	Greift als technisches Produkt Eisen, Stahl, Messing und Bronze an		(36)
	Im trockenen Zustand keine Korrosionseigenschaften		(1)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen stabil		(1)
	Bei Lagerung in Metallbehältern keine autokatalytische Zersetzung		(1)
	Kontakt mit Metallen und Buntmetallen vermeiden		(14)
	Detonationsbeständig		(1)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisch, Nasen- und Rachenreizstoff, Ätzzstoff und Lungengift		(3)
	Giftig beim Einatmen und Verschlucken		(3)
	Sehr giftig beim Hautkontakt		(14)
	Nach Kurzer Latenzzeit bis zu 3 Minuten starke Reizung des Atemtraktes durch Aerosole; Brustschmerz, Erbrechen, Atemnot und Angstgefühle; bei massiver Exposition auch Lungenödem; Bewußtseinsstörungen, Bewußtlosigkeit		(36)
	Aufnahme über Haut, Schleimhäute des Respirationstraktes, Augenbindehaut, Lunge		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	0,002-0,005 mg/l; 2-20 mg x min/m ³ Aktionsunfähigkeit	(3)
	LC	620 mg/m ³ (30 min); LC50 (inhalativ): 15000 mg*min/m ³	(3)
	LCt	LCt50 (inhalativ): 15-30 mg/l x min	(3)
	LD	0,6 mg/kg (oral)	(1)
	MAK	Die üblicherweise festgelegten Werte für Arsenverbindungen sind nicht anwendbar	(1)
	TC	Inhalativ: 0,1 mg/m ³ Reizschwelle; 2,5 mg/m ³ sofort starke Reiz- und Schmerzwirkung	(3)
TD	Maus (inhalativ): 13 µg/kg/d Immuntoxizität	(3)	
Chronische Humantoxizität:	Chronisch orale Aufnahme von Arsenverbindungen führt ab Körperdosen von 20 µg/kg/d zu gastrointestinalen Beschwerden, hämato-, hepato- und nephrotoxischen Effekten, Neuropathien, Hautläsionen und kardiovaskulären Effekten		(3)
	Inhalative Exposition mit Arsenverbindungen führt bei Menschen bei Konzentrationen von 50 µg/m ³ (1 µg/kg/d) zu Hautläsionen, Neuropathien und Anzeichen für kardiovaskuläre Effekte		(3)
	Organische Arsenverbindungen werden in der Leber gespeichert und dort langsam gespalten; Arsenausscheidung über längeren Zeitraum		(36)
	Inhibiert die Plasmacholinesterase (auch Pseudocholinesterase genannt; spaltet außer Acetylcholin auch andere Esterverbindungen (siehe (5))		(3)
Kanzerogenität:	Bei Menschen gilt die kanzerogene Wirkung von anorganischen Arsenverbindungen bei inhalativer und oraler Exposition als gesichert		(3)
	Organische Arsenverbindungen scheinen nach Berichten in Tieren nicht kanzerogen zu wirken		(3)
	Arsenverbindungen können als Tumorpromotoren bei oraler Applikation wirken		(3)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC, EG, TLV, MAK)		(14)
Mutagenität:	Arsenverbindungen können die mutagene Wirkung anderer Agenzien verstärken		(3)
	Überwiegend zeigen anorganische und organische Arsenverbindungen in Mikroorganismen keine mutagene Wirkung; Hinweise auf Gentoxizität		(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG, MAK)		(14)
Teratogenität:	In Tieren wirken anorganische und organische Arsenverbindungen fetotoxisch und teilweise teratogen nach inhalativer, oraler und parenteraler Exposition		(3)
	Verdachtsmomente auf verringerte Geburtsgewichte und erhöhte Fehlgeburtsrate		(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff		(1)
	Adamsit hat auch nach jahrelanger Einwirkung von Seewasser (Ostsee) kaum toxische Aktivität eingebüßt; biologischer Abbau weitgehend auszuschließen		(36)
	Extrem toxisch für Wasserorganismen (LC50/96h: < 1mg/l)		(1)
	Sehr giftig für Fische und Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben		(14)
	PNECwater Adamsit: 30 ng/l (Faktor ohne Angabe)		(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Hydrolyseprodukte sind stark toxisch, keine Toxizitätsminderung		(3)
	Das Hydrolyseprodukt hat noch erhebliche Reizwirkung		(3)
	Die zu Phenarsazinchlorid hydrolysierten Bestandteile sind toxisch und reizerregend		(36)
	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise auch als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind beim Menschen eindeutig		(36)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse der Edukte bildet sich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist		(13)
Bioakkumulationspotenzial:	Log Pow 3,55		(38)
	Bionkonzentrationsfaktor Log BCF: 2,42		(38)
	Akkumulation von Arsen findet in Haut, Haaren und Nägeln statt, bei inhalativer Exposition von schwerlöslichen Verbindungen auch in der Lunge		(3)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: USA, D, GB, ITA	(1)
	WK II: alle kriegsführenden Nationen, insb. D, USA	(1)
Einsatzmittel:	Granaten, Bomben, Handgranaten, Rauch- und Nebelkörper, Gewehrgranaten, Aerosolgeneratoren	(1)
	U.a. KC 50 II Bu	(36)
Taktische Gemische:	Oft in Mischung mit Chloracetophenon oder Chlorbenzylidenmalonodinitril ("CS"); Arsinöl, Clark, Phosgen	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 51,9 / H: 3,2 / As: 27,0 / Cl: 12,8 / N: 5,0	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	3%ige Kaliumpermanganatlösung / 10%ige Wasserstoffperoxidlösung / 30% Natriumsulfid in Wasser (unter Zusatz von Alkohol) / Chlorkalkbrei (1:1)	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abduschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Opfer zum Augenarzt bringen. Keine Neutralisationsmittel verwenden.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm).</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Diphenylaminchlorarsin; Diphenylaminarsinchlorid; Phenarsazinchlorid	
	M; A; Azin; Blau-Ring; A-Pulver; C-Stoff; Adsit	
England / USA:	Phenarsazine chloride; Diphenylaminochlorarsine	
	DM; Adamsite; DM-Gas: Blind-X (25 % Adamsit, 75 % Bromessigsäureethylester)	
Frankreich:	Chlorure de phenarsazine; Diphenylaminochlorarsine	
	k.A.	
Russland:	Fenarsazinchlorid; 10-chlor-5,10-digidrofenarsazine	
	R-15; P-15	

10.1.2 Arsenrichlorid (CAS Nr. 7784-34-1)

Arsenrichlorid			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	7784-34-1		Summenformel: AsCl ₃
Molare Masse:	181,28 g/mol	(1)	
Dichte (bei 20°C):	2,163 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	-19,8 bis -13°C	(1)	
Siedepunkt:	130 bis 131,4°C	(1)	
Dampfdruck:	39,13 kPa (100°C)	(3)	
Relative Dampfdichte:	6,3	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	80 g/m ³	(3)	
Aggregatzustand:	flüssig	(1)	
Geruch:	stechend	(1)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose, ölige an der Luft rauchende Flüssigkeit	
	<i>Technisch:</i>	k.A.	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	löslich in Ether, Tetrachlorkohlenstoff, Chloroform, fetten Ölen, Benzol, Salzsäure	
	<i>In Wasser:</i>	1117 g/l	(3)
		exotherme Reaktion mit Wasser	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Hydrolysiert		(1)
	Schnelle Hydrolyse im Wasser und Boden		(3)
Hydrolyseprodukte:	Arsenige Säure bzw. Arsenitoxid und Salzsäure		(3)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Metalle werden bei Kontakt von einem Arsenfilm überzogen		(1)
Stabilität / Lagerung:	Bei Ausschluss von Feuchtigkeit stabil		(1)
	An feuchter Luft bildet sich infolge Hydrolyse arsenige Säure und Salzsäure		(3)
	Eisen, Zink und Aluminium ungeeignet als Verpackungsmaterial		(14)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Hochtoxischer Reiz- und Ätzstoff; u.a. Lungen-, Zell- und Nervengift		(1)
	Ätzende Wirkung auf Haut, Schleimhäute und Augen		(10)
	Lungenödem möglich		(14)
	Beim Verschlucken starke Ätzwirkung mit Gefahr der Perforation von Speiseröhre und Magen		(10)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.; Katze: 0,2 mg/l; (inhalativ): 204 mg/m ³ für 20 min, Tod nach 4d Maus: 2,5 mg/l	(3)
	LCt	k.A.	
	LD	Ratte: LD50 48 mg/kg (oral); LD50 80 mg/kg (dermal)	(10)
	MAK	Berechnet als Arsen, TRK: 0,1 mg/m ³ (kanz.)	(1)
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Hauptsächlich Erkrankungen des Nervensystems; u.a. Leber- und Nierenschäden		(1)
	Bildung von Pigmentveränderungen, Nervenschäden, krebserzeugend für den Menschen		(14)
Kanzerogenität:	Karzinogene Wirkung belegt bei langer Latenzzeit (durchschnittlich 25 Jahre); Hautkrebs, Bronchialkarzinome, Leberkrebs beobachtet		(1)
	Widersprüchliche Angaben zur kanzerogenen Wirkung im Tierversuch		(3)
	Ausreichendes Beweismaterial aus epidemiologischen Studien für ursächlichen Zusammenhang zwischen Exposition und Krebs (EPA-A: Humankarzinogen)		(10)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Mutagenität:	Hinweise auf mutagene Effekte und Wirkung als reproduktiver Effektor	(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, sehr giftig für Wasserorganismen	(3)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben; stark wassergefährdend	(14)
	Stark wassergefährdend (WGK 3 Selbsteinstufung)	(10)
	Sehr giftig für Fische und Plankton	(10)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Arsentrioxid: Kanzerogenität: III A1 (eindeutig krebserzeugend) nach DFG; Hinweise auf mutagene Effekte und Wirkung als reproduktiver Effektor; sehr giftig beim Verschlucken; giftig beim Einatmen. Keine Angaben zur dermalen Toxizität. Der Stoff wird über die Haut resorbiert. Starke Reizwirkung auf die Haut. Starke Reizwirkung auf die Atemwege. Verätzt die Augen. CHRONISCHE TOXIZITÄT. Krebserregend für den Menschen. Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK). Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK); Biokonzentrationsfaktor (BCF): 4,0 (schwach bioakkumulativ)	(3)
Bioakkumulationspotenzial:	Nicht bioakkumulierbar, Ausscheidung beginnt wenige Stunden nach Aufnahme	(3)
	Annahme: mittel (aufgrund der zumindest mittelfristigen Arsenanreicherung)	(x)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: F	(1)
	WK II: k.A.	
Einsatzmittel:	k.A.	
Taktische Gemische:	Zu 5% Bestandteil von Arsinöl; als Lösungsmittel für andere Kampfstoffe wie z.B. Phosgen und Blausäure	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	As: 41,3 / Cl: 58,7	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung beim Spülen entfernen. Wenn Kleidung an der Haut klebt: nicht entfernen. Wunden mit sterilem Verband abdecken. Wenn verbrannte Hautfläche > 10 %: zum Krankenhaus bringen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Opfer zum Augenarzt bringen.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Arzt: Zugabe eines Corticoid-Sprays.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Frühestmöglich nach Einnahme: viel Wasser trinken lassen. Kein Erbrechen herbeiführen. Keine Medizinalkohle zugeben. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Kein chemisches Antidot zugeben. Arzt: Magenspülung</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Arsen(III)-chlorid; Arsenchlorür; Arsenbutter; Chlorarsen; Trichlorarsin	
	k.A.	
England / USA:	Arsenic trichloride; Arsenous trichloride; Trichloroarsine; Arsenic butter	
	VN	
Frankreich:	Trichlorure d'arsenic	
	Vitrite; Vivrite; Manganite; Marsite	
Russland:	k.A.	
	k.A.	

10.1.3 Arsinöl (Mischung ohne eigene CAS Nr.)

Gemisch aus 50 % Phenylarsindichlorid (Pfiffikus), 35 % Diphenylarsinchlorid (Clark I) sowie 5 % Triphenylarsin und 5 % Arsen-(III)-chlorid

➔ Siehe hierzu die entsprechenden Datenblätter der Einzelsubstanzen

10.1.4 Blausäure (Cyanwasserstoff) (CAS Nr. 74-90-8)

Blausäure (Cyanwasserstoff)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	74-90-8		Summenformel:
Molare Masse:	27,026 g/mol	(15)	CHN ⁽³⁾ bzw. HCN ⁽²⁷⁾ $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N} $
Dichte (bei 20°C):	0,688 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	-15 bis -13°C (*)	(1)	
	-13,33 +/- 0,05°C	(15)	
Siedepunkt:	25,6 bis 26,5 °C	(1)	
	25,9 +/- 0,3°C	(15)	
Dampfdruck:	820 hPa	(36)	
Relative Dampfdichte:	0,9	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	910 g/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig bzw. gasförmig	(14)	
Geruch:	nach Bittermandeln	(1)	
Aussehen:	Reinform:	farblose, klare Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	technisch meist dunkelbraun; gasförmig farblos	(1)
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich u.a. in Alkoholen, Ether, Glycerin, Chloroform, Benzin	(1)
	In Wasser:	unbegrenzt löslich	(1)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Langsame Hydrolyse		(1)
	pH 7: schnelle Hydrolyse; pH > 7 sehr schnelle Hydrolyse		(19)
	Alkalien und Säuren beschleunigen die Hydrolyse		(1)
Hydrolyseprodukte:	Formamid, dann weiter zu Ameisensäure, Ammoniak, letztlich Ammoniumformiat		(36)
Hydrolyse in Seewasser:	Die giftige Blausäure wird relativ leicht in ungiftige Ameisensäure verwandelt		(13)
	Die langsame Hydrolyse bei niedrigen pH-Werten zu Ammoniumion und Ameisensäure ist unter Umweltbedingungen wahrscheinlich vernachlässigbar.		(15)
	Im Gegensatz zu Oberflächengewässern, bei denen hauptsächlich eine Verflüchtigung sowie Biodegradation zum Abbau führen, liegen keine Untersuchungen zum Abbau von Blausäure in größeren Meerestiefen vor; eine Abschätzung der Halbwertszeit ist somit schwierig. Die Effekte der Biodegradation (in Abhängigkeit der Umgebungsparameter wie Konzentration, pH, Temperatur, Nährstoffverfügbarkeit sowie Akklimatisation von Mikroben) überwiegen die der eigentlichen Hydrolyse.		(15)
Korrosionsverhalten:	Geringe Korrosionseigenschaften		(1)
	In Gegenwart von Sauerstoff wird Eisen, Chromstahl und Blei stark korrodiert		(36)
Stabilität / Lagerung:	In reinem Zustand und unter Luftabschluss relativ stabil		(36)
	Nach einigen Monaten explosionsartige Zersetzung (explosive Polymere bei langer Lagerung bzw. Kontakt mit Spuren von Alkalien oder Metalloxiden); deshalb militärisch zumeist stabilisiert		(36)
	Haltbarkeitserhöhung durch Zugabe kleiner Mengen starker Säuren oder von Arsenichlorid bzw. Zinntetrachlorid		(16)
	Extrem leicht entflammbar		(30)
	Lagerung in Stahlbehältern stabilisiert nicht länger als 3 Monate		(1)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut		(3)
	Substanz reizt Augen und Atemwege, Effekte auf das Zentralnervensystem möglich		(14)
	Lähmung des Atemzentrums ab etwa 60 bis 150 mg/m ³ , Substanz wird gleichzeitig inhalativ und perkutan aufgenommen		(16)
	Eine Verdopplung der Konzentration von HCN-Dampf (100 auf 200 ppm (112 auf 224 mg/m ³)) verkürzt die Dauer bis zum Eintritt der Handlungsunfähigkeit von 25 auf 2 min; die Inhalation von hohen Konzentrationen (200 bis 500 ppm und mehr) kann Bewusstlosigkeit innerhalb eines oder zwei Atemzüge hervorrufen		(27)
	Akut toxische Effekte bei Inhalation: 50 ppm bzw. 55 mg/m ³ Atemprobleme, erhöhte Herzschlagrate, Paralyse, Bewusstlosigkeit, Atemstillstand bis hin zum Tod; 150 ppm bzw. 166 mg/m ³ Lebensgefahr bei 30 bis 60 minütiger Exposition; 100-200 ppm bzw. 111-221 mg/m ³ tödlich bei 30-60 min Exposition; 300 ppm bzw. 332 mg/m ³ Tod binnen Minuten		(30)
	Individuelle Empfindlichkeit gegenüber Blausäure ist sehr unterschiedlich		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“


Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 2000 mg x min/m ³	(3)
	ICt50	k.A.	
	LC	0,2 mg/l 10 min.	(3)
	LCt	Inhalativ: 1000-5000 mg x min/m ³	(3)
		In Abhängigkeit der Einwirkdauer und Konzentration: 660 (15 s) bis 4000 (15 min) mg x min/m ³	(20)
	LD	1 mg Cyanid/kg Körpergewicht; >100 mg (oral) sofortige Bewusstlosigkeit, Tod durch Atemlähmung nach Sekunden oder Minuten	(3)
		LD50 (intramuskulär): 0,018 mmol/kg	(27)
	MAK	10 ml/m ³ (ppm); 11 mg/m ³	(1)
WEL-Werte (UK): LTEL keine Grenzwerte definiert; STEL 10 ppm bzw. 11 mg/m ³		(30)	
TC	200-500 mg/m ³ 10 min. (inhalativ)	(3)	
TD	Intravenös: 0,055 ppm	(3)	
Chronische Humantoxizität:	Blausäurevergiftungen sind überwiegend akut, chronische Vergiftungen sind äußerst selten		(3)
	Symptome der chronischen Toxizität oftmals vergleichbar mit Akuteffekten bei geringen Dosen: u.a. Schwäche, Nausea, Schlaflosigkeit, Tremor, Sehstörungen		(27)
	Perorale Cyanideinnahme über lange Zeit zieht Leber- und Nierenschädigungen sowie systemische Verletzungen der Atemwege nach sich		(27)
	Chronische Intoxikation wegen der schnellen körperlichen Entgiftung nicht möglich (gemäß (27): 0,017 mg/kg x min)		(3)
Kanzerogenität:	Unzureichende Indizien für eine karzinogene Wirkung; dementsprechend nicht als karzinogen durch IARC klassifiziert; wird als nicht karzinogen betrachtet		(30)
Mutagenität:	Meist negative Ergebnisse für Cyanide in Bakterien- und Tierversuchen; HCN zeigte marginal mutagene Effekte in Salmonellentest		(27)
	Keine Informationen hinsichtlich menschlichem in vivo Potenzial; auf Basis der in vitro Informationen kann zumindest auf ein nicht signifikantes Potenzial geschlossen werden		(30)
Teratogenität:	Verursacht bei hohen Dosen massive Fruchtschädigung		(3)
	Keine Informationen, die eine teratogene Wirkung beim Menschen belegen; geringe Hinweise auf eine teratogene Langzeitwirkung bei hohen Dosen von Natriumcyanid; dennoch können Cyanidionen in die Plazenta eindringen und dort in hohen Konzentrationen fetotoxisch sein		(30)
	Nur geringe Hinweise auf verringerte Spermienmobilität oder verminderte Fruchtbarkeit bei Versuchstieren		(27)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, WGK 3, Giftwirkung auf Fische und Plankton		(1)
	Toxische Konzentration LC für Fische: 0,05 mg/l; LC (niedere Wasserorganismen): > 0,1 mg/l		(3)
	Bei einem Seewasser pH von 8,3 wird Blausäure hauptsächlich in Form der nichtionisierten Säure vorliegen, die für Frischwasserorganismen sehr toxisch ist. LC50 Werte liegen hier bei 10 bis mehreren Hundert µg/l. Geringe Wassertemperaturen vergrößern die Toxizität für Frischwasserfisch.		(15)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann langfristig schädliche Wirkungen auf die aquatische Umwelt haben		(30)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, WGK 3		(14)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Ungiftige Ameisensäure		(13)
	Toxizität der Blausäurelösung nimmt mit den Hydrolyseprodukten langsam ab		(36)
Bioakkumulationspotenzial:	Keine Hinweise auf eine Bioakkumulation in aquatischen Organismen		(15)
	Log Pow -0,84 (berechnet); im allgemeinen keine Bioakkumulation		(36)
Grenzwerte:	England & Wales: 50 µg/l		(30)
	Hygienischer Grenzwert für Trinkwasser: 0,01 mg/l (WHO, 1961)		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: F, GB, UdSSR	(1)
	WK II: D, USA, UdSSR	(1)
Einsatzmittel:	Handgranaten, Gewehrgranaten, Artilleriegranaten und -geschosse, Bomben, Raketen	(1)
Taktische Gemische:	Stabilisiert mit Kieselgur (Zyklon B), Mischung mit Chlor- und Bromcyan (WK I)	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 44,4 / H: 3,7 / N: 51,8	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	Kalt gesättigte Lösung von Natriumthiosulfat / Oxidationsmittel	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Jeden Kontakt vermeiden! In jedem Fall ärztliche Behandlung notwendig!</p> <p><i>Inhalation:</i> Frischluft. Ruhe. Aufrecht lagern. Künstliche Beatmung, falls notwendig. KEINE Mund-zu-Mund-Beatmung. Ärztlicher Behandlung zuführen.</p> <p><i>Haut:</i> Haut mit viel Wasser spülen oder duschen. Ärztlicher Behandlung zuführen. Bei Erste-Hilfe-Maßnahmen Schutzhandschuhe tragen.</p> <p><i>Augen:</i> Augen einige Minuten mit viel Wasser spülen, vorher möglichst Kontaktlinsen entfernen. Verletzten zum Arzt bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund ausspülen. KEIN Erbrechen auslösen! Ärztlicher Behandlung zuführen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Cyanwasserstoff(säure); Formonitril; Ameisensäurenitril; Methannitril; Hydrogencyanid	
	Zyklon A; Zyklon B; Grünring	
England / USA:	Hydrocyanic acid (CAS); Hydrogen cyanide; Prussic acid; Formonitrile (IUPAC)	
	Blood gas; Lethal gas; JL (50 % Blausäure, 50 % Chloroform); JBR (50 % Blausäure, 25 % Arsentrichlorid, 25 % Chloroform); VN (identisch mit Vincennite (F))	
Frankreich:	Acide cyanhydrique	
	Manganite (50 % Blausäure, 50 % Arsentrichlorid (auch Marsenite)); Forestite (Blausäure); Vincennite (wie Manganite nur 30 % Arsentrichlorid sowie 15 % Zinntetrachlorid und 5 % Chloroform (auch Opacite))	
Russland:	k.A.	
	R-2	

Bemerkung: (*) Die abweichenden Schmelztemperaturen basieren laut (15) wahrscheinlich auf verunreinigter Blausäure.

10.1.5 Chlor (CAS Nr. 7782-50-5)

Chlor				
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>				
CAS - Nr.:	7782-50-5		Summenformel: Cl ₂	
Molare Masse:	70,91 g/mol	(3)	Strukturformel: 	
Dichte (bei 20°C):	3,214 g/l	(3)		
Schmelzpunkt:	-102 bis -100,98°C			(1)
Siedepunkt:	-35 bis -33,5°C			(1)
	-34°C			(36)
Dampfdruck:	0,66 MPa			(36)
	6,8 bar			(37)
Relative Dampfdichte:	2,5			(37)
Max. Sättigungskonz.:	k.A.			
Aggregatzustand:	gasförmig			(3)
Geruch:	stechend, erstickend		(14)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	bei trockener Luft farblos; in höheren Konzentrationen gelblich bis grün; bei feuchter Luft weiß bis undurchsichtig		(3)
	<i>Technisch:</i>	k.A.		
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	unlöslich in organischen Lösungsmitteln		(3)
	<i>In Wasser:</i>	schwach wasserlöslich, 0,7 g/l (*)		(14)
		6,5 g/l		(29)
		7,3 g/l bzw. 2,3 l Chlorgas/l		(3)
		8,6 g/l		(37)
1,85 g/ 100 ml		(36)		
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>				
Hydrolyse:	Langsame Hydrolyse		(3)	
	Hydrolyse wird durch Alkalilaugen beschleunigt		(3)	
	1 Liter Wasser löst 2,3 l Chlor zu einer 0,4-0,5 %igen instabilen Chlorwasserlösung. Es hydrolysiert dabei zu Salzsäure und unterchloriger Säure, die in Salzsäure und Sauerstoff zerfällt		(3)	
Hydrolyseprodukte:	Hydronium- und Chlorionen, Sauerstoff, unterchlorige Säure		(3)	
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.			
Korrosionsverhalten:	Reagiert mit Metallen; in Gegenwart von Feuchtigkeit starkes Korrosionsmittel		(3)	
	Trocken inert gegenüber Stahl, Gußeisen, Blei sowie den meisten Kupfer- und Nickellegierungen; feucht äußerst korrosiv gegenüber fast allen Metallen		(36)	
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen stabil		(3)	
	Lagerung verflüssigt in Stahlbehältern		(1)	
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte		(14)	

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

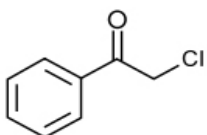
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisch, Reizstoff sowie Lungen- und Hautgift		(1)
	Gefährdend bei Haut- und Augenkontakt oder Einatmen (Vergiftungen ab 2 mg/m ³)		(3)
	In Kontakt mit Wasser/Feuchte: ätzend		(3)
	Starke Reizwirkung auf die Haut, starke Reizwirkung auf die Atemwege, starke Reizwirkung auf die Augen und Schleimhäute		(3)
	Es treten schwere Reizungen und Verätzungen der Augen, der Atmungsorgane und der Haut bis zur Blasenbildung, Bronchospasmus und Lungenödem (auch mit Verzögerung bis zu einigen Stunden) ein		(3)
	Bei hohen Konzentrationen in geschlossenen und/oder schlecht belüfteten Bereichen auch Erstickung. Langfristige Störungen der Atemwege bereits bei einmaliger, akuter Exposition möglich. Chronische Spätschäden nach akuter Einwirkung häufiger als bisher vermutet		(29)
	Akut toxische Effekte bei Inhalation: 1-3 ppm bzw. 3-10 mg/m ³ leichte Reizung der Schleimhäute; 5-15 ppm bzw. 15-45 mg/m ³ mittlere Reizung der oberen Atemwege; 30 ppm bzw. 90 mg/m ³ sofortige Brustschmerzen, Erbrechen und Husten; 40-60 ppm bzw. 115-175 mg/m ³ toxische Entzündung des Lungengewebes (Pneumonitis) und Lungenödem; 430 ppm bzw. 1250 mg/m ³ letal bei 30 min; 1000 ppm bzw. 2900 mg/m ³ letal binnen Minuten		(29)
	Eine CI-Konzentration in der Luft von 690 ppm (2 g/m ³) wirkt rasch tödlich, 50 ppm (=150 mg/m ³) wirken innerhalb 30 - 60 Minuten letal, und 20 ppm (=60 mg/m ³) sind bei einer Exposition von 30 Minuten und länger gefährlich		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 7500 mg x min/m ³	(17)
	ICt50	k.A.	
	LC	19 g x min/m ³ ; 1000 ppm bei kurzer Exposition rasch letal (inhalativ)	(3)
	LCt	k.A.	
	LD	60 mg (bei Aufenthalt von 25 min in 300 mg/m ³)	(1)
	MAK	0,5 ml/m ³ ; 1,5 mg/m ³	(1)
		WEL-Werte (UK): LTEL 0,5 ppm bzw. 1,5 mg/m ³ ; STEL 1 ppm bzw. 2,9 mg/m ³	(29)
	TC	14-30 ppm (1-2h, mehrfache Wiederholung binnen 3-4 Wochen)	(1)
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Bei längerer und wiederholter Exposition tritt Gewöhnung an Geruch und Reizung ein mit Symptomverzögerung		(3)
	U.a. Bronchialleiden, Lungenblutungen, evtl. auch Tuberkulose sowie Degenerationserscheinungen der Lunge bei schweren Vergiftungen		(36)
	Als Erscheinungen der chronischen Chloreinwirkung werden chronische Reizung der Atemwege, Appetitstörung und Abmagerung beschrieben		(3)
	Hauterkrankungen (Chlorakne) möglich		(1)
Kanzerogenität:	Keine Hinweise im Tierversuch auf karzinogene Wirkung von wassergelöstem Chlor oder Hypochloritlösung, allerdings diesbzüglicher Informationsbestand inadäquat; keine Informationen für Wirkung auf den Menschen		(29)
	Nicht einstuftbar als humaner Krebsreger		(3)
Mutagenität:	Keine Informationen bezüglich Chlor als solchem, allerdings Hinweise auf mutagene Wirkung von Natriumhypochloritlösung in vitro im Bakterien- und Säugetierzellentest, keine Hinweise in vivo		(29)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Teratogenität:	Keine Hinweise im Tierversuch auf reproduktionstoxische oder teratogene Wirkung sowie Fruchtbarkeit, Wachstum oder Überlebensrate		(29)
	Fruchtschädigender Arbeitsstoff: Gruppe C (Nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK-Wertes)		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff; hochtoxisch für Fische und Plankton	(3)
	Wassergefährdungsklasse WGK 2	(14)
	Aufgrund der hohen Toxizität, der ätzenden und oxidierenden Wirkung Gefährdung aller Arten von Gewässern	(3)
	Sehr giftig für Algen; (Sehr) giftig für Wasserpflanzen	(3)
	Tödliche Konzentration für Fisch: 0,05 mg/l; LD50 für Wasserorganismen: 1 mg/l/96 h	(3)
	LC50 Daphnia Magna (Wasserfloh) bei 48h: 0,017 mg/l	(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: mindertoxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Nicht bioakkumulierbar	(3)
Grenzwerte:	Trinkwasser Grenzwert 5 mg/l bzw. 250 mg/l Chloridionen (WHO)	(29)
	Trinkwasser Grenzwert 4 mg/l (US EPA)	(14)
	Hygienischer Grenzwert: 0 mg/l; Nutzungsgrenzwert 0 mg/l Trinkwasser	(1)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D, F, GB, UdSSR	(1)
	WK II: D	(1)
Einsatzmittel:	In Flaschen für Blasverfahren (verflüssigt): 1 l Flüssiggas (spez. Gewicht 1,6) ergeben etwa 500 l Chlorgas; in Minen und Werferflaschen	(1)
Taktische Gemische:	In Mischung mit Chlorpikrin oder Phosgen	(1)
	In WK I fast immer in Mischung mit Phosgen, um entsprechend tödliche Gaswolken zu produzieren	(26)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	Keine Relevanz (elementar)	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren. Bei Erfrierungen: Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdschen. Kleidung beim Spülen entfernen. Wenn Kleidung an der Haut klebt: nicht entfernen. Wunden mit sterilem Verband abdecken. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Wenn verbrannte Hautfläche > 10 %: zum Krankenhaus bringen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Keine Mund-zu-Mund-Beatmung anwenden. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Arzt: Zugabe eines Corticoid-Sprays.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> k.A.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Chlorgas; Bertholite	
	Klop, Grünkreuz	
England / USA:	Chlorine	
	Red Star, Blue Star, White Star (Chlor-Phosgen-Mischung); Yellow Star (Chlor-Chlorpikrin-Mischung)	
Frankreich:	Chlore	
	Bertholite	
Russland:	Chlor	
	k.A.	

Bemerkung: (*) Die angegebenen 0,7 g/l könnten auf einer Verwechslung beruhen: In internationalen Datenbanken ist die Wasserlöslichkeit oftmals für 100 ml und nicht pro Liter angegeben

10.1.6 Chloracetophenon (CAS Nr. 532-27-4)

Chloracetophenon			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	532-27-4		Summenformel: C ₈ H ₇ ClO ⁽³⁾ bzw. C ₈ H ₇ OCl ⁽²⁸⁾
Molare Masse:	154,6 g/mol	(1)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	1,321 g/cm ³	(1)	
	1,31 g/cm ³ (0°C)	(28)	
Schmelzpunkt:	54 bis 60°C	(1)	
	59 bis 60°C	(33)	
	58°C	(16)	
Siedepunkt:	245 bis 247°C	(1)	
	244 bis 247°C	(33)	
	245°C	(16)	
Dampfdruck:	1,7 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	5,3	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	110 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	fest	(1)	
Geruch:	schwach, nach Blüten	(1)	
	stechend	(36)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose oder weiße Kristalle	(1)
	<i>Technisch:</i>	gelb, grau, gelbbraun	(1)
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in organischen Lösungsmitteln wie Chloroform, Halogenalkanen, Alkoholen, Benzol	(1)
	<i>In Wasser:</i>	widersprüchlich: schwer- bis unlöslich, 0,1 bis 1,72 g/l	(3)
		etwa 1 g/l	(36)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Sehr hydrolysestabil; langsame Hydrolyse nur in siedendem Wasser, Sodalösung und Alkalilaugen		(36)
	Wird selbst in heißem Wasser nicht oder nur unmerklich hydrolysiert		(1)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu Hydroxyacetophenon		(3)
Hydrolyse in Seewasser:	Sehr langsame bis keine Hydrolyse		(13)
Korrosionsverhalten:	Greift Eisen nicht an		(36)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen stabil, thermisch und chemisch stabil, detonationsbeständig		(1)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte		(14)
	In der Umwelt sehr beständig		(36)
	Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und Hitze; langandauernde Geländeseßhaftigkeit		(16)
	Selbst nach längerer Lagerung in feuchter Atmosphäre sind keine chemischen Zersetzungsreaktionen zu beobachten		(3)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxisch beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		(30)
	Lungenödem möglich		(14)
	(Harmlose) Hautreizungen bei hohen Konzentrationen		(16)
	Bei stark erhöhten Konzentrationen (z.B. in geschlossenen Räumen) schwere Läsionen der Atemwege bis hin zum letalen Lungenödem		(28)
	Resorbierter Anteil kann zu Herz-Kreislauf-Versagen führen		(36)
	Aufnahme über die Schleimhäute der oberen Atemwege und über das Auge		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 4000-8500 mg x min/m ³	(3)
		Inhalativ: 4000 mg x min/m ³	(17)
	ICt50	0,005-0,01 mg/l x min; 80 mg x min/m ³	(3)
		Aerosol in Aceton: 40 mg x min/m ³ ; Granatrauch: 20 mg x min/m ³	(28)
	LC	159 mg/m ³ /20 min (inhalativ); LC50: 10 g x min/m ³	(3)
	LCt	LCt50 (inhalativ): 8500 mg x min/m ³ ; 10000-11000 mg x min/m ³ (36)	(3)
	LD	Maus: LD50 127 mg/kg (oral)	(36)
	MAK	0,05 ppm; 0,3 mg/m ³	(1)
TLV-USA: 0,3 mg/m ³		(36)	
TC	2 mg/m ³ Hautreizung im Gesicht; TC50: 80 mg x min/m ³ Handlungsunfähigkeit	(3)	
	TC50 Aerosol: Auge 0,3 mg/m ³ ; Atemwege 0,4 mg/m ³	(28)	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Wiederholter oder andauernder Hautkontakt kann zu Dermatitis führen	(14)	
	Sensibilisierung mit der Folge allergischer Dermatitis, evtl. allergischer Schock möglich	(36)	
Kanzerogenität:	Potentielles Karzinogen, die Verbindung wirkt karzinogen	(3)	
	Indizien für eventuelle Kanzerogenität aus Tierversuchen	(28)	
	Nicht einstuftbar als humaner Krebserreger	(3)	
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK).	(3)	
	Keine Informationen vorhanden	(28)	
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)	
	Eventuell, bei Hühnerembryos störte Chloracetophenon die Entwicklung des Nervensystems	(3)	
Aquatische Toxizität:	WGK II, gefährlicher Wasserschadstoff	(1)	
	LC 50 (Daphnia Magna): 0,345 - 52 mg/l (48h)	(3)	
	LC 50 (Fisch): 0,23 - 13 mg/l (48h)	(3)	
	PNECwater Chloracetophenon: 45 ng/l (Faktor 200)	(38)	
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Nach Abspaltung des Chloratoms Bildung ungiftiger Produkte, die leicht vollständig in Seewasser abbaubar sind	(13)	
	Sehr gering	(x)	
Bioakkumulationspotenzial:	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 2,18	(38)	
	Log Pow: 2,09	(38)	
	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)	
Grenzwerte:	k.A.		
Sonstige Informationen			
Produktion:	WK I: Bau von Produktionsanlagen in den USA, aber kein Einsatz	(36)	
	WK II: D, USA, JAP	(1)	
Einsatzmittel:	Granaten, Bomben, Rauch- und Nebelkörper, Mörsergeschosse	(1)	
	Panzer-, Wurf- und Infanteriegranaten, Granaten für Feldhaubitzen sowie Handgranaten; Luftwaffe: KC 250 W mit 100 kg CAP, KC 500 W mit 200 kg CAP	(36)	
Taktische Gemische:	Mischung mit Schießwolle, Amoniumoxalat	(1)	
	CNB: 10 % CAP, 45 % Tetrachlormethan und 45 % Benzol; CNC: 30 % CAP, 70% Chloroform; CNS: 24 % CAP, 36 % Chlorpikrin und 38 % Chloroform (alle USA)	(36)	
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 62,1 / H: 4,5 / Cl: 23,0 / O: 10,3	(x)	
Klassische Entgiftungsmittel:	10%ige alkoholische Natron- oder Kalilauge / 10%ige Natrium- oder Kaliumsulfidlösung unter Zusatz von 5% Schmierseife oder eines synthetischen Waschmittels	(18)	

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Verwendung von Seife ist erlaubt. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Opfer zum Augenarzt bringen. Keine Neutralisationsmittel verwenden.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm)</p>	(14)
	Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)	
Deutschland:	2-Chloracetophenon; Phenacylchlorid; α-Chloracetophenon; Chloracetylphenol CN-Stoff; O-Salz; Weißring; A-Pulver; CAP	
England / USA:	Chemical mace; Chloracetophenone; Phenacylchloride; 2-chloro-1-phenylethanone; Phenylacyl chloride CN; CAP	
Frankreich:	Chloracétophénone Grandite	
Russland:	k.A. k.A.	

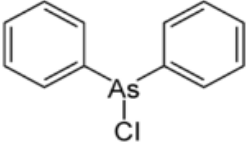
10.1.7 Chlorpikrin (CAS Nr. 76-06-2)

Chlorpikrin			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	76-06-2		Summenformel:
Molare Masse:	164,38 g/mol	⁽³⁾	
Dichte (bei 20°C):	1,651 g/cm ³	⁽³⁾	
Schmelzpunkt:	-69 bis -64°C	⁽¹⁾	
	-64°C	⁽³³⁾	
Siedepunkt:	112 bzw. 113 °C	⁽¹⁾	
	112 °C	⁽³³⁾	
Dampfdruck:	2400 Pa	⁽³⁶⁾	
Relative Dampfdichte:	5,7	⁽³⁶⁾	
Max. Sättigungskonz.:	160 g/m ³	⁽³⁶⁾	
Aggregatzustand:	flüssig	⁽¹⁾	
Geruch:	stechend	⁽¹⁾	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	wasserklare, ölige Flüssigkeit; verfärbt sich durch Lichteinwirkung grünelblich	⁽¹⁾
	<i>Technisch:</i>	gelb bis rotbraun verfärbt	⁽¹⁴⁾
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in Ethanol, Benzol, Halogenalkanen, Benzin	⁽¹⁾
	<i>In Wasser:</i>	schwach wasserlöslich; 1,7 bis 2 g/l	⁽¹⁴⁾
		bei 20°C 1,4 bis 1,7 g/l	⁽¹⁾
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	In Wasser keine bis geringe Hydrolyse		⁽¹⁾
	Nur sehr langsame Zersetzung durch Wasser, verdünnte Alkalien und Säuren		⁽³⁶⁾
	Halbwertszeit in wässriger Lösung beträgt mehrere Jahre		⁽³⁸⁾
Hydrolyseprodukte:	"Abspaltung des gesamten Chlors binnen 38 Tagen"		⁽³⁶⁾
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Greift trocken Metalle nur unwesentlich an		⁽¹⁾
Stabilität / Lagerung:	Ohne Licht relativ stabil, zersetzt sich am Licht langsam unter Gelb- und Rotfärbung		⁽¹⁾
	Bei starker Erhitzung wird die Verbindung unter Bildung von Phosgen zersetzt		⁽¹⁾
	Explosionsgefahr bei Erhitzung, Stoß und Reibung		⁽¹⁴⁾
	Nicht detonationsbeständig		⁽¹⁾
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		⁽³⁾
	Schon kleine Mengen wirken tödlich		⁽³⁾
	Lungenödem möglich/wahrscheinlich, starke Reizwirkung auf die Haut und Augen		⁽¹⁴⁾
	Evtl. narkotische Wirkungen, Herz-Kreislauf-Versagen sowie Leber-, Nieren- und Gefäßschäden		⁽³⁶⁾
	Verursacht flüssig schwere Hauterstörungen und Nekrosen		⁽³⁶⁾
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 2000 mg x min/m ³	⁽¹⁷⁾
	ICt50	k.A.	
	LC	2400 mg/m ³ bei 1 min (inhalativ)	⁽¹⁾
	LCt	20 mg/l x min	⁽³⁾
	LD	5 mg/kg (oral); LD50 2 g/m ³ 1 min (inhalativ)	⁽³⁾
	MAK	0,1 ml/m ³ ; 0,7 mg/m ³	⁽¹⁾
	TC	2 mg/m ³ (inhalativ); 0,1 mg/l leichte Lungenschädigung	⁽³⁾
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Verätzungen der Haut und Augengewebes, Atemschwierigkeiten		⁽¹⁴⁾
	Empfindlichkeitssteigerung bei wiederholtem Kontakt		⁽³⁶⁾
Kanzerogenität:	Nicht einstuftbar als humaner Krebserreger		⁽³⁾
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		⁽³⁾
Teratogenität:	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		⁽¹⁴⁾
	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)		⁽³⁾

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff	(1)
	Gefährlicher, hydrolytisch nur schwer abbaubarer, für Wasserlebewesen sehr toxischer Wasserschadstoff	(36)
	Wassergefährdend, grundwassergefährdend	(14)
	Toxisch für Fische und andere Wasserorganismen (LC50: 1-10 mg/l)	(1)
	LC 50 (Daphnia Magna, 96h): 3,47 mg/l; LC 50 (Fische, 96h): 1-10 mg/l	(3)
	PNECwater Chlorpikrin: 30 ng/l (Faktor 500)	(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: mindertoxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Chlorpikrin reichert sich nicht in aquatischen Organismen an; wenig bis nicht bioakkumulierbar	(3)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 1,36; keine Biokonzentration in aquatischen Organismen	(38)
	Log Pow: 2,09	(38)
Grenzwerte:	Trinkwasser: Keine Grenzwerte angegeben (WHO); 0,0001 mg/l (RL 98/83/EG)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: UdSSR, D, F, GB	(1)
	WK II: JAP, USA, UdSSR, D (möglicherweise in geringen Mengen)	(1)
Einsatzmittel:	Artillerie- und Wurfgranaten, Minen, Werferflaschen, Zylinder, Bomben, Raketen	(1)
Taktische Gemische:	Zusatzstoff für Wintermischungen, Chloracetophenon und Brombenzylcyanid, Perstoff	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 7,3 / Cl: 64,8 / N: 8,5 / O: 19,5	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10%ige alkoholische Natron- oder Kalilauge / 10%ige Natrium- oder Kaliumsulfidlösung unter Zusatz von 5% Schmierseife oder eines synthetischen Waschmittels	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Verwendung von Seife ist erlaubt. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Frühestmöglich nach Einnahme: viel Wasser trinken lassen. Kein Erbrechen herbeiführen. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Bei Unwohlsein: Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Trichlornitromethan; Nitrochloroform; Nitrotrichlormethan Klop (Chlorpikrin-Chlor Gemisch für Blasangriffe); Grünkreuz; Grünkreuzstoff (Chlorpikrin-Diphosgen Gemisch)	
England / USA:	Nitrochloroform; Chloropicrin; Picride; Trichloronitromethane PS; CNS; NC; Vomiting gas; NC-mixture (Chlorpikrin-Zinntetrachlorid Gemisch); Green star (Chlorpikrin-Schwefelwasserstoff Gemisch); Yellow Star (Chlorp.-Phosgen Gem.)	
Frankreich:	Chloropicrine; Nitrochloroforme; Trichloronitrométhane Aquinite (Chlorpikrin-Zinntetrachlorid Gemisch)	
Russland:	Chlorpikrin; Trichlornitromethan; Nitrochloroform k.A.	

10.1.8 Clark I (CAS Nr. 712-48-1)

Clark I			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	712-48-1		Summenformel: C ₁₂ H ₁₀ AsCl
Molare Masse:	264,59 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,422 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	technisch 30°C; sonst 18,2 bis 45 °C	(1)	
	Reinsubstanz 44 °C; metastabile Modifikation 18°C	(36)	
Siedepunkt:	307 bis 383°C	(1)	
	333°C (Zersetzung)	(36)	
Dampfdruck:	0,063 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	9,2	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	6,8 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	fest	(1)	
Geruch:	stechend	(1)	
Aussehen:	Reinform:	weiße, kristallinische schwach gelblich bis dunkelbraun gefärbte Substanz von butterartiger bzw. fest-öliger, zäher Konsistenz	(1)
	Technisch:	grau bis dunkelbraun	(1)
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich in Benzol, Ethanol, Halogenalkanen, Aceton, Benzin	(1)
	In Wasser:	wasserunlöslich	(14)
		schwer löslich, 2 g/l	(36)
		gering löslich	(6)
	0,2 bis 2 g/l	(3)	
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Langsame Hydrolyse		(3)
	In alkalischer Lösung unter Zusatz von Alkalihydroxid und in der Wärme beschleunigte Hydrolyse		(1)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu Diphenylarsinoxid und Salzsäure; keine Toxizitätsminderung!		(3)
	Bei Normaltemperatur langsame Hydrolyse über Zwischenstufe Diphenylarsinigsäure hin zum immer noch stark reizerregenden Bis(diphenylarsin)-oxid		(36)
Hydrolyse in Seewasser:	Sehr langsame Hydrolyse zu Tetraphenyldiarsinoxid und Salzsäure: Salzsäure wird in Salzwasser neutralisiert, Tetraphenyldiarsinoxid wird sehr langsam weiter hydrolysiert, aber nicht entgiftet		(13)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse bildet sich letztendlich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist		(13)
Korrosionsverhalten:	Metalle werden nicht angegriffen		(1)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen und Ausschluss von Feuchtigkeit stabil		(1)
	Beim Erhitzen bilden sich speziell in Gegenwart von Eisen Phenylarsindichlorid und Triphenylarsin		(36)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Giftig beim Einatmen und Verschlucken		(1)
	Bei massiver Exposition auch Gastroenteritis, Ataxie, Schmerzen in Gliedern und Gelenken, Benommenheit, Bewußtlosigkeit, evtl. Lungenödem		(3)
	Bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung		(3)
	Hautschädigungen auch durch Clark-haltiges Wasser möglich		(3)
	Nervenschädigungen durch Arsengehalt möglich		(16)
	Aufnahme über Haut, Schleimhäute des Respirationstraktes, die Augenbindehaut und die Lungen		(3)

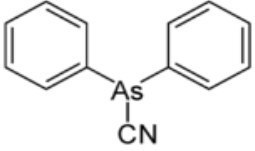
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 4000 mg x min/m ³	(17)
	ICt50	15 mg x min/m ³	(3)
	LC	Inhalativ: 60 mg/m ³ (30 min)	(3)
	LCt	LCt50: 15 g x min/m ³	(3)
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	Inhalativ: 0,1 mg/m ³ Reizschwelle; 15 mg/m ³ /min Aktionsunfähigkeit	(3)
	TD	Dermal: 0,5 mg/cm ² schmerzhafte Schädigung; 0,05 mg/cm ² erste Anzeichen einer Hautschädigung	(3)
Chronische Humantoxizität:	Hinweise auf immuntoxische Effekte		(3)
	Augenentzündungen, Ermüdung, Hautsensibilisierung möglich		(36)
	Organische Arsenverbindungen werden in der Leber gespeichert und dort langsam gespalten; Arsenausscheidung über längeren Zeitraum		(36)
Kanzerogenität:	Kanzerogene Wirkung von anorganischen Arsenverbindungen bei inhalativer und oraler Exposition gilt als gesichert		(3)
	Starkes Mitosegift		(3)
	Arsenverbindungen können als Tumorpromotoren bei oraler Applikation wirken		(3)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC, EG, TLV, MAK)		(14)
Mutagenität:	Arsenverbindungen können die mutagene Wirkung anderer Agenzien verstärken		(3)
	Hinweise auf Gentoxität		(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG, MAK)		(3)
Teratogenität:	Verdachtsmomente auf verringerte Geburtsgewichte und erhöhte Fehlgeburtsrate		(3)
	In Tieren wirken anorganische und organische Arsenverbindungen fetotoxisch und teilweise teratogen		(3)
	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG, MAK)		(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff; hochtoxisch für Wasserorganismen		(1)
	Gefährlicher Wasserschadstoff (Eintrag von Arsen), der unter Freisetzung von Chlorwasserstoff (WVGK 1) und pH Absenkung langsam zu nahezu ebenso gefährlichem korrespondierenden Arsinoxid hydrolysiert; Clark I und Hydrolyseprodukt sind toxisch für Wasserorganismen		(36)
	Schwellenkonzentration von Arsen für Fische und niedere Wasserorganismen bei 1 bis 9 mg/l; die LC der Arsenprodukte liegt für Fische bei 3,9 mg/l bis 36 mg/l		(36)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben		(14)
	Stark wassergefährdend, sehr giftig für Fische und Wasserorganismen		(14)
	PNECwater Clark I: 30 ng/l (Faktor 500)		(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Keine Entgiftung, Zersetzungsprodukt stark giftig		(1)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse der Edukte bildet sich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist		(13)
	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise auch als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind beim Menschen eindeutig krebserzeugend		(36)
Bioakkumulationspotenzial:	Eventuell Bioakkumulation des arsenhaltigen Abbauproduktes möglich		(7)
	Log Pow 2,5 (berechnet)		(36)
	Biotransportfaktor Log BCF: 2,78		(38)
	Die berechnete Halbwertszeit für die Flüchtigkeit aus wässriger Lösung (1m Wassertiefe) liegt bei 21 Jahren		(36)
	Akkumulation von Arsen findet in Haut, Haaren und Nägeln statt, bei inhalativer Exposition von schwerlöslichen Verbindungen auch in der Lunge		(3)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D	(1)
	WK II: D, JAP, UdSSR	(1)
Einsatzmittel:	Rauchkerzen und Granaten	(1)
	Granaten, Gaswerferflaschen, Handgranaten sowie Schwelbomben KC II Bu	(36)
Taktische Gemische:	Als Mischung mit 80% Phosgen, Perstoff; als Arsinöl in Mischung mit 50% Phenylarsindichlorid, 5% Triphenylarsin und 5% Arsenrichlorid	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 54,4 / H: 3,8 / As: 28,3 / Cl: 13,4	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	3%ige Kaliumpermanganatlösung / 10%ige Wasserstoffperoxidlösung / 30% Natriumsulfid in Wasser (unter Zusatz von Alkohol) / Chlorkalkbrei (1:1)	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren. Kleidung vor dem Spülen entfernen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Diphenylarsenchlorid; Diphenylchlorarsin; Chlordiphenylarsin	
	C 1; M; Q 173; Q 192; Q 193; Q 194; Blaukreuz; Blauring; Maskenbrecher	
England / USA:	Chlorodiphenylarsine; Diphenylchloroarsine; Diphenylarsinouschloride	
	DA; Vomiting agent; Sneezing gas	
Frankreich:	Diphenylchlorarsine	
	DA; Sternite	
Russland:	Difenilchlorarsin	
	OW-6; Nr. 12	

10.1.9 Clark II (CAS Nr. 23525-22-6)

Clark II			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	23525-22-6		Summenformel: C ₁₃ H ₁₀ AsN
Molare Masse:	255,15 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,45 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	28 bis 35°C	(1)	
	33°C	(36)	
Siedepunkt:	290 bis 340°C	(1)	
	346°C	(14)	
Dampfdruck:	27 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	8,8	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	2,8 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	fest	(3)	
Geruch:	knoblauchartig	(3)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	weiße, kristalline, gewöhnlich schwach gelblich gefärbte Substanz von butterartiger, nach längerem Stehen zäher Konsistenz	(1)
	<i>Technisch:</i>	grau bis dunkelbraun	(1)
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in Halogenalkanen, Benzol, Benzin, Ethanol, Aceton	(1)
	<i>In Wasser:</i>	schwer löslich, 2 g/l 0,2 - 2 g/l; schwer löslich	(36) (3)
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Nur geringe, sehr langsame Hydrolyse		(1)
	Sehr langsame Hydrolyse unter Abspaltung von Cyanwasserstoff über Diphenylarsinigsäure hin zum stark reizenden Bis(diphenylarsin)-oxid		(36)
	Beschleunigung der Hydrolyse durch wässrig-alkoholische Lösung bzw. alkalische Lösung und Erwärmung		(1)
Hydrolyseprodukte:	Langsame Hydrolyse zu Diphenylarsinioxid und Blausäure		(1)
Hydrolyse in Seewasser:	Sehr langsame Hydrolyse zu Tetraphenyldiarsinioxid und Salzsäure: Salzsäure wird in Salzwasser neutralisiert, Tetraphenyldiarsinioxid wird sehr langsam weiter hydrolysiert, aber nicht entgiftet		(13)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse bildet sich letztendlich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist		(13)
Korrosionsverhalten:	Metalle werden nicht angegriffen		(1)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen stabil unter Ausschluss von Feuchtigkeit		(1)
	Lagerbeständig		(1)
	Thermisch labil		(1)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisch, giftig beim Einatmen und Verschlucken		(1)
	Bei massiver Exposition auch Gastroenteritis, Ataxie, Schmerzen in Gliedern und Gelenken, Benommenheit, Bewußtlosigkeit, evtl. Lungenödem		(3)
	Nach oraler Aufnahme kann die hydrolytisch freigesetzte Blausäure zum Vergiftungsgeschehen beitragen		(36)
	Bewirkt auf der Haut Rötung, Schwellung und Blasenbildung		(3)
	Hautschädigungen auch durch Clark II-haltiges Wasser möglich		(3)
	Aufnahme über Haut, Schleimhäute des Respirationstraktes, die Augenbindehaut und die Lungen		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	inhalativ: 4000 mg x min/m ³	(17)
	ICt50	25 mg x min/m ³	(3)
	LC	Mensch: LC50 10.000 mg/m ³ /min (inhalativ)	(3)
	LCt	LCt50: 10 g x min/m ³	(3)
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	inhalativ: 0,01 mg/m ³ Reizschwelle; 25 mg/m ³ /min Aktionsunfähigkeit	(3)
TD	k.A.		

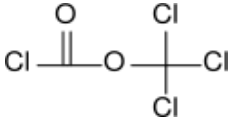
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Chronische Humantoxizität:	Hinweise auf immuntoxische Effekte	(3)
	Organische Arsenverbindungen werden in der Leber gespeichert und dort langsam gespalten; Arsenausscheidung über längeren Zeitraum	(36)
Kanzerogenität:	Kanzerogene Wirkung von anorganischen Arsenverbindungen bei inhalativer und oraler Exposition gilt als gesichert	(3)
	Starkes Mitosegift	(3)
	Arsenverbindungen können als Tumorpromotoren bei oraler Applikation wirken	(3)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC, EG, TLV, MAK)	(14)
Mutagenität:	Arsenverbindungen können die mutagene Wirkung anderer Agenzien verstärken	(3)
	Hinweise auf Gentoxizität	(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG, MAK)	(14)
Teratogenität:	Verdachtsmomente auf verringerte Geburtsgewichte und erhöhte Fehlgeburtsrate	(3)
	In Tieren wirken anorganische und organische Arsenverbindungen fetotoxisch und teilweise teratogen	(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)	(14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, hochtoxisch für Wasserorganismen	(1)
	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, der sehr langsam unter Freisetzung von Cyanwasserstoff (WGK 3) hydrolysiert und Arsen einträgt	(36)
	Stark wassergefährdend (WGK 3); kann längerfristig schädliche Wirkung auf Gewässer haben	(14)
	PNECwater Clark II: 25 ng/l (Faktor 500)	(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Hydrolyseprodukte stark toxisch, keine Toxizitätsminderung	(3)
	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise auch als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind beim Menschen eindeutig krebserzeugend	(36)
	Selbst bei vollständiger Hydrolyse der Edukte bildet sich eine anorganische Arsenverbindung, die persistent und weiterhin toxisch ist	(13)
Bioakkumulationspotenzial:	Eventuell Bioakkumulation des arsenhaltigen Abbauproduktes möglich	(7)
	Log Pow 2,5 (berechnet)	(36)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 1,83	(38)
	Die berechnete Halbwertszeit für die Flüchtigkeit aus wässriger Lösung (1m Wassertiefe) liegt bei 7,2 Jahren	(36)
	Akkumulation von Arsen findet in Haut, Haaren und Nägeln statt, bei inhalativer Exposition von schwer-löslichen Verbindungen auch in Lunge	(3)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D	(1)
	WK II: D, GB, JAP, UdSSR	(1)
Einsatzmittel:	Als Aerosol in Rauchkerzen und Granaten	(1)
Taktische Gemische:	Laboriert alleine oder in Mischung mit Clark I oder Phenylarsindichlorid (WK I) oder 70% TNT	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 61,1 / H: 3,9 / As: 29,4 / N: 5,5	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	3%ige Kaliumpermanganatlösung / 10%ige Wasserstoffperoxidlösung / 30% Natriumsulfid in Wasser (unter Zusatz von Alkohol) / Chlorkalkbrei (1:1)	(18)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

<p>Erstmaßnahmen bei Kontamination:</p>	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	<p>(14)</p>
	<p>Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)</p>	
<p>Deutschland:</p>	<p>Diphenylarsencyanid; Diphenylcyanarsin; Diphenylarsincarbonitril C 2; Q 173; Q 192, Maskenbrecher; Blaukreuz</p>	
<p>England / USA:</p>	<p>Diphenylarsinacarbonitrile; Diphenylcyanoarsine CDA; DC; Vomiting agent; DC-gas</p>	
<p>Frankreich:</p>	<p>Cyanure de diphenylarsine CA; Sternite</p>	
<p>Russland:</p>	<p>Difenilcianarsin k.A.</p>	

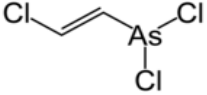
10.1.10 Diphosgen (Perstoff) (CAS Nr. 503-38-8)

Diphosgen (Perstoff)			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	503-38-8		Summenformel: C ₂ Cl ₄ O ₂
Molare Masse:	197,83 g/mol	(3)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	1,636 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	-57 °C	(3)	
Siedepunkt:	128 °C	(3)	
Dampfdruck:	1400 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	6,9	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	120 g/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(3)	
Geruch:	phosgenähnlich; erstickend		
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	wasserklar; farblos, ölig	
	<i>Technisch:</i>	k.A.	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	meist leicht löslich in organischen Lösungsmitteln	
	<i>In Wasser:</i>	praktisch unlöslich	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Bei Raumtemperatur sehr langsame Hydrolyse, die durch Erhitzen oder Zusatz von Alkalien beschleunigt wird		(3)
	Langsame Hydrolyse		(36)
	Vollständige Hydrolyse in kochendem Wasser nach wenigen Minuten		(3)
Hydrolyseprodukte:	Phosgen, Kohlendioxid, Salzsäure, Tetrachlormethan		(3)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Bei Lagerung müssen Korrosionsinhibitoren zugesetzt werden		(1)
	Flüssiger Perstoff greift Eisen nicht an		(1)
Stabilität / Lagerung:	Bei Kontakt mit orösen Substanzen wie Aktivkohle oder Eisenoxiden Zerfall in zwei Moleküle Phosgen		(36)
	Bei Normaltemperatur unter Ausschluß von Licht, Luft, Feuchtigkeit und Katalysatoren relativ stabil		(36)
	Zerfällt bei Erwärmung zu Phosgen; thermisch sehr instabil; detonationsbeständig		(3)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte und Licht		(14)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		(3)
	Extrem toxisches Lungengift, akute Wirkung vergleichbar mit der des Phosgens		(3)
	Verätzt die Haut, Atemwege und Augen; Lungenödem; Tod durch Asphyxie (Atemdepression bis -stillstand) oder Herz-Kreislauf-Versagen möglich		(3)
	Aufnahme über die Lunge		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	inhalativ: 500 mg x min/m ³	
	ICt50	1,6 mg/l x min	
	LC	1 g/m ³ (5 min)	
		250 mg/m ³ (30 min); 1000 mg/m ³ (5 min);	
	LCt	LCt50: 3,2 mg/l x min	
	LD	6 mg/l (1 min) (inhalativ)	
	MAK	k.A.	
TC	160 µg/l (1-2 min) schwere Schädigung;		
	40 µg/l (1 min) Erträglichkeitsgrenze		
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	k.A.		
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)		(3)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff, toxisch für Fische u.a. Wasserorganismen	(3)
	Wassergefährdungsklasse WGK 3 „stark wassergefährdend“	(1)
	Steht auf/enthält Stoff der schwarzen Liste-Wasser (76/464/EWG)	(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Entstehendes Phosgen: extrem giftiges Lungengift; Wassergefährdungsklasse 2 „wassergefährdend“	(3)
	Letztendlich entstehende Salzsäure WGK 1: schwach wassergefährdend	(36)
Bioakkumulationspotenzial:	Angaben zur Bioakkumulation nicht vorhanden	(3)
	Annahme: sehr gering (vergleiche Phosgen)	(x)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D	(1)
	WK II: D, JAP, UdSSR	(1)
Einsatzmittel:	Artillerie- und Wurfgranaten, Werferflaschen, Minen, Bomben, Raketen	(1)
	Teilweise in KC 500 II Gr verfüllt	(36)
Taktische Gemische:	In Mischung u.a. mit Chlorpikrin, Clark, Phosgen	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 12,1 / Cl: 71,8 / O: 16,2	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	5 bis 10%ige Alkalilaugen / alkalische Natriumsulfidlösungen / Hexamethylentetramin	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Kleidung beim Spülen entfernen. Wunden mit sterilem Verband abdecken. Wenn verbrannte Hautfläche > 10 %: zum Krankenhaus bringen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Opfer zum Augenarzt bringen. Keine Neutralisationsmittel verwenden.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Kein Erbrechen herbeiführen. Keine Medizinalkohle zugeben. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Kein chemisches Antidot zugeben. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm).</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Chlorameisensäuretrichlormethylester; Trichlormethylchlorformiat	
	Grünkreuz; K-Stoff; Klopper; DP; Perstoff; Öl-F; K2-Stoff	
England / USA:	Carbonochloridic acid; Diphosgene; Trichloromethylchloroformate	
	DP; Superpalite	
Frankreich:	Chlorocarbonate de trichloromethyle; Chlorformiate de trichloromethyle	
	Surpalite; Superpalite	
Russland:	Trichlormetilchlorformiat; Difosgen	
	k.A.	

10.1.11 Lewisit I (cis) (CAS Nr. 541-25-3)

Lewisit I (Hauptkomponente des Gemisches (90%), cis-Konfiguration)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	541-25-3		Summenformel: C ₂ H ₂ AsCl ₃
Molare Masse:	207,32 g/mol	(15)	
Dichte (bei 20°C):	1,886 g/cm ³	(1)	
	1,8598 g/cm ³	(36)	
Schmelzpunkt:	-18 bis -13°C (*)	(1)	
	0,1 bzw. 1,2 sowie 2,5°C (**)	(15)	
	-44,7°C (rein)	(36)	
Siedepunkt:	190°C (Zersetzung) (***)	(1)	
	196,6 bis etwa 203°C	(15)	
	169,8°C (rein)	(36)	
Dampfdruck:	208 Pa (25°C)	(36)	
Relative Dampfdichte:	k.A.		
Max. Sättigungskonz.:	2,3 g/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(3)	
Geruch:	geranienartig	(3)	
Aussehen:	Reinform:	farblose bis bräunliche, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	dunkelbraune bis dunkelviolette, ölige Flüssigkeit; unter 10°C wird das technische Produkt merklich zähflüssiger	(1)
Löslichkeit:	Generell:	unbegrenzt löslich in Ethanol; leicht löslich in Benzol, Benzin, Olivenöl, Chloroform, Alkohol, verschiedene Öle	(1)
	In Wasser:	praktisch unlöslich	(21)
		0,5 g/l	(3)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Rasch zersetzlich; in alkalischem Milieu schnell und vollständig hydrolysierbar		(1)
	Vollständige Reaktion braucht mehrere Stunden		(15)
	pH 7: langsame Hydrolyse; pH > 7 schnelle Hydrolyse		(19)
Hydrolyseprodukte:	Schnelle Hydrolyse als Flüssigkeit oder dampfförmig zu Chlorethylenarsinioxid und Salzsäure		(1)
	Hydrolysiert in Wasser gelöst zu 2-Chlorvinylarsinioxid und Salzsäure		(1)
	Zunächst Hydrolyse zu 2-Chlorvinylarsensäure (CAS-Nr. 85090-33-1) und Lewisitoxid (CAS-Nr. 3088-37-7) innerhalb von 3 min bei 20°C; bei 5°C laufen 90% der Reaktion innerhalb von 2 min ab, die vollständige Reaktion braucht mehrere Stunden. Dann Transformation in organische als auch anorganische Formen des Arsen.		(15)
Hydrolyse in Seewasser:	Hydrolyse zu Chlorvinylarsinioxid, das in alkalischer Lösung zu arseniger Säure und Acetylen reagieren kann		(13)
Korrosionsverhalten:	Greift hochwertigen Stahl nicht an, korrodiert Aluminium und dessen Legierungen		(1)
	Auf Aluminium und seine Legierungen wirkt L-1 korrosiv, in Gegenwart von Eisen zersetzt sich L-1 unter Bildung von L-2 und L-3		(36)
Stabilität / Lagerung:	Stabil in Stahl- oder Glasbehältern		(1)
	Unter Normalbedingungen stabil, jedoch empfindlich gegenüber Licht, Luftsauerstoff und Feuchtigkeit		(36)
	In Gegenwart von Eisen langsame Zersetzung, deshalb zur Lagerung in Bomben und Geschossen Stabilisatoren zugesetzt		(1)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxischer Hautkampfstoff		(1)
	Dringt rasch in Haut und Schleimhäute ein; nach wenigen Minuten Hautrötung, Blasenbildung, Lungenödem und Gewebsnekrosen; Kontakt mit Augen kann zur Erblindung führen; Apathie, Kollaps; Schädigungen von Leber, Nieren, Milz und Zentralnervensystem möglich		(36)
	Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen		(1)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(1)
	BAT	k.A.	
	ct	inhalativ: 1500 mg x min/m ³	(17)
	ICt50	intraokular: 300 mg x min/m ³	(1)
	LC	0,12 mg/l/10min (inhalativ)	(3)
		LCL0: 50 mg/m ³ (30 min, inhalativ)	(36)
	LCt	LCt50: 0,3 mg/l x min	(1)
		LCt50: 1300 mg ³ x min (inhalativ), 10 g x min/m ³ (dermal)	(36)
	LD	LD50 10 mg/kg (oral); LD50 >40 mg/kg (dermal)	(1)
		LD50: 38 ppm (dermal)	(3)
LDL0: 38 mg/kg (dermal)		(36)	
MAK	k.A.		
TC	TC50: 300 mg/m ³ /min Handlungsunfähigkeit; TC50: 1500 mg/m ³ /min Hautschäden	(3)	
TD	0,3 mg/cm ² Blasen	(1)	
Chronische Humantoxizität:	Konjunktivitis, Atemwegserkrankungen, neurologische Störungen, Degenerationserscheinungen der Leber und Nieren, Anämie; evtl. Symptome chronischer Arsenvergiftung wie Erkrankungen des Nervensystems, der Haut sowie Leber und Nierenschäden		(1)
	Arsenverbindungen inhibieren Pyruvat-Carboxylase, Pyruvat-Dehydrogenase, alpha-Ketoglutarat-Dehydrogenase, Malat-Dehydrogenase, Adenosintriphosphatase, Hexokinase, Succinat-Dehydrogenase.		(3)
	Chronische Toxizitätswerte Lewisit: RfD: 0,1 µg/kg/d (Schätzwert) sobald auch seine Abbauprodukte im betrachteten Medium als präsent gelten; sonst kann der US EPA RfD von 0,3 µg/kg/d für anorganisches Arsen angewendet werden, da Lewisit unter Umweltbedingungen eventuell zu anorganischem Arsen abgebaut wird		(21)
	Die Toxizität des Lewisit unterscheidet sich klar von den reinen Arsencharakteristika. Als Orientierungswerte für den NOAEL-Wert können 0,1 bis 0,6 mg/kg/d angesehen werden		(25)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: RfD: 0,1 µg/kg/d (Lewisitoxid)		(21)
Kanzerogenität:	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind bei Menschen eindeutig krebserzeugend		(36)
Mutagenität:	Keine mutagenen Effekte im Ames Test sowie einem weiteren Tierversuch, allerdings Anomalien in Eierstockzellen sowie männlichem Reporduktionstrakt der Versuchstiere		(25)
Teratogenität:	Im Tierversuch (Ratte) fetaler Tod, Wirkung auf Embryo oder Fetus, orale Applikation von 20 mg/kg; Fetotoxizität Kaninchen bei 8,4 mg/kg		(14)
	Im Tierversuch keine schädigende Wirkung auf Reproduktion und Fruchtbarkeit, keine signifikanten biologischen Änderungen in Überlebensrate und Gewicht der Jungen, keine Anzeichen von Teratogenität		(25)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, stark toxisch für Wasserorganismen		(1)
	Sehr gefährlicher Umwelt- und Wasserschadstoff; sinkt in Gewässern zu Boden; gelöster Anteil hydrolysiert unter Chlorwasserstoffabspaltung zu weniger hauttoxischem, unlöslichem 2-Chlorvinylarsinioxid unter pH-Absenkung; langfristig ist in der Umwelt mit Mineralisierung zu Arsenit, Arsenat und anderen Arsenverbindungen zu rechnen.		(36)
	LC für eine Vielzahl von Fischen < 2,0 mg/l		(21)
	Abbauprodukte sind aquatisch weniger toxisch als Lewisit selbst		(21)
	Schwellenkonzentration für Fische und niedere Wasserorganismen 1-9 mg/l		(1)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

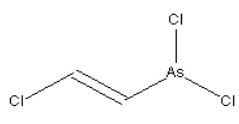
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Entstehendes Acetylen gilt als unproblematisch, die entstehende arsenige Säure behält aber die arsentypische Giftigkeit; laut (15) basieren diese Hydrolyseprodukte auf kalte, alkalische Umgebungsbedingungen, wobei die arsenige Säure dann wohl den Transformationen von anorganischem Arsen in der Umwelt unterliegt.	(13)
	2-Chlorvinylarsensäure (CAS-Nr. 85090-33-1) und Lewisitoxid (CAS-Nr. 3088-37-7) sind beides Reizstoffe, das entstehende Gemisch von recht hoher Toxizität und wahrscheinlich in vivo für viele der systemischen Schädigungen durch Lewisit verantwortlich.	(15)
	LD50 für 2-Chlorvinylarsensäure 50 mg/kg und somit moderat toxisch für kleine Säugetiere	(21)
	Die schädigenden Eigenschaften der vorangehend genannten Hydrolyseproduktmischung bleiben selbst nach 10 Wochen Lagerung in Seewasser unverändert.	(15)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: RfD: 0,1 µg/kg/d (Lewisitoxid)	(21)
	Chlorvinylarsinoxid ist weniger hautwirksam als Lewisit, aber unlöslich	(1)
Bioakkumulationspotenzial:	Lewisit und seine Hauptabbauprodukte sind zwar extrem toxisch, reichern sich nicht in den Nahrungsketten an, jedoch Arsen, was das Endprodukt der vollständigen Mineralisierung repräsentiert	(21)
	Log Pow 2,97 (berechnet)	(36)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial (vgl. Clark)	(x)
Grenzwerte:	Arsen im Trinkwasser: Richtwert: n.n.; Grenzwert: 0,05 mg/l	(3)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: USA	(1)
	WK II: USA, F, UdSSR, JAP, GB	(1)
Einsatzmittel:	k.A.	
Taktische Gemische:	In Mischung mit bis zu 37 % Anteil in Dichlordiethylsulfid (Senfgas) als Winterlost	(13)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 11,6 / H: 1,0 / As: 36,1 / Cl: 51,4	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 30% Natriumhydroxid in Wasser, ggf. unter Zusatz von 10% Alkohol / 5%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / gesättigte Hypochloritlösung	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	k.A.	
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2-Chlorvinyl-dichlorarsin; 2-Chlorvinylarsindichlorid	
	Gelbkreuz; Alpha-Lewisit; Lewisit I	
England / USA:	Dichlor(2-chlorovinyl)arsine; Chlorvinylarsine dichloride; Arsonous dichloride (CAS); (2-chloroethenyl)arsonous dichloride (IUPAC)	
	L-1; HL; Y; M-1; Dew of death (Todestau); Lewisite	
Frankreich:	Beta-chlorvinyl-dichlorarsin; Dichloro-2-chlorovinylarsine	
	k.A.	
Russland:	Dichlor-2-chlorvinilarsin	
	R-5; P-5; R-43 oder VR-43 (verdicktes Lewisit); RK-7 (Lewisit-S-Lost Gemisch)	

Bemerkung: (*) Die recht niedrigen Schmelztemperaturen basieren laut (15) wahrscheinlich auf in Kampfmitteln verfülltes - und somit L2 und L3 enthaltendes - L1. Laut (36) wird technisches Lewisit bereits bei Temperaturen unter 10°C sehr zähflüssig.

(**) Die abweichenden Literaturangaben basieren laut (15) wahrscheinlich auf unterschiedlichen Gehalten der cis- und trans Isomere in der Reinsubstanz.

(***) Laut (36) siedet das cis/trans Lewisit 1 Gemisch bei dem angegebenen Wert und erstarrt bei -15 bis -20 °C

10.1.12 Lewisit I (trans) (CAS Nr. 50361-05-2)

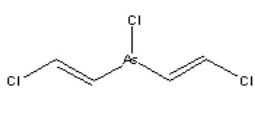
Lewisit I (Hauptkomponente des Gemisches, trans-Konfiguration (*))			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	50361-05-2		Summenformel: C ₂ H ₂ AsCl ₃
Molare Masse:	207,3 g/mol	Strukturformel:	
Dichte:	1,8598 g/cm ³ (25°C)		
	1,8793 g/cm ³		
Schmelzpunkt:	-1,2 °C		
	-2,4 °C		
Siedepunkt:	196,6 °C (Zersetzung)		
Dampfdruck:	53 Pa (25°C)		
Relative Dampfdichte:	k.A.		
Max. Sättigungskonz.:	4,5 g/m ³		
Aggregatzustand:	flüssig		
Geruch:	geranienartig		
Aussehen:	Reinform:	farblose bis bräunliche, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	dunkelbraune bis dunkelviolette, ölige Flüssigkeit; unter 10°C wird das technische Produkt merklich zähflüssiger	(1)
Löslichkeit:	Generell:	unbegrenzt löslich in Ethanol; leicht löslich in Benzol, Benzin, Olivenöl, Chloroform, Alkohol, verschiedene Öle	(1)
	In Wasser:	0,5 g/l	(3)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Schnelle Hydrolyse		(3)
Hydrolyseprodukte:	Schnelle Hydrolyse als Flüssigkeit oder dampfförmig zu Chlorethylenarsinioxid und Salzsäure		(1)
	Hydrolysiert in Wasser gelöst zu 2-Chlorvinylarsinioxid und Salzsäure		(1)
Hydrolyse in Seewasser:	Hydrolyse zu Chlorvinylarsinioxid, das in alkalischer Lösung zu arseniger Säure und Acetylen reagieren kann		(13)
Korrosionsverhalten:	Greift hochwertigen Stahl nicht an, korrodiert Aluminium und dessen Legierungen		(1)
	Auf Aluminium und seine Legierungen wirkt L-1 korrosiv, in Gegenwart von Eisen zersetzt sich L-1 unter Bildung von L-2 und L-3		(36)
Stabilität / Lagerung:	Stabil in Stahl- oder Glasbehältern		(1)
	Unter Normalbedingungen stabil, jedoch empfindlich gegenüber Licht, Luftsauerstoff und Feuchtigkeit		(36)
	In Gegenwart von Eisen langsame Zersetzung, deshalb zur Lagerung in Bomben und Geschossen Stabilisatoren zugesetzt		(1)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxischer Hautkampfstoff		(1)
	Dringt rasch in Haut und Schleimhäute ein; nach wenigen Minuten Hautrötung, Blasenbildung, Lungenödem und Gewebsnekrosen; Kontakt mit Augen kann zur Erblindung führen; Apathie, Kollaps; Schädigungen von Leber, Nieren, Milz und Zentralnervensystem möglich		(36)
	Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen		(1)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(1)
	BAT	k.A.	
	ct	1500	(1)
	ICt50	intraokular: 300 mg x min/m ³	(1)
	LC	0,12 mg/l/10min (inhalativ)	(3)
	LCt	LCt50: 0,3 mg/l x min	(1)
	LD	LD50 10 mg/kg (oral)	(1)
		LD50 >40 mg/kg (dermal), 38 ppm (dermal)	(3)
	MAK	k.A.	
TC	TC50: 300 mg/m ³ /min Handlungsunfähigkeit;	(3)	
	TC50: 1500 mg/m ³ /min Hautschäden		
TD	0,3 mg/cm ² Blasen	(1)	

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Chronische Humantoxizität:	Konjunktivitis, Atemwegserkrankungen, neurologische Störungen, Degenerationserscheinungen der Leber und Nieren, Anämie; evtl. Symptome chronischer Arsenvergiftung wie Erkrankungen des Nervensystems, der Haut sowie Leber und Nierenschäden	(1)
	Arsenverbindungen inhibieren Pyruvat-Carboxylase, Pyruvat-Dehydrogenase, alpha-Ketoglutarat-Dehydrogenase, Malat-Dehydrogenase, Adenosintriphosphatase, Hexokinase, Succinat-Dehydrogenase	(3)
	Vgl. cis-Konfiguration	(x)
Kanzerogenität:	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind bei Menschen eindeutig krebserzeugend	(36)
Mutagenität:	k.A.	
Teratogenität:	k.A.	
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff	(3)
	Sehr gefährlicher Umwelt- und Wasserschadstoff; sinkt in Gewässern zu Boden; gelöster Anteil hydrolysiert unter Chlorwasserstoffabspaltung zu weniger hauttoxischem, unlöslichem 2-Chlorvinylarsinoxid unter pH-Absenkung; langfristig ist in der Umwelt mit Mineralisierung zu Arsenit, Arsenat und anderen Arsenverbindungen zu rechnen.	(36)
	Toxisch für Fische und andere Organismen	(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Entstehendes Acetylen gilt als unproblematisch, die entstehende arsenige Säure behält aber die arsenotypische Giftigkeit	(13)
	Chlorvinylarsinoxid ist weniger hautwirksam als Lewisit, aber unlöslich	(1)
	Vgl. cis-Konfiguration	
Bioakkumulationspotenzial:	Lewisit und seine Hauptabbauprodukte sind zwar extrem toxisch, reichern sich nicht in den Nahrungsketten an, jedoch Arsen, was das Endprodukt der vollständigen Mineralisierung repräsentiert	(21)
	Log Pow 2,97 (berechnet)	(36)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial (vgl. Clark)	(x)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: USA	(1)
	WK II: USA, F, UdSSR, JAP, GB	(1)
Einsatzmittel:	k.A.	
Taktische Gemische:	In Mischung mit bis zu 37% Anteil in Dichlordiethylsulfid (Senfgas) als Winterlost	(13)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 11,6 / H: 1,0 / As: 36,1 / Cl: 51,4	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 30% Natriumhydroxid in Wasser, ggf. unter Zusatz von 10% Alkohol / 5%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / gesättigte Hypochloritlösung	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	k.A.	
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2-Chlorvinyl-dichlorarsin; 2-Chlorvinylarsindichlorid	
	Gelbkreuz; Alpha-Lewisit	
England / USA:	Dichlor(2-chlorovinyl)arsine; Chlorvinylarsine dichloride	
	L-1; HL; Y; M-1; Dew of death (Todestau)	
Frankreich:	Beta-chlorvinyl-dichlorarsin; Dichloro-2-chlorovinylarsine	
	k.A.	
Russland:	Dichlor-2-chlorvinylarsin	
	R-5; P-5; R-43	

Bemerkung: (*) Laut Quelle (36) bildet sich aus dem trans-Isomer bei thermischer Einwirkung und UV-Bestrahlung die cis-Form; die trans-Konfiguration ist das überwiegende Isomer des Lewisit 1

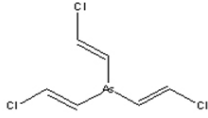
10.1.13 Lewisit II (CAS Nr. 40334-69-8)

Lewisit II (Nebenkomponente des Gemischs (Anteil etwa 10%))			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	40334-69-8		Summenformel: C ₄ H ₄ AsCl ₃
Molare Masse:	233,35 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,702 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	k.A.	(1)	
Siedepunkt:	230°C (Zersetzung)	(1)	
Dampfdruck:	38 Pa (40°C)	(3)	
Relative Dampfdichte:	8,1	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	3,4 g/m ³ (40°C)	(3)	
Aggregatzustand:	flüssig	(1)	
Geruch:	geranienartig	(1)	
Aussehen:	Reinform:	farblose bis bräunliche, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	dunkelbraune bis dunkelviolette, ölige Flüssigkeit; unter 10°C wird das technische Produkt merklich zähflüssiger	(1)
Löslichkeit:	Generell:	unbegrenzt löslich in Ethanol, Aceton, Benzol, Chloroform, Benzin, Olivenöl	(1)
	In Wasser:	schwach wasserlöslich unlöslich	(14) (1)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Hydrolysiert schon bei Normaltemperatur		(1)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolysiert zu Bis-(2,2-dichlordivinylarsin)-oxid und Salzsäure		(1)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	In Gegenwart von Feuchtigkeit werden Metalle durch gebildeten Chlorwasserstoff korrodiert		(1)
Stabilität / Lagerung:	Ist unter Normalbedingungen bei Ausschluss von Luft, Licht und Wasser beständig		(3)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte und an der Luft		(14)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxisch, Reizstoff, Lungen-, Haut-, Zell- und Kapillargift, Enzyminhibitor		(3)
	Die Reizwirkung ist stärker, die Hautwirkung schwächer als bei Lewisit I		(3)
	Reizung der Atemwege und Nasenschleimhäute; Lungenödem möglich; Schädigung bzw. Degeneration des Lungengewebes		(14)
	Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.	
	LCt	k.A.	
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Arsenverbindungen inhibieren Pyruvat-Carboxylase, Pyruvat-Dehydrogenase, alpha-Ketoglutarat-Dehydrogenase, Malat-Dehydrogenase, Adenosintriphosphatase, Hexokinase, Succinat-Dehydrogenase		(3)
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC, EG, TLV, MAK)		(14)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG, MAK)		(14)
Teratogenität:	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff; WGK 3 (Vorschlag)	(3)
	Stark wassergefährdend (WGK 3)	(14)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben	(14)
	Arsenverbindungen sind stark toxisch für Wasserorganismen	(3)
	Schwellenkonzentration für Fische und niedere Wasserorganismen: 1-9 mg/l	(3)
	Phytotoxische Grenzkonzentration für Arsen: 0,02- 7,5 mg/l	(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: stark toxisch (vgl. Lewisit I)	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
	Lewisit und seine Hauptabbauprodukte sind zwar extrem toxisch, reichern sich nicht in den Nahrungsketten an, jedoch Arsen, was das Endprodukt der vollständigen Mineralisierung repräsentiert	(21)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial (vgl. Clark)	(x)
Grenzwerte:	Arsen im Trinkwasser: Richtwert: n.n.; Grenzwert: 0,05 mg/l	(3)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: USA	(1)
	WK II: USA, F, UdSSR, JAP, GB	(1)
Einsatzmittel:	Siehe Lewisit I	(1)
Taktische Gemische:	Siehe Lewisit I	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 20,6 / H: 1,7 / As: 32,1 / Cl: 45,6	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 30% Natriumhydroxid in Wasser, ggf. unter Zusatz von 10% Alkohol / 5%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / gesättigte Hypochloritlösung	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung beim Spülen entfernen. Wunden mit sterilem Verband abdecken. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Wenn verbrannte Hautfläche > 10 %: zum Krankenhaus bringen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Opfer zum Augenarzt bringen.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Kein Erbrechen herbeiführen. Keine Medizinalkohle zugeben. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2,2-Dichlordivinylarsinchlorid; Dichlorvinylchlorarsin k.A.	
England / USA:	Bis(2-chlorovinyl)chlorarsine; Bis(2-chlorethenyl)arsinous chloride; Bis(2-chlorovinyl)arsinous chloride L-2; Lewisite II; Lewisit B	
Frankreich:	Bis(2-chlorovinyl)chlorarsine; Dichlorovinylarsine k.A.	
Russland:	Chlor-bis(2-chlorvinil)arsin k.A.	

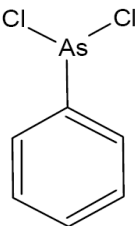
10.1.14 Lewisit III (CAS Nr. 40334-70-1)

Lewisit III (geringfügig enthaltene Nebenkomponente des Gemischs)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	40334-70-1		Summenformel: C ₆ H ₆ AsCl ₃
Molare Masse:	259,4 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,572 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	23°C	(3)	
Siedepunkt:	260°C (Zersetzung)	(1)	
Dampfdruck:	5,1 Pa (40°C)	(3)	
Relative Dampfdichte:	9,0	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	510 mg/m ³ (40°C)	(3)	
Aggregatzustand:	flüssig	(1)	
Geruch:	geranienartig	(1)	
Aussehen:	Reinform:	farblose bis bräunliche, ölige Flüssigkeit	
	Technisch:	dunkelbraune bis dunkelviolette, ölige Flüssigkeit; unter 10°C wird das technische Produkt merklich zähflüssiger	
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich in Benzol, Benzin, Chloroform, Olivenöl	
	In Wasser:	wasserunlöslich	
		50 g/l bzw. unlöslich	
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Reagiert nicht mit Wasser		(1)
	Hydrolyse in Wasser		(14)
Hydrolyseprodukte:	Wasserstoffchlorid		(14)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Korrosiv in Verbindung mit Feuchte durch Bildung von Wasserstoffchlorid		(14)
Stabilität / Lagerung:	Ist unter Normalbedingungen stabil		(3)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte und an der Luft		(14)
	Thermisch beständig noch bei 138 °C		(3)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxisch, Reizstoff, Lungen-, Haut-, Zell- und Kapillargift, Enzyminhibitor		(3)
	Reizung der Atemwege und Nasenschleimhäute; Lungenödem möglich; Schädigung bzw. Degeneration des Lungengewebes		(14)
	Dämpfe üben nur schwache Reizwirkung auf Augen und Schleimhäute der Atemwege aus		(1)
	Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	0,05 mg As/kg/d	(3)
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.	
	LCt	k.A.	
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Arsenverbindungen inhibieren Pyruvat-Carboxylase, Pyruvat-Dehydrogenase, alpha-Ketoglutarat-Dehydrogenase, Malat-Dehydrogenase, Adenosintriphosphatase, Hexokinase, Succinat-Dehydrogenase		(3)
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC, EG, TLV, MAK)		(14)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG, MAK)		(14)
Teratogenität:	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff; WGK 3 (Vorschlag)	(3)
	Stark wassergefährdend (WGK 3)	(14)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben	(14)
	Wirkt phytotoxisch; Phytotoxische Grenzkonzentration für Arsen: 0,02- 7,5 mg/l	(3)
	Arsenverbindungen sind stark toxisch für Wasserorganismen, Schwellenkonzentration für Fische und niedere Wasserorganismen: 1-9 mg/l	(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: stark toxisch (vgl. Lewisit I)	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
	Lewisit und seine Hauptabbauprodukte sind zwar extrem toxisch, reichern sich nicht in den Nahrungsketten an, jedoch Arsen, was das Endprodukt der vollständigen Mineralisierung repräsentiert	(21)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial (vgl. Clark)	(x)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: USA	(1)
	WK II: USA, F, UdSSR, JAP, GB	(1)
Einsatzmittel:	Siehe Lewisit I	(1)
Taktische Gemische:	Siehe Lewisit I	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 27,8 / H: 2,3 / As: 28,9 / Cl: 41,1	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 30% Natriumhydroxid in Wasser, ggf. unter Zusatz von 10% Alkohol / 5%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / gesättigte Hypochloritlösung	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung beim Spülen entfernen. Wunden mit sterilem Verband abdecken. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Wenn verbrannte Hautfläche > 10 %: zum Krankenhaus bringen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Opfer zum Augenarzt bringen.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Kein Erbrechen herbeiführen. Keine Medizinalkohle zugeben. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	1,1,1-Trichlortrivinylarsin; Trichlorvinylarsin	
	Gamma Lewisit	
England / USA:	Tris(2-chlorovinyl)arsine; Tris(2-chlorethenyl)arsine	
	L-3; L III; Lewisit C	
Frankreich:	Tris(2-chlorovinyl)arsine	
	k.A.	
Russland:	Tris(2-chlorvinil)arsin	
	k.A.	

10.1.15 Phenylarsindichlorid (Pffifikus) (CAS Nr. 696-28-6)

Phenylarsindichlorid (Pffifikus)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	696-28-6	Summenformel:	C ₆ H ₅ AsCl ₂
Molare Masse:	222,93 g/mol ⁽¹⁾	Strukturformel:	
Dichte (bei 20°C):	1,654 g/cm ³ ⁽³⁶⁾		
Schmelzpunkt:	-20 bis -15,6°C ⁽¹⁾		
	-20°C ⁽³⁶⁾		
Siedepunkt:	252 bis 257,6°C ⁽¹⁾		
	256°C ⁽³⁶⁾		
Dampfdruck:	1,9 Pa (15°C) ⁽³⁶⁾		
	0,8 mbar (50°C) ⁽³⁾		
Relative Dampfdichte:	7,7 ⁽³⁾		
Max. Sättigungskonz.:	4 g/m ³ ⁽³⁶⁾		
	6,6 g/m ³ (50°C) ⁽³⁾		
Aggregatzustand:	flüssig ⁽¹⁾		
Geruch:	scharf stechend ⁽¹⁾		
Aussehen:	Reinform:	farblose Flüssigkeit	⁽¹⁾
	Technisch:	verfärbt sich nach einiger Zeit gelb	⁽¹⁾
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich in Alkohol, gut löslich in Benzin, löslich in Aceton, Benzol und Ether	⁽³⁾
	In Wasser:	praktisch unlöslich	⁽³⁶⁾
		unlöslich	⁽¹⁾
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Keine Hydrolyse		⁽¹⁾
	Selbst bei höheren Temperaturen weitgehend hydrolysestabil		⁽³⁶⁾
	In alkalischem Milieu schnell und vollständig hydrolysierbar		⁽¹⁾
Hydrolyseprodukte:	Phenylarsinioxid und Salzsäure		⁽¹⁾
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Reagiert mit Wasser (Feuchte) unter Bildung giftiger und ätzender Gase/Dämpfe		⁽¹⁴⁾
	Greift bei Feuchtigkeit Metalle an		⁽¹⁴⁾
Stabilität / Lagerung:	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte		⁽¹⁴⁾
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Nasen-, Rachen- und Lungenreizstoff		⁽³⁾
	Wirkung entspricht im wesentlichen der von Lewisit; starke Reizung von Augen und oberen Atemwegen; Hautschädigung nicht so ausgeprägt wie bei Lewisit; Inhalation der Dämpfe führt zu Lungenödem, das in schweren Fällen tödlich endet		⁽³⁶⁾
	Giftig beim Einatmen und Verschlucken		⁽¹⁾
	Aufnahme über Augen, Haut, Lunge und oral über kontaminierte Speisen		⁽³⁾
	Mit Organschäden (Leber, Milz, Niere) und Schädigungen des Nervensystems muss gerechnet werden		⁽¹⁾
	Sehr giftig beim Hautkontakt, giftig beim Verschlucken und Einatmen, starke Reizwirkung auf Atemwege und Augengewebe		⁽¹⁴⁾
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	1800 mg x min/m ³ Blasenbildung, 16 mg x min/m ³ Erbrechen	⁽³⁾
	LC	LC50 1300 mg*min/m ³ (inhalativ)	⁽³⁾
	LCt	LCt50: inhalativ 2600 - 4000 mg x min/m ³ ; LCt50 1300 mg x min/m ³	⁽³⁾
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		

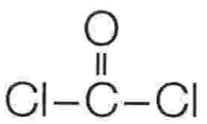
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Chronische Humantoxizität:	Organische Arsenverbindungen werden im Retikuloentel und in der Leber gespeichert und metabolisiert. Fünfwertiges Arsen wird im Organismus in die stärker toxische dreiwertige Form überführt. Ausscheidung des Arsens erfolgt über einen längeren Zeitraum über Galle, Stuhl und Urin.	(3)
	Chronische Einwirkung erzeugt Kontaktdermatitis und - auch ohne Reizwirkungen - typische Erscheinungen einer Arsenvergiftung bis hin zur Leberzyrrhose	(4)
Kanzerogenität:	Verschiedene anorganische Arsenverbindungen (die möglicherweise als Abbauprodukte in Erscheinung treten können) sind bei Menschen eindeutig krebserzeugend	(36)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)	(3)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK).	(3)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)	(14)
Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff; extrem toxisch für Wasserorganismen	(3)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben	(14)
	TC (Bitterling): 2 mg/l; ebenso Elritze	(3)
	PNEC _{water} Pfiffikus: 30 ng/l (Faktor nicht angegeben)	(36)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Reagiert mit Wasser unter Bildung von Gift/Schadstoffen	(14)
	Annahme: stark toxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Keine Angaben zur Bioakkumulation vorhanden	(14)
	Log Pow: 3,06	(36)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 1,66	(36)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial (vgl. Clark)	(x)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D	(1)
	WK II: D	(1)
Einsatzmittel:	Vgl. u.a. Senfgas, Clark I	(x)
Taktische Gemische:	Zu 50% Bestandteil von Arsinöl; laboriert in Mischung mit 50 % Dichlordiethylsulfid (Senfgas) als Winterlost; laboriert in Mischung mit Clark I	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 32,3 / H: 2,2 / As: 33,6 / Cl: 31,8	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10 bis 15% Natriumhydroxid in Wasser unter Zusatz von 20 cm ³ Perhydrol je Liter (stets frisch herzustellen) / 20% Natriumsulfid in Wasser (erhitzen auf 40 bis 60°C)	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus. <i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. <i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Opfer zum Augenarzt bringen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. <i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. <i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm).	(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)	
Deutschland:	Phenyldichlorarsin; Dichlorphenylarsin pf; BA; Pfiffikus; Blaukreuz I
England / USA:	Phenyldichlorarsine; Dichlorophenylarsine DJ; PD; TL 69; MA
Frankreich:	Phenyldichlorarsine; Dichlorophénylarsine Di; Sternite
Russland:	k.A. k.A.

10.1.16 Phosgen (CAS Nr. 75-44-5)

Phosgen			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	75-44-5		Summenformel: COCl ₂ ⁽¹⁾ bzw. CCl ₂ O ⁽¹⁵⁾
Molare Masse:	98,92 g/mol	(3)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	0,0044 g/cm ³ , bei 0°C 1,376 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	-127,9 bis -118°C (*)	(1)	
	-133,96 bis -131,06°C	(15)	
Siedepunkt:	7,5 bis 8,2°C	(1)	
	8,0 +/- 0,3°C	(15)	
Dampfdruck:	1600 hPa	(36)	
Relative Dampfdichte:	3,42	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	3200 g/m ³ bei 0°C	(36)	
	6370 g/m ³ bei 20°C	(36)	
Aggregatzustand:	gasförmig		
Geruch:	moderig, süßlich		(14)
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	bei Atmosphärendruck und 20°C farbloses Gas; bei 8°C wasserklare Flüssigkeit	
	<i>Technisch:</i>	technisch schwach gelb oder rotgelb gefärbt	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich u.a. in Benzol, Aceton, Chloroform, Essigsäure, Halogenalkanen, Benzin	
	<i>In Wasser:</i>	0,1 g/l	(14)
		0,9 g/l	(36)
	gering, 0,9%	(3)	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Schnelle Hydrolyse in Wasser (in 20 Sekunden bei 0°C in 100 g Wasser 1 g Phosgen vollständig hydrolysiert)		(3)
	Langsam bis sehr langsam verlaufende Hydrolyse		(14)
	Halbwertszeit von 0,4 bis 1 Sekunden bei 2°C, 0,1 bis 0,2 s bei 25°C Wassertemperatur		(15)
	pH 7: schnelle Hydrolyse; pH > 7 sehr schnelle Hydrolyse		(19)
	Langsame Hydrolyse in Frischwasser		(21)
	Katalytische Beschleunigung durch Aktivkohle		(3)
	Hydrolyse von gasförmigem Phosgen in Atmosphäre mit Wasserdampf ist gering. Erst nach Stunden merkliche Abnahme der Phosgenkonzentration.		(3)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu Kohlendioxid und Salzsäure		(1)
Hydrolyse in Seewasser:	Grundsätzlich schnelle Hydrolyse, allerdings eventuelle Verzögerung durch langsame Auflösungs-/Durchmischungseffekte		(13)
	Vernachlässigbare Auswirkungen des Hydroxids bei pH 8 (etwa pH von Salzwasser), Hydrolysegeschwindigkeit in Meerwasser ähnlich Süßwasser		(15)
	Im Vergleich zu Frischwasser (s.o.) schnelle Hydrolyse in Meerwasser		(21)
Korrosionsverhalten:	Greift Zink, Aluminium und Kupfer auch trocken an, feuchtes Phosgen greift alle Metalle an		(36)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen stabil unter Ausschluss von Licht und Feuchtigkeit		(1)
	Ebenso wie Chlor bei Raumtemperatur verflüssigbar		(20)
	Aufbewahrung verflüssigt in Stahlzylindern		(36)
	Bei Kontakt mit Eisen bildet sich nach längerer Zeit das ebenfalls toxische Eisenpentacarbonyl		(1)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

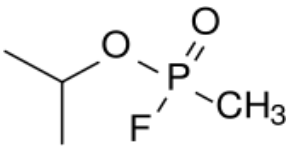
Toxizität / Ökotoxizität				
Akute Humantoxizität:	Extrem toxisches Lungengift		(36)	
	Latenzzeit oft mehrere Stunden		(3)	
	Verätzung der Atemwege, Haut und Lunge; Lungenödem auch mit Verzögerung möglich; verstärkte Giftwirkung durch Bewegung		(14)	
	Aufnahme über die Lunge, wird über die Haut resorbiert.		(3)	
	In Kontakt mit Wasser/Feuchte: ätzend. Verätzt die Augen. Starke Reizwirkung auf die Haut, in hohen Konzentrationen toxisches Lungenödem, Exitus durch Asphyxie oder Kreislaufversagen		(3)	
	Akut toxische Effekte bei Inhalation: 3-5 ppm bzw. 12-20 mg/m ³ Reizung der Augen, Rachen sowie obere Atemwege; 62 ppm bzw. 251 mg/m ³ tödlich bei Exposition von 30 min; 500 ppm bzw. 2022 mg/m ³ letal binnen einer Minute		(31)	
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.		
	BAT	k.A.		
	ct	Abweichende Literaturangaben: inhalativ: 450 - 5000 mg x min/m ³		(3)
		3200 mg x min/m ³		(26)
		450 mg x min/m ³		(17)
	ICt50	1,6 mg/l x min	(3)	
	LC	500 mg/m ³ (10 min); 1,75 ppm lebensgefährlich; LC50 inhalativ: 3300 mg/m ³		(3)
		Inhalativ: 20 - 100 mg/m ³ (30 bis 60 min); 200 - 400 mg/m ³ (einige Minuten)		(36)
	LCt	LCt50 inhalativ: 3,2 mg/l x min	(3)	
	LD	6 mg/l (1 min) (inhalativ)	(3)	
	MAK	0,02 ml/m ³ bzw. 0,082 mg/m ³		(14)
		0,4 mg/m ³		(36)
WEL-Werte (UK): LTEL 0,02 ppm bzw. 0,08 mg/m ³ ; STEL 0,06 ppm bzw. 0,24 mg/m ³		(31)		
TC	Inhalativ: 25 ppm/30min	(3)		
TD	k.A.			
Chronische Humantoxizität:	Nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK-Wertes		(3)	
	Mögliche Effekte auf Lunge; Bildung von Funktionsstörungen, Lungenfibrose		(14)	
Kanzerogenität:	Keine Hinweise auf karzinogene Wirkung; allerdings liegt nur eine Tierstudie vor, die hinsichtlich der Interpretation auf eine karzinogene Wirkung inadäquat ist		(31)	
	Keine Aufstufung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK).		(3)	
Mutagenität:	Keine Hinweise auf mutagene Wirkung; allerdings auch keine Informationen über entsprechende Tier- bzw. in vitro Versuche		(31)	
	Keine Aufstufung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)	
Teratogenität:	Keine Hinweise auf teratogene Wirkung; allerdings keinerlei verfügbare Berichte über reproduktive Effekte in irgendeinem Tiermodell		(31)	
	Nicht fruchtschädigend bei Einhaltung des MAK-Wertes		(3)	
Aquatische Toxizität:	Wassergefährdungsklasse WGK 2 „wassergefährdend“		(14)	
	Substanz darf aufgrund ihrer Persistenz unter keinen Umständen in die Umwelt gelangen		(14)	
	Die sehr schnelle Hydrolyse macht einen direkten Kontakt mit marinen Organismen unwahrscheinlich; die Hydrolyseprodukte werden unter normalen marinen Umweltbedingungen im Kontext versenkter Kampfmittel wohl nicht in toxischer Konzentration auftreten.		(15)	
	Ab 25 mg/l tödlich für Fische		(3)	
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Die entstehende Salzsäure wird u.a. in leicht alkalischem Wasser (wie in der Ostsee) selbst bei niedrigen Temperaturen rasch neutralisiert		(13)	
	Freigesetzte Salzsäure: schwach wassergefährdend (WGK 1)		(36)	
	Annahme: mindertoxisch		(x)	
Bioakkumulationspotenzial:	Hinweis in Literatur, dass Phosgen von Bodenpartikeln adsorbiert wird		(15)	
	Literatur meldet nicht bioakkumulierbar		(3)	
Grenzwerte:	Trinkwasser Grenzwert UK: Bildung von HCL sollte einen pH- Wert von 6,5 nicht unter- bzw. 250 mg/l Chloridionen nicht überschreiten		(31)	

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D	(1)
	WK II: D, USA, GB, F, ITA, JAP, CAN, UdSSR	(1)
Einsatzmittel:	Gaswerferflaschen, Zylinder, Artillerie- und Wurfgranaten, Minen, Bomben, Raketen	(1)
	KC 250 II Gr (100 kg Phosgen) sowie KC 500 II Gr (200 kg Phosgen)	(36)
Taktische Gemische:	Laboriert in Mischung mit Metallchloriden, Perstoff (Diphosgen), Chlorkipkrin oder Clark I; Mischung in Geschossen mit 40-60% Arsenrichlorid (WK I); auch Adamsit oder Chloracetophenon (WK II)	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 12,1 / O: 16,2 / Cl: 71,8	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	5 bis 10%ige Alkalilaugen / alkalische Natriumsulfidlösungen / Hexamethylentetramin	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Jeden Kontakt vermeiden! In allen Fällen ärztliche Behandlung notwendig! Symptome des Lungödems treten häufig erst nach einigen Stunden auf, verstärkt bei körperlicher Anstrengung. Ruhe und ärztliche Beobachtung erforderlich. Zuvor Applikation eines Bronchospasmolytikums durch einen Arzt oder eine von ihm hierzu ermächtigte Person erwägen.</p> <p><i>Inhalation:</i> Frischluft. Ruhe. Aufrecht lagern. Künstliche Beatmung, falls notwendig. Ärztlicher Behandlung zuführen.</p> <p><i>Haut:</i> Kontaminierte Kleidung entfernen. Haut mit viel Wasser spülen oder duschen. Ärztlicher Behandlung zuführen. Bei Erste-Hilfe- Maßnahmen Schutzhandschuhe tragen.</p> <p><i>Augen:</i> Augen einige Minuten lang mit viel Wasser spülen (vorher möglichst Kontaktlinsen entfernen). Verletzten zum Arzt bringen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Kohlensäuredichlorid; Chlorkohlensäure; Chlorphosgen; Carbonylchlorid	
	F; Apfelgas; Grünkreuz; Grün-Ring; D-Stoff (in Minen)	
England / USA:	Phosgene; Carbon oxychloride; Carbonyl chloride; Carbonic dichloride (CAS); Carbonyl dichloride (IUPAC)	
	CG; CBR; PG (Gemisch mit Chlorkipkrin); White-Star (Gemisch mit Chlor); Choking agent; Yellow Star	
Frankreich:	Phosgene; Chlorure de carbonyle	
	Collongite; Callongite	
Russland:	Fosgen; Chlorokis'ugleroda	
	Stoff Nr. 25	

Bemerkung: (*) Die niedrigeren Schmelztemperaturen (insb. - 118°C) basieren laut (15) wahrscheinlich auf verunreinigtem Phosgen.

10.1.17 Sarin (CAS Nr. 107-44-8)

Sarin			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	107-44-8		Summenformel: C ₄ H ₁₀ FO ₂ P
Molare Masse:	140,10 g/mol	(15)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	1,0887 g/cm ³	(1)	
	1,0087 g/cm ³ (25°C)	(23)	
	1,0946 g/cm ³	(36)	
Schmelzpunkt:	-56 bzw. -57°C	(1)	
Siedepunkt:	147°C bzw. 158°C	(15)	
	151,5°C	(16)	
Dampfdruck:	200 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	4,84	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	11 g/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(3)	
Geruch:	schwach fruchtartig		(14)
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose Flüssigkeit bei Raumtemperatur	(1)
	<i>Technisch:</i>	gelbbraun; bei Zusätzen auch dickflüssige bis pastöse Konsistenz	(1)
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	unbegrenzt löslich in Alkoholen, Toluol, Benzol, Halogenalkanen; sehr gut löslich in Lipoiden	(1)
	<i>In Wasser:</i>	100 g/l	(14)
		leicht bis unbegrenzt löslich	(1)
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Relativ rasche Hydrolyse in stark saurem und stark alkalischen Milieu (wenige Minuten)		(1)
	Zersetzt sich langsam unter Einwirkung von Wasser/Feuchte		(14)
	Mehrere Stunden bis zu Tagen in pH-Bereichen von 3 bis 7/8 (stark pH-abhängig); (max. 175h Halbwertszeit bei pH 6,5)		(1)
	In Süßwasser bei pH 7,5 bei 4°C 453h		(1)
	pH 7: sehr langsame Hydrolyse; pH > 7 sehr schnelle Hydrolyse		(19)
	Bei 20°C und natürlichem Wasser: Halbwertszeitschätzwerte 461 h (pH 6,5) bis 46 h (pH 7,5); bei 0°C und pH 6,5 Halbwertszeitschätzwert von 8300 h		(21)
	Die Hydrolyserate wird unter natürlichen Bedingungen durch die produzierten Säuren beschleunigt, ebenso durch die in Seewasser enthaltenen Metallkationen wie Kupfer und Mangan		(21)
	Alkohole bewirken eine Hemmung der Hydrolyse		(1)
Hydrolyseprodukte:	In Wasser Hydrolyse zu Methylphosphonsäure und Fluorwasserstoff		(1)
	Isopropylmethylphosphonsäure (IMPA, CAS-Nr. 1832-54-8), Methylphosphonsäure (MPA, CAS-Nr. 993-13-5) sowie als Verunreinigung Diisopropylmethylphosphonat (DIMP, CAS-Nr. 1445-75-6)		(21)
Hydrolyse in Seewasser:	30 min. bei 25 °C und pH 7,9		(3)
	Halbwertszeit: 15,9 h bei 0,2°C		(15)
	Die Hydrolyse in Seewasser wird durch die enthaltenen Metallkationen im Vergleich zu Süßwasser beschleunigt		(21)
Korrosionsverhalten:	Geringe Korrosion von Stahl		(1)
Stabilität / Lagerung:	Bei Normaltemperatur unter Ausschluss von Licht und Feuchtigkeit relativ beständig		(1)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte		(14)
	Eventuell hygroskopisch und für längere Lagerung - besonders in Metallgefäßen - Stabilisierung erforderlich		(1)

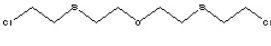
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Hochgiftiges Nervengas, greift das zentrale Nervensystem an		(14)
	Extrem giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		(1)
	Hemmung der Acetyl- und Butyrylcholinesterase sowie allgemeintoxische Wirkungen auf das Zentralnervensystem		(3)
	Die Symptome der akuten Wirkung entsprechen denen von Tabun		(36)
	Tod durch Atemlähmung oder Herz-Kreislaufversagen. Bei Überlebenden häufig psychoneurologische Spätschäden		(3)
	Frz. Artillerieversuche mit Saringranaten: Substanz in Abzugsrichtung noch in 10 bis 15 km Entfernung von der Explosionsstelle wirksam		(16)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 150 mg x min/m ³	(3)
		Inhalativ: 100 mg x min/m ³	(20)
	ICt50	Inhalativ: 0,02-0,055 mg/l x min	(3)
	LC	LC100 150 mg/m ³ /min	(1)
	LCt	LCt100: 150 mg x min/m ³ ; LCt50 percutan: 1700 mg, 12 g x min/m ³ ; inhalativ: 0,07-0,1 mg/l x min	(3)
		LCt50: inhalativ in Ruhe: 100 mg x min/m ³ ; in Bewegung: 20 mg x min/m ³	(20)
	LD	0,14 ppm; LD50 100 mg/m ³ (1 min) (inhalativ), LD50 (oral) 0,14 mg/kg (geschätzt)	(3)
		LD50 (perkutan) 28 mg/kg, (inhalativ) 70 mg/m ³	(23)
MAK	k.A.		
TC	Inhalativ: 1 mg/m ³ (1 min) Miosis, leichte Vergiftung; TC50 40 mg/m ³ /min schwere Vergiftung	(3)	
TD	Oral: 22 µg/kg leichte Vergiftung; dermal 0,103 ppm;	(3)	
Chronische Humantoxizität:	Die Symptome der chronischen Wirkung entsprechen denen von Tabun		(36)
	Nach wiederholter subtoxischer oder unterschwelliger Intoxikation kann plötzlich ein gefährlicher Vergiftungsgrad erreicht werden		(3)
	Bei chronischer Exposition kumulative Wirkung		(3)
	Schätzwert für RfD (oral) für Sarin: 0,02 µg/kg/d		(21)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: IMPA: RfD: 100 µg/kg/d, RfC: 110 µg/m ³ ; MPA: RfD: 20 µg/kg/d, RfC: 24 µg/m ³ ; DIMP: RfD: 80 µg/kg/d		(21)
Kanzerogenität:	Kein positiver Befund im Tierversuch		(3)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK).		(14)
Mutagenität:	Kein positiver Befund im Tierversuch		(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(14)
Teratogenität:	Kein positiver Befund im Tierversuch		(3)
	Geringe Hinweise auf potenzielle Teratogenität oder Fetotoxizität von phosphororganischen Nervenkampfstoffen; bisher aber kein direkter Beleg		(23)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff		(3)
	Stark wassergefährdend (WGK 3), sehr giftig für Fische		(14)
	Extrem toxisch für Warmblüter und Wasserorganismen		(3)
	Hochtoxisch für Frischwasserfisch (LC50 kleiner 1 mg/l); 1-2 µg/l		(15)
	Goldfisch: LC 50 (96h): 9,8 µg/l; Dickkopflritzen: LC 50 (96h): 4,4 µg/l		(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Die Toxizitätswerte für IMPA, dem unmittelbaren Hydrolyseprodukt, liegen 5 bis 6 Größenordnungen über den von Sarin selbst im Bereich von etwa 100 mg/l; das aus IMPA entstehende MPA hat praktisch keine toxische Wirkung mehr		(15)
	Die Abbauprodukte werden in ihrer akuten Toxizität als eher ungiftig eingestuft; IMPA ist akut und chronisch gering toxisch (LD50 für Säugetiere etwa 5600 mg/kg); DIMP: geringe akute Toxizität und vernachlässigbare chronische- und Reproduktionstoxizität, aber leichte Phytotoxizität sowie geringtoxisch für Vögel und aquatische Organismen		(21)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: IMPA: RfD: 100 µg/kg/d, RfC: 110 µg/m ³ ; MPA: RfD: 20 µg/kg/d, RfC: 24 µg/m ³ ; DIMP: RfD: 80 µg/kg/d		(21)
	Annahme: mindertoxisch		(x)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Bioakkumulationspotenzial:	In Tieren erfolgt keine Anreicherung über die Nahrungskette; wird von Pflanzen schnell aus Nährlösung aufgenommen und in allen Pflanzenteilen verteilt	(3)
	Log Pow (berechnet): 0,72	(36)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 0,72 (vgl. vorangehend Quelle (36))	(3)
	Log Pow: 5,2	(3)
	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: keine (noch nicht bekannt)	(1)
	WK II: im Labormaßstab (stark widersprüchliche Aussagen in der Literatur)	(1)
Einsatzmittel:	Artilleriegranaten, Mörsergeschosse, Landminen, Sprühtanks, Raketen	(1)
Taktische Gemische:	Versetzung mit verschiedenen Stabilisatoren zur Verhinderung der Spontanhydrolyse	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 34,3 / H: 7,1 / F: 13,6 / O: 22,8 / P: 22,1	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Natriumhydroxid in 30%igem Methanol oder Spiritus / 20% Natriumhydroxid in Wasser / 15% Ammoniak in Wasser / gesättigte Natriumhypochloritlösung durch Einleitung von Chlor in Natronlauge unter Kühlung / 3%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / 10% Natriumcresolat oder -phenolat in 50%igem Methanol oder Spiritus / katalytische Zersetzung durch Aquohydrokomplexe der seltenen Erden oder Cu(II)-chelatkomplexe	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Sofort mit viel Wasser spülen. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Keine Mund-zu-Mund-Beatmung anwenden. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Spezifische Behandlung ist erforderlich.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Arzt: Zugabe eines chemischen Antidots. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Methylfluorphosphonsäureisopropylester; Propoxy(2)methylphosphorylfluorid; Phosphorsäureester	
	T-46; T 144; T-Stoff; G-Stoff; Trilon 46; Trilon 144; Gelan III; Grün-Ring	
England / USA:	Isopropyl methylphosphonofluoridate (IUPAC); Sarin; Phosphonofluoridic acid (CAS)	
	GB; MFI; Sarin; Nerve Agent	
Frankreich:	Isopropylmethylfluorophosphonate; Sarine	
	k.A.	
Russland:	Izopropil-metilftorfosfonat	
	R-35	

10.1.18 Sauerstofflost (CAS Nr. 63918-89-8)

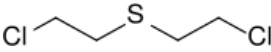
Sauerstofflost			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	63918-89-8		Summenformel: C ₁₀ H ₁₆ OS ₂
Molare Masse:	263,3 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,231 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	10°C	(1)	
Siedepunkt:	174°C (270 Pa)	(36)	
Dampfdruck:	0,023 Pa (25°C)	(36)	
Relative Dampfdichte:	9,1	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	2,4 mg/m ³ (25°C)	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(3)	
Geruch:	geruchlos	(3)	
Aussehen:	Reinform:	farblose, ölige Flüssigkeit	
	Technisch:	k.A.	
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich in Benzol und Aceton; wenig löslich in Alkohol	
	In Wasser:	praktisch unlöslich	
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Hydrolysiert (keine weiteren Details)		(3)
	Der gelöste Anteil hydrolysiert über 2-(2-Chlorethylthio)-2'-(2-Hydroxyethylthio)- zu 2,2'-Bis(2-Hydroxyethylthio)-diethylether, der mit dem Ausgangsprodukt Mono- und Disulfoniumsalze bildet, die mit einer Halbwertszeit von 3,4 Tagen langsamer als die Ausgangsverbindung hydrolysieren		(36)
Hydrolyseprodukte:	2,2-Bis-(2-Hydroxyethylthio)-diethylether		(3)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Korrosierende Wirkung durch Bildung von Salzsäure in Gegenwart von Wasser		(1)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen bei Ausschluss von Licht, Wasser und Luftfeuchtigkeit stabil		(1)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	U.a. extrem toxisches Haut-, Lungen- und Zellgift		(1)
	In der hautschädigenden Wirkung etwa 3,5 mal wirksamer als Senfgas; analoge Symptome		(36)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	50 mg x min/m ³	
	LC	LCL0: 400 mg/m ³ (inhalativ)	
	LCt	k.A.	
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	U.a. Lungenemphysem, Herzrhythmusstörungen, Leberschädigung, Depressionen, Schädigungen des Knochenmarks		(1)
	Die chronische Wirkung und Nachkrankheiten entsprechen den für Senfgas beschriebenen		(36)
Kancerogenität:	Kancerogene Wirkung darf in Analogie zu Senfgas erwartet werden		(1)
	Wie alle Lose ein Alkylans, das eine karzinogene Wirkung erwarten lässt		(36)
Mutagenität:	Mutagene Wirkung belegt		(1)
	Nachweis von Non-disjunction und/oder Chromosomenverlust positiv		(14)
	Mutagenität gegenüber der Drosophila melanogaster (schwarzbäuchige Taufliège) erwiesen		(36)
Teratogenität:	U.a. Sex-Chromosomen-Verlust		(3)
	k.A.		

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff (Vorschlag WGK 3)	(3)
	Ungelöster Sauerstofflost sinkt im Wasser zu Boden und ist besonders in stehenden Gewässern über lange Zeit beständig	(1)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: mindertoxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Log Pow (berechnet): 3,71	(36)
	Annahme: geringes Bioakkumulationspotenzial (vgl. Senfgas)	(x)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: keine	(1)
	WK II: GB, D, USA	(1)
Einsatzmittel:	Vgl. Senfgas	(x)
Taktische Gemische:	Laboriert in Mischung mit Senfgas als Winterlost	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	unklar -> Berechnung auf Basis der Summenformel ergibt bei Weitem keine 263 g/mol	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	k.A.	
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2,2'-Bis-(-2-chlorethylthio-)-diethylether; Bis-(2-chlorethylthioethyl)-ether	
	OB (Gemisch aus 60 % S-Lost und 40 % Sauerstofflost); Sauerstoffyperit; Winterlost; O-Lost (siehe Verwechslung mit Oxolost ->Senfgas (*))	
England / USA:	Bis-(2-chloroethyl)ether	
	T; H; T 724; HT (Gemisch aus S-Lost und Sauerstofflost)	
Frankreich:	k.A.	
	k.A.	
Russland:	Bis-(2-chloretiltioetilovy)efir	
	k.A.	

Bemerkung: (*) Laut Quelle (36) fällt der 3,5 mal stärker als Senfgas wirkende Sauerstofflost bei der Senfgasherstellung nach dem Oxolverfahren als Nebenprodukt an; hierauf beruht wohl auch die mißverständliche Doppelkennzeichnung "O-Lost" sowohl für Senfgas als auch Sauerstofflost.

10.1.19 Senfgas (S-Lost) (CAS Nr. 505-60-2)

Senfgas (S-Lost, Yperit)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	505-60-2		Summenformel: C ₄ H ₈ Cl ₂ S
Molare Masse:	159,08 g/mol	(15)	
Dichte (bei 20°C):	1,27 bis 1,28 g/cm ³	(1)	
Schmelzpunkt:	13,5 bis 14°C (*)	(1)	
	14,46 +/- 0,04°C	(15)	
Siedepunkt:	216 bis 227,8°C	(1)	
	216,9 +/- 0,2°C	(15)	
	219°C	(20)	
Dampfdruck:	9,2 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	5,5	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	600 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(3)	
Geruch:	senfähnlich	(1)	
Aussehen:	Reinform:	farblose, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	bei geringer Verunreinigung gelblich; bei niedriger Temperatur etwas zähflüssig	(1)
Löslichkeit:	Generell:	unbegrenzt löslich in Benzin; leicht löslich in allen organischen Lösungsmitteln wie Alkoholen, Benzol, Chloroform, Aceton, Halogenalkanen; leicht löslich in Ölen und Fetten	(1)
	In Wasser:	sehr schwer löslich; 0°C: 0,3 g/l; 10°C: 0,7 g/l; 20°C: 0,8 g/l; gelöste Mengen reichen aber für Vergiftungserscheinungen (schwere Hautschädigungen: Blasenbildung und Nekrosen bei 0,1 mg/l)	(3)
		680 mg/l bei 25°C	(33)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Sehr langsame Hydrolyse		(1)
	110 min 99% Hydrolyse bei 20°C, 300 min bei 10°C (Laborbedingungen); Halbwertszeit von gelöstem (!) Lost in Wasser bei 20°C etwa 15 Minuten		(36)
	pH 7: sehr langsame Hydrolyse; pH > 7 langsame Hydrolyse		(19)
	Vollständige Hydrolyse einer Senfgaslösung: 10°C: 2 bis 3 Tage; 15°C: 2 bis 4 h; 95°C: 10 bis 15 min		(19)
	Saures Medium verringert Hydrolysegeschwindigkeit		(1)
	Kann unter Wasser jahrelang wirksam bleiben		(1)
	Unterhalb des Schmelzpunktes fest, dadurch verlangsamte Hydrolyse		(21)
	Ausbildung einer elastischen "Lederhaut" bzw. "Kokosnusseffekt" durch Hydrolyseprodukte und evtl. enthaltene Verdickungsmittel (z.B. bei Zähllost) sowie Sandanhaftungen		(11)
	Im Wasser abgesunkenes Senfgas und Zähllost werden regelrecht konserviert; Hydrolyse findet nur an den Phasengrenzen statt, wobei die entstehende dritte Phase den Kampfstoff im Inneren vor weiteren hydrolytischen Angriffen schützt		(36)
Daten zur Hydrolysegeschwindigkeit in der Literatur sind zumeist unter Laborbedingungen gewonnen, d.h. sie sind i.d.R. nicht übertragbar auf die realen Umweltbedingungen		(3)	
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse in Abhängigkeit der Senfgaskonzentration in wässriger Lösung über verschiedene Zwischenprodukte hauptsächlich zu den Endprodukten Salzsäure und Thiodiglycol (TDG, CAS-Nr. 111-48-8)		(15)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Hydrolyse in Seewasser:	Die sehr geringe Löslichkeit ist bezüglich der Hydrolyse der bestimmende Faktor; sie ist vom Salzgehalt, Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit und weiteren Faktoren abhängig; der Abbau kann Wochen oder Jahre dauern	(13)	
	Hydrolyse in Seewasser erheblich langsamer als in reinem Wasser; trotz der recht schnellen Hydrolyse im Rahmen von Laboruntersuchungen überdauert Senfgas unter Wasser oftmals Jahrzehnte	(15)	
	Halbwertszeiten in Seewasser: 175 min bei 5°C, 49 min bei 15°C, 15 min bei 25°C	(15)	
	Halbwertszeit in Salzwasser: 60 min bei 25°C	(36)	
	Im Falle von Zähllost und der resultierenden "Kruste" aus den wasserunlöslichen Verdickungsmitteln dauert die Hydrolyse in Abhängigkeit der Größe des "Klumpens" mehrere Jahre	(13)	
Korrosionsverhalten:	Wirkt verunreinigt/feucht korrodierend auf Eisen und Stahl	(1)	
	Sonstige Metalle werden nicht angegriffen	(1)	
Stabilität / Lagerung:	Sehr stabile Verbindung	(1)	
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte	(14)	
	Langsame Hydrolyse in Lagerungsgrößbehältern beobachtet; nach 40 Jahren Lagerung noch 89,2% der Ausgangsmenge unverändert	(21)	
	Stabil bei Lagerung in Stahl- und Aluminiumbehältern	(1)	
	Kann mit metallischen Lagerbehälterwänden Metallkomplexverbindungen bilden	(21)	
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Extrem toxischer Reizstoff, Hautgift, Lungengift, ZNS-Gift, Zellgift, Enzyminhibitor	(3)	
	Wirksam in allen Aggregatzuständen, auch nach jahrelanger Lagerung	(3)	
	Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut	(1)	
	Lost-Intoxikation betrifft immer den gesamten Organismus; erhebliche Nacherkrankungen	(3)	
	Ödem des oberen Respirationstraktes möglich, Lungenödem möglich; Schädigung bzw. Degeneration des Lungengewebes	(14)	
	Veränderungen des funktionellen Zustandes der Großhirnrinde bei kutaner Aufnahme weitaus eher zu verzeichnen als Hautverletzung selbst	(16)	
	Symptomloses Eindringen in Haut und Schleimhäute, Latenzzeit ohne Symptome bis zu 24 Stunden; schmerzhafte Blasen- und Geschwürbildung, Bewußtlosigkeit	(36)	
	Als Nacherkrankungen sind Leber- und Herzdegeneration, gastrointestinale Störungen, Neurosen sowie Anfälligkeit für Sekundärkrankheiten zu nennen	(36)	
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	Inhalativ: 1500 mg x min/m ³	(17)
		Maximalwert symptomlos: 50 mg x min/m ³ ; 70 mg x min/m ³ geringe Rötung der Augen; 100 mg x min/m ³ teilweise Handlungsunfähigkeit aufgrund des Effektes auf die Augen; 200 mg x min/m ³ völlige Handlungsunfähigkeit aufgrund der Effekte auf die Augen (**)	(24)
	ICt50	200 mg x min/m ³ , 2000 mg x min/m ³ (percutan)	(3)
	LC	12 mg/m ³ (1 min) (inhalativ); LC50: 1500 mg/m ³ (inhalativ)	(3)
	LCt	LCt100: 0,06-0,15 mg/l x min; LCt50: >10000 mg x min/m ³ (dermal), 10 mg/l bzw. 10 g x min/m ³ x min (percutan), 1,5 mg/l x min (inhalativ)	(3)
	LD	0,67 mg/kg (oral), 50 mg/kg (percutan), 70 mg/m ³ für 20 min (inhalativ)	(3)
	MAK	k.A.	
	TC	1,3 mg/m ³ /45 min (inhalativ) Konjunktivitis; TC50: 150 mg/m ³ /min schwere Vergiftung	(3)
TD	0,1 mg/cm ² Blasenbildung	(3)	
	250 - 500 µg/cm ² über 5 min führen zur Blasenbildung, wobei etwa 80% vor Eindringen in die Haut evaporieren und somit real Konzentrationen von 6 µg/cm ² bereits eine Blasenbildung verursachen können.	(24)	

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Chronische Humantoxizität:	Asthmatische Erscheinungen, Lungenemphysem, Herzrhythmusstörungen, Leberschäden, Schädigungen von Knochenmark und Gonaden (Hoden/Eierstöcke), Depressionen, allgemeiner Kräfteverfall sowie verstärkte Anfälligkeit für Infektionen	(36)
	Chronische Toxizitätswerte Senfgas: RfD: 0,007 µg/kg/d (Schätzwert)	(21)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: TDG: RfD: 400 µg/kg/d; RfC: 469 µg/m³	(21)
	Annahme: hochtoxisch; vgl. u.a. kanzerogenes, mutagenes und teratogenes Potenzial sowie sonstige signifikante Nacherkrankungen.	(x)
Kanzerogenität:	Krebserregend beim Menschen	(14)
	Insbesondere deutlich erhöhte Krebsraten im Bereich der Atemwege bei wiederholter Aufnahme; hinsichtlich des Respirationstraktes nicht ganz eindeutig bei singulärer Aufnahme	(24)
	Gehäuftes Auftreten von Bronchial- und Nasennebenhöhlenkarzinomen sowie Karzinomen der Mundhöhle und des Kehlkopfes	(36)
	Einstufung Kanzerogenität der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft): III A1 (eindeutig krebberregend)	(3)
Mutagenität:	Im Tierversuch nachgewiesen	(14)
	Nachgewiesen bei menschlichen HELA-Zellen sowie Leukozyten	(14)
	Verdacht der Reaktion von Senfgas mit den Phosphatgruppen der DNS, allerdings nicht belegt	(22)
	Senfgas verbindet sich mit Nukleinsäuren und schädigt so die DNS, es kommt zu Kodierungsfehlern, die Proteinsynthese wird beeinträchtigt, die Zellteilung scheitert und die Zellen sterben letztendlich eventuell ab.	(24)
	Mutationen bei Drosophila melanogaster (sog. schwarzbäuchige Taufliege, bevorzugtes Forschungsobjekt in der Genforschung), Ratten (100 µg/m³ für 12 Wochen) und anderen Organismen; ebenso Chromosomenaberrationen	(36)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Teratogenität:	Im Tierversuch nachgewiesen, u.a. Wirkung auf Spermatogenese und Fetustoxizität	(14)
	Fetotoxische Effekte bei der Ratte nachgewiesen	(36)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)	(14)
	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff	(1)
	Stark wassergefährdend (WGK 3)	(14)
	Die Toxizitätswerte für Wasserorganismen (u.a. Daphnia Magna bis hin zu Frischwasserfisch) liegen im ppb (µg/l) bis wenige ppm (mg/l) Bereich (z.B. LC50 für Frischwasserfisch: 2 mg/l)	(15)
	Keine akute Toxizität von gelöstem Senfgas unterhalb 1 mg/l (also im Bereich der Wasserlöslichkeit) für Frisch- und Salzwasserorganismen; allerdings für manche Algen bereits akut toxisch. Somit Toxizität limitiert durch recht geringe Löslichkeit.	(21)
	Wasserlöslichkeit ausreichend um stehende Gewässer bei großen Mengen monatelang zu vergiften	(1)
	PNEC _{water} S-Lost: keine Angabe aufgrund der recht schnellen Hydrolyse	(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Die entstehende Salzsäure wird u.a. in leicht alkalischem Wasser (wie in der Ostsee) selbst bei niedrigen Temperaturen rasch neutralisiert	(13)
	Die Toxizität von Thiodiglycol bezüglich aquatischer Organismen ist sehr gering bis nicht gegeben (z.B. LC50 (96 h) für Leuciscus idus (Fisch): 10.000 mg/l).	(15)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: RfD: 400 µg/kg/d; RfC: 469 µg/m³	(21)
	Das ebenso entstehende Thiodiglycol ist ungiftig	(13)
	PNEC _{water} für TDG: 450 µg/l (Faktor 1000)	(38)
Bioakkumulationspotenzial:	Die niedrigen K _{ow} -Werte (< 2) indizieren ein geringes Potenzial für eine Anreicherung im Organismus	(21)
	Log Pow (berechnet): 2,73	(36)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 0,3 (wegen Hydrolyse nicht relevant)	(38)
	BCF: Werte von 6,5 und 105 angegeben; es besteht nur eine geringe Tendenz zur Anreicherung in Fischen und aquatischen Lebewesen	(3)
	Normalerweise wird absorbiertes Senfgas völlig metabolisiert, allerdings kann es aufgrund seiner hohen Fettlöslichkeit im Fettgewebe eingelagert und evtl. angereichert werden	(22)
	Es besteht nur eine geringe Tendenz zur Anreicherung in Fischen und aquatischen Lebewesen	(3)

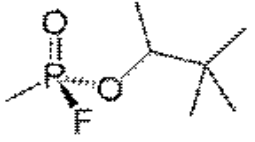
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Grenzwerte:	MAK (USA): 0,00005 mg/l (Lost-Dämpfe)	(3)
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: D, USA, GB, F	(1)
	WK II: D, USA, GB, F, CAN, PO, UdSSR, UNG, ITA, JAP	(1)
Einsatzmittel:	Granaten, Geländeminen (sog. Sprühbüchsen), Bomben	(1)
	Luftwaffe: KC 250 Gb (100 kg Lost), KC 250 II Gb (100 kg Zähllost), KC 250 I Gr (mit starkem Zerleger zur Aerosolherstellung (Grünring))	(36)
Taktische Gemische:	Wintermischung "Winterlost" mit 20 % Chlorbenzol, auch Mischung mit Benzin; Oxol-Lost in Mischung als Winterlost mit 50 % Arsinöl (WK II)	(1)
	In Mischung mit bis zu 37 % Lewisit als Winterlost	(13)
	Winterlostmischung mit Phenylarsindichlorid (Pfiffikus)	(20)
	Winterlost: Zumischung von etwa 25 % Lösungsmittel wie Benzol, Chlorbenzol und Tetrachlormethan zur Erniedrigung des Erstarrungspunktes	(36)
	Zähllost: je 41,5 % S-Lost und Arsinöl, 17% organische Verdicker (wie Polyacrylsäuremethylester, Montanwachs und/oder Chlorkautschuk)	(36)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 30,2 / H: 5,0 / Cl: 44,6 / S: 20,2	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	Chlorkalkbrei (Chlorkalk:Wasser 1:1) / 10% Chloramin T oder B in Wasser / 10% Dichloramin in Dichlorethan / 5% Hexachlormelamin in Dichlorethan oder Kohlenstofftetrachlorid / gesättigte Natriumhypochloritlösung	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Wenn Kleidung an der Haut klebt: nicht entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Bei Unwohlsein: Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2,2-Dichlordiethylsulfid; Bis(2-chlorethyl)-thioether; Schwefellost; Direkt-Lost (Benennung basiert auf Herstellungsverfahren); Oxol-Lost (hochreines Senfgas (95%) auf Basis eines weiteren Herstellungsverfahrens; auch O-Lost, nicht zu verwechseln mit Sauerstofflost!)	
	Yperit; Senfgas; Lost; Gelbkreuz	
England / USA:	Mustard gas; 1,1'-thiobis(2-chloroethane) (CAS); Bis(2-chloroethyl)sulfide (IUPAC)	
	HS (historische Bezeichnung WWI); HD (destilliert, gebräuchlich seit den späten 1940ern; NATO-Kürzel); H (undestilliert); HT (älterer Produktionsprozess, bestehend aus 60% HD sowie etwa 40% Bis(2-(2-chloroethylthio)ethyl)ether (Agent T, Sauerstofflost)	
Frankreich:	Sulfide de bis(2-chloroethyle); Sulfure d'ethyl dichlore	
	Yt; Yperite; Gaz moutarde	
Russland:	2,2'-dichlordiethylsulfid	
	R-5; P-5; RK-7 (Lost-Lewisit Gemisch); R-74 oder VR-74 (Zähllost)	

Bemerkung: (*) Die abweichenden Schmelztemperaturen basieren laut (15) wahrscheinlich auf verunreinigtem bzw. in Kampfmitteln verwendetem Senfgas.

(**) Hierbei ist laut (24) zu beachten, dass die genannten 100 mg x min/m³ einer Konzentration von 0,0017 mg/l Luft über eine Dauer von 1 h entsprechen. Zwar ist der Geruch von Senfgas laut [PRENTISS 1937] ab etwa 0,0013 mg/l bemerkbar, allerdings "gewöhnt" man sich an den Geruch und kann so in der Folge erheblich höheren Konzentrationen ausgesetzt sein, ohne diese zu bemerken.

10.1.20 Soman (CAS Nr. 96-64-0)

Soman			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	96-64-0	Summenformel:	C ₇ H ₁₆ FO ₂ P
Molare Masse:	182,2 g/mol	Strukturformel:	
Dichte (bei 20°C):	1,0131 g/cm ³		
Schmelzpunkt:	-80 bis -70°C		
Siedepunkt:	167 bis etwa 200°C		
	167°C (Zersetzung)		
Dampfdruck:	42 Pa (25°C)		
Relative Dampfdichte:	6,33		
Max. Sättigungskonz.:	3 g/m ³		
Aggregatzustand:	flüssig		
Geruch:	nahezu geruchlos bis fruchtartig		
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose Flüssigkeit	(1)
	<i>Technisch:</i>	gelbbraune Flüssigkeit	(1)
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in org. Lösungsmitteln, Ölen und Fetten	(1)
	<i>In Wasser:</i>	widersprüchliche Angaben: zwischen 10 g/l bis sehr gering löslich	(3)
		10 g/l	(36)
		widersprüchliche Angaben: mäßig wasserlöslich, 1 g/l; 21 g/l	(14)
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Sehr langsame Hydrolyse		(3)
	Stabilitätsmaximum bei pH 4-6		(3)
	Wäßrige Lösung von 100 mg Soman/l bei 18 °C erst nach 75 Tagen vollständig hydrolysiert		(36)
	Bei pH 10 und 20°C Wassertemperatur Halbwertszeit etwa 12 min		(3)
	pH 7: sehr langsame Hydrolyse; pH > 7 sehr schnelle Hydrolyse		(19)
	Halbwertszeitschätzwert bei 25°C: 60 h bei pH 6; die Produktion von Säure bewirkt im basischen Bereich eine Verringerung der sonst recht großen Hydrolysegeschwindigkeit (pH 10 wenige Minuten), wobei dieser Effekt aber unter Umweltbedingungen nur gering ist		(21)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu Fluorwasserstoff (HF) und Pinacolylmethylphosphonat		(1)
	Methylphosphonsäure (MPA, CAS-Nr. 993-13-5)		(21)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Geringe Korrosion von Metallen		(1)
Stabilität / Lagerung:	Bei Normalbedingungen unter Ausschluss von Licht, Luft und Feuchtigkeit relativ stabil		(1)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte; reagiert unter Einwirkung von Feuchte mit manchen Metallen		(14)
	Bei Lagerung weniger stabil als Tabun oder Sarin		(1)
	Bei Lagerung in Metallgefäßen ist der Zusatz von Stabilisatoren erforderlich		(1)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		(3)
	Extrem toxisches Nervengift		(1)
	Die Symptome der akuten Wirkung entsprechen denen von Tabun und Sarin		(36)
	Wirkung beruht hauptsächlich auf der Hemmung der Cholinesterasen		(1)
	Allgemeintoxische Wirkungen auf das Zentralnervensystem		(1)
	Spätschäden: Neurosen, Depressionen, Psychosen, Halluzinationen		(1)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	80 mg x min/m ³ (inhalativ)	(3)
	ICt50	0,025 mg/l x min; 4000 mg x min/m ³ (dermal)	(3)
	LC	k.A.	
	LCt	LCt50: 0,5 mg x min/m ³ Miosis, leichte Vergiftung; 10 mg/l x min (percutan), 70 mg x min/m ³ (inhalativ)	(3)
	LD	0,14-10 mg/kg (oral); LD50 10-30 mg/kg (dermal)	(3)
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
	TD	k.A.	
Chronische Humantoxizität:	Die Symptome der chronischen Wirkung entsprechen denen von Tabun und Sarin; psychopathologisch-neurologische Spätschäden häufiger und ausgeprägter als bei Sarin		(36)
	Nach wiederholter subtoxischer oder unterschwelliger Intoxikation kann plötzlich ein gefährlicher Vergiftungsgrad erreicht werden		(3)
	Kumulative Wirkung stärker als die des Sarins; Depot-Bildung im Organismus ist zu vermuten		(1)
	Chronische Toxizitätswerte Soman: RfD: 0,004 µg/kg/d (Schätzwert)		(21)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: MPA: RfD: 20 µg/kg/d, RfC: 24 µg/m ³		(21)
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)		(14)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(14)
Teratogenität:	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
	Geringe Hinweise auf potenzielle Teratogenität oder Fetotoxizität von phosphororganischen Nervenkampfstoffen; bisher aber kein direkter Beleg		(23)
	Enthaltener Verdicker Methylmethacrylat ist nicht als teratogen eingestuft, wies aber im Tierversuch in hohen Konzentrationen erhöhte Embryo- und Fetotoxizität auf		(21)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff		(3)
	Stark wassergefährdend (WGK 3)		(14)
	Extrem toxisch für Warmblüter und Wasserorganismen		(3)
	Stehende Gewässer werden auf lange Zeit vergiftet		(3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Keine Informationen zur aquatischen Toxizität der Abbauprodukte verfügbar		(21)
	Fluoridion WGK 1		(36)
	Chronische Toxizitätswerte der Abbauprodukte: MPA: RfD: 20 µg/kg/d, RfC: 24 µg/m ³		(21)
	Annahme: mindertoxisch		(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Depot-Bildung im Organismus wird vermutet		(36)
	Wenig oder nicht bioakkumulierbar		(14)
Grenzwerte:	k.A.		
Sonstige Informationen			
Produktion:	WK I: keine (noch nicht bekannt)		(1)
	WK II: D; (Nachkriegszeit: USA (geringe Produktion), UdSSR (Großproduktion))		(1)
Einsatzmittel:	Artilleriegranaten, Mörsergeschosse, Landminen, Sprühtanks, Raketen		(1)
Taktische Gemische:	Laboriert in getrennten Behältern als binärer Kampfstoff; UdSSR: in Mischung mit organischen Verdickern als "zähes Soman" (VR-55); USA: binär als "Soman 2", verdickt als "TGD", modifiziert als "EA 5774"		(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 46,1 / H: 8,8 / F: 10,4 / O: 17,6 / P: 17,0		(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Natriumhydroxid in 30%igem Methanol oder Spiritus / 20% Natriumhydroxid in Wasser / 15% Ammoniak in Wasser / gesättigte Natriumhypochloritlösung durch Einleitung von Chlor in Natronlauge unter Kühlung / 3%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / 10% Natriumcresolat oder -phenolat in 50%igem Methanol oder Spiritus / katalytische Zersetzung durch Aquohydrokomplexe der seltenen Erden oder Cu(II)-chelatkomplexe		(18)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

<p>Erstmaßnahmen bei Kontamination:</p>	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Sofort mit viel Wasser spülen. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Keine Mund-zu-Mund-Beatmung anwenden. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Spezifische Behandlung ist erforderlich.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Arzt: Zugabe eines chemischen Antidots.</p>	<p>(14)</p>
	<p>Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)</p>	
<p>Deutschland:</p>	<p>Methylfluorophosphonsäure-1,2,2-trimethylpropylester; 3,3-Dimethyl-2-butylmethylphosphonofluorid; O-Pinakolylmethylphosphonofluorid G-Stoff; Phosphorsäureester; Trilon; Grün-Ring</p>	
<p>England / USA:</p>	<p>3,3-dimethyl-n-butylmethylphosphonofluoridate; pinacolyl methylphosphonofluoridate; Soman GD; EA 1210; TGD; Nerve agent</p>	
<p>Frankreich:</p>	<p>Pinacolylmethylfluorophosphonate; Soman k.A.</p>	
<p>Russland:</p>	<p>Pinakolil-metilforfos-fonat VR-55; R-55; Soman</p>	

10.1.21 Stickstofflost HN 1 (CAS Nr. 538-07-8)

Stickstofflost HN-1				
Physikalische / Chemische Daten				
CAS - Nr.:	538-07-8		Summenformel: C ₆ H ₁₃ Cl ₂ N	
Molare Masse:	170,08 g/mol	(3)		
Dichte (bei 20°C):	1,0861 g/cm ³ (23°C)	(1)		
Schmelzpunkt:	-34,2°C	(15)		
	-34,4°C	(36)		
Siedepunkt:	85°C (bei 15 mm Hg)	(1)		
	194°C (berechnet)	(12)		
Dampfdruck:	1,9 mbar (50°C)	(3)		
Relative Dampfdichte:	5,87	(3)		
Max. Sättigungskonz.:	2,29 g/m ³ (25°C)	(36)		
Aggregatzustand:	flüssig	(1)		
Geruch:	fischartig, muffig	(1)		
Aussehen:	Reinform:	farblose, ölige Flüssigkeit	(1)	
	Technisch:	gelblich, ölig	(24)	
Löslichkeit:	Generell:	beliebig löslich in Aceton und anderen organischen Lösungsmitteln	(12)	
	In Wasser:	widersprüchliche Literaturangaben: 0,16 g/l bis 8 g/l	(15)	
		Löslichkeitsverhalten ähnlich HN-2 (12 g/l)	(36)	
		gering löslich	(12)	
Stabilität / Abbauverhalten				
Hydrolyse:	Sehr langsame Hydrolyse		(3)	
	Gelöst werden die Stickstofflose in Gewässern langsam unter pH-Wert Senkung hydrolysiert		(3)	
	Ungelöst am Boden des Gewässers unterliegen die Stickstofflose im wesentlichen nur dem Dimerisierungsprozess		(3)	
	Halbwertszeit von 1,3 min bei 25°C (ungesichert, Angabe laut Autoren in Frage zu stellen)		(15)	
	pH 7: unbedeutende Hydrolyse; pH > 7 sehr langsame Hydrolyse		(19)	
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu hydroxylierten Derivaten, Dimeren und Salzsäure		(3)	
	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten		(21)	
Hydrolyse in Seewasser:	Unbekannt		(13)	
Korrosionsverhalten:	k.A.			
Stabilität / Lagerung:	Zur Munitionierung ausreichend stabil		(1)	
	Keine Stabilisatoren		(3)	
	HN-1 scheint teilweise instabil, von einer recht weitreichenden Dimerisierung ist bei langer Lagerung unter Wasser auszugehen		(15)	
Toxizität / Ökotoxizität				
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift		(1)	
	Gleiche Symptome wie HN-2; wird noch rascher als Senfgas resorbiert		(36)	
	Aufnahme percutan über Augen und Haut, inhalatorisch über Lunge und oral über kontaminierte Nahrungsmittel und Flüssigkeiten		(1)	
	Schädigungen des Nervensystems bei schweren Vergiftungen		(16)	
	Dringt symptomlos, rasch und tief in Haut und Schleimhäute ein		(3)	
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.		
	BAT	k.A.		
	ct	k.A.		
	ICt50	200-2000 mg x min/m ³ (percutan)	(3)	
	LC	k.A.		
	LCt	LCt50: 1500 mg (inhalativ)		(12)
		0-20 g x min/m ³ (percutan), 1,5 mg/l x min (inhalativ)		(3)
	LD	10-20 mg/kg	(36)	
	MAK	k.A.		
	TC	k.A.		
TD	k.A.			

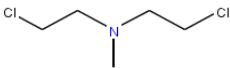
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Chronische Humantoxizität:	Auch die chronischen Wirkungen und Nachkrankheiten entsprechen denen von HN-2	(36)
Kanzerogenität:	Kanzerogene Wirkung (für HN-2 und HN-3 im Tierversuch belegt)	(1)
	Stickstofflose sind wie alle Lose Alkylantien, die eine karzinogene Wirkung erwarten lassen	(36)
Mutagenität:	Mutagene Wirkung (für HN-2 und HN-3 im Tierversuch belegt)	(3)
	Stickstofflost verbindet sich mit Nucleinsäuren und schädigt so die DNS, es kommt zu Kodierungsfehlern, die Proteinsynthese wird beeinträchtigt, die Zellteilung scheitert und die Zellen sterben letztendlich eventuell ab.	(24)
Teratogenität:	Teratogene Wirkung (für HN-2 und HN-3 im Tierversuch belegt), Fehlgeburt (Abort) oder Missbildung möglich	(1)
	Teratogen	(36)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff	(3)
	Eignet sich besonders für Wasser- und Lebensmittelvergiftungen	(16)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	N-ethyl-diethanolamin: LC50 für <i>Semolitis atramaculatus</i> (Frischwasserfisch) 160 - 200 mg/l	(15)
	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten	(21)
	Annahme: toxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Entspricht der von HN-2 und HN-3	(36)
	Annahme: geringes Bioakkumulationspotenzial (vgl. Senfgas)	(x)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: keine	(1)
	WK II: D, USA, GB	(36)
Einsatzmittel:	Generelle Munition, Geschosse und Granaten	(1)
Taktische Gemische:	Keine Angaben zu Gemischen, N-Lost jedoch laboriert mit starkem Zerleger zur Gaswolkenbildung	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 42,3 / H: 7,6 / Cl: 41,7 / N: 8,2	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 5% Hexachlormelamin in Dichlorethan / gesättigte Lösung von Natriumthiosulfat in Wasser / Chlorkalkbrei (1:1) unter Zusatz von 10% konz. Chlorwasserstoffsäure	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	Vergleiche HN-2: <i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus. <i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren. <i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren. <i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. <i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.	(x)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)	
Deutschland:	N-Ethyl-2,2-dichlor-diethylamin; Bis-(2-chlorethyl)-ethylamin Stickstofflost; Gelbkreuz; HN-1
England / USA:	Ethylbis(2-chloroethyl)amine; N,N-bis-(2-chlorethyl)-N-ethylamine; 2-chloro-N-(2-chloroethyl)-N-ethylethanamine (CAS); 2-chloro-N-(2-chloroethyl)-N-ethyl-ethanamine (IUPAC) EBA; TL 329
Frankreich:	k.A. k.A.
Russland:	k.A. TO

10.1.22 Stickstofflost HN 2 (CAS Nr. 51-75-2)

Stickstofflost HN-2			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	51-75-2		Summenformel: C ₅ H ₁₁ Cl ₂ N
Molare Masse:	156,05 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,130 g/cm ³	(1)	
	1,15 g/cm ³	(24)	
Schmelzpunkt:	-65 bis -60°C	(3)	
Siedepunkt:	75°C (bei 15 mm Hg)	(1)	
Dampfdruck:	40 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	5,5	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	2,6 g/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(1)	
Geruch:	schwach fischig bis fruchtartig	(1)	
Aussehen:	Reinform:	farblose bis gelbliche, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	gelblich, ölig	(24)
Löslichkeit:	Generell:	unbegrenzt löslich in Dimethylformamid, Tetrachlormethan, Schwefelkohlenstoff	(1)
	In Wasser:	12 g/l	(15)
		in einem Liter Wasser lösen sich 12 g/l	(36)
		wasserunlöslich	(14)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Schnelle Hydrolyse (auch bei niedrigen Temperaturen)		(3)
	Beschleunigte Hydrolyse durch Alkalien		(1)
	Vollständige Hydrolyse zu ungiftigen Produkten innerhalb einiger Wochen zu erwarten		(1)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu hydroxylierten Derivaten, Dimeren und HCl		(1)
	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten		(27)
Hydrolyse in Seewasser:	Unbekannt		(13)
Korrosionsverhalten:	k.A.		
Stabilität / Lagerung:	Trocken weitgehend stabil		(1)
	Widersprüchlich: Unter Normalbedingungen und bei Lagerung instabil		(1)
	Zersetzt sich langsam bei längerer Lagerzeit		(14)
	In unpolaren Lösungsmitteln (Stabilisatoren, z.B. Benzol, Pentan oder Tetrachlorkohlenstoff) ziemlich beständig		(1)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift		(1)
	Sehr giftig beim Verschlucken, Hautkontakt sowie Einatmen		(14)
	Gleiche Symptome wie HN-3; wird noch rascher als Senfgas resorbiert		(36)
	Aufnahme percutan über Augen und Haut, inhalatorisch über Lunge und oral über kontaminierte Nahrungsmittel und Flüssigkeiten		(1)
	Dringt symptomlos, rasch und tief in Haut und Schleimhäute ein		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	0,1 mg/l x min	(3)
	LC	k.A.	
	LCt	LCt50: 3000 mg x min/m ³ (inhalativ)	(3)
	LD	LD50 15 mg/kg (percutan)	(3)
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	153 mg/kg über 3 Jahre (dermal) Hautkrebs	(3)	
Chronische Humantoxizität:	U.a. Konjunktivitis, Bronchitis, Herzrhythmus- und Kreislaufstörungen, Immunsuppression, Leberschäden, Anämie, Neuropathien, Hemmung der Spermio- und Oogenese		(3)
	Auch die chronischen Wirkungen und Nachkrankheiten entsprechen denen von HN-3		(36)

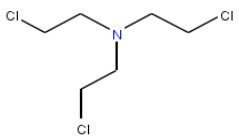
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Kanzerogenität:	Krebserzeugend beim Menschen, kanzerogene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt	(3)
	Einstufung der DFG: Kategorie 1, erwiesenermaßen krebserzeugend für den Menschen	(14)
Mutagenität:	Mutagene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt	(3)
	Möglich mutagen für den Menschen	(14)
	Stickstofflost verbindet sich mit Nukleinsäuren und schädigt so die DNS, es kommt zu Kodierungsfehlern, die Proteinsynthese wird beeinträchtigt, die Zellteilung scheitert und die Zellen sterben letztendlich eventuell ab.	(24)
	Einstufung der DFG: nachgewiesene erbgutverändernde Wirkung im Versuchstier (Kategorie 2)	(14)
Teratogenität:	Teratogene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt, Fehlgeburt (Abort) oder Missbildung möglich	(3)
	Embryotoxisch bei Ratten, Schädigung der Spermatogenese bei Mäusen nachgewiesen	(36)
	Kann auf die Fruchtbarkeit eine Wirkung ausüben; Teratogenitätstest positiv	(14)
	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff	(1)
	Stark wassergefährdend	(14)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Teilhydrolysierte Zwischenprodukte sind ebenfalls toxisch	(1)
	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten	(21)
Bioakkumulationspotenzial:	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
	Log Pow (berechnet): 1,96 bzw. 1,67	(36)
	Die berechnete Halbwertszeit für die Flüchtigkeit aus 1 Meter Wassertiefe beträgt 13 Tage	(36)
	Annahme: geringes Bioakkumulationspotenzial (vgl. Senfgas)	(x)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: keine	(1)
	WK II: D (widersprüchlich), GB (in Pilotanlagen)	(1)
Einsatzmittel:	k.A.	
Taktische Gemische:	HN-2 Hydrochlorid als "Dichloren", "Erasol" bzw. "Nitrogranulogen" ; laboriert mit starkem Zerleger zur Gaswolkenbildung	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 38,4 / H: 7,0 / Cl: 45,5 / N: 9,0	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 5% Hexachlormelamin in Dichlorethan / gesättigte Lösung von Natriumthiosulfat in Wasser / Chlorkalkbrei (1:1) unter Zusatz von 10% konz. Chlorwasserstoffsäure	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus. <i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren. <i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren. <i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. <i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.	(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)	
Deutschland:	2,2-Dichlor-N-methyldiethylamin; Chlormethin; Mustin Stickstoff-Lost; Gelbkreuz
England / USA:	2-chloro-N-(2chloroethyl)-N-methylethanamine; Mechlorethamine MBA; S; TL 146; Nitrogen mustard; Blister agent; HN-2
Frankreich:	Bis(2-chloretil)-metilamin; Chlorméthine; Mustine k.A.
Russland:	k.A. TO

10.1.23 Stickstofflost HN 3 (CAS Nr. 555-77-1)

Stickstofflost HN-3			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	555-77-1	Summenformel:	C ₆ H ₁₂ Cl ₃ N
Molare Masse:	204,54 g/mol	Strukturformel:	
Dichte (bei 20°C):	1,2348 g/cm ³		
Schmelzpunkt:	-4°C		
	-2 bis -4°C		
Siedepunkt:	137-138°C (15 mm Hg); 230-235 °C Zersetzung		
Dampfdruck:	0,9 Pa		
Relative Dampfdichte:	7,0		
Max. Sättigungskonz.:	76 mg/m ³		
Aggregatzustand:	flüssig		
Geruch:	geruchlos bis aminartig		
Aussehen:	Reinform:	farb- und geruchlose, ölige Flüssigkeit	(1)
	Technisch:	bräunlich mit aminartigem (auch geranienartigem) Geruch	(1)
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich u.a. in Ether, Chloroform, Methanol, Benzol sowie pflanzlichen und tierischen Ölen, Fetten	(1)
	In Wasser:	In Wasser sehr schlecht löslich	(36)
		zwischen 0,16 bis 0,5 g/l	(3)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Schnelle Hydrolyse		(3)
	Langsame Hydrolyse in gelöstem Zustand		(1)
	Bei pH 8 90-95% Abbaurrate binnen 24h, Abbauprodukt: Tris-(2-hydroxyethyl)-amin		(3)
	Ungelöst am Boden von Gewässern unterliegt es im wesentlichen nur dem Dimerisierungsprozess und kann lange Zeit wirksam bleiben		(1)
	Beschleunigte Hydrolyse durch Alkalien		(1)
	Vollständige Hydrolyse zu ungiftigen Produkten ist innerhalb einiger Wochen zu erwarten		(1)
	Vollständiger Abbau konnte in Laborversuchen nicht erreicht werden		(3)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse langsamer als von Senfgas (sehr langsam); läuft in mehreren Phasen ab: Halbwertszeit für die erste Phase etwa 9 h, Zersetzung in Frischwasser braucht etwa 3 Wochen		(13)
	Hydrolyse zu hydroxylierten Derivaten, Dimeren und Salzsäure		(3)
	Die in der zweiten Stufe der komplexen Hydrolyse gebildeten Ethylenimoniumchloride sind noch immer sehr toxisch		(36)
Hydrolyse in Seewasser:	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten		(21)
Korrosionsverhalten:	k.A.		
	Keine Korrosionsneigung bei trockener Lagerung		(1)
Stabilität / Lagerung:	In Gegenwart von Feuchtigkeit werden Eisen und Stahl korrodiert		(36)
	Für Munitionierung ausreichend stabil		(1)
	Unter Normalbedingungen nur begrenzte Zeit stabil		(36)
	Kristalline Ausfällungen bei Lagerung selbst in hermetisch verschlossenen Gefäßen		(1)
	Nicht stabil in polaren Lösungsmitteln sowie nicht beständig gegenüber Wärme		(1)
Stabilisatoren: unpolare Lösungsmittel wie z.B. Benzol, Hexan, Tetrachlorkohlenstoff		(1)	

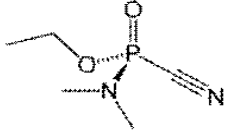
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Toxizität / Ökotoxizität	
Akute Humantoxizität:	Hochtoxisches Haut-, Lungen-, Zell- und Kapillargift (1)
	Verursacht ähnlich Symptome wie Senfgas, wird jedoch durch schwächere Lipoidlöslichkeit langsamer resorbiert (etwa um Faktor 8) (36)
	Aufnahme percutan über Augen und Haut, inhalatorisch über Lunge und oral über kontaminierte Nahrungsmittel und Flüssigkeiten (1)
	Nach Latenzzeit von 2 bis 20 h Rötung und Schwellung der Haut, innerhalb von 24 h Blasenbildung mit Nekrosenbildung, schlechte Heilungstendenz und Gefahr der Sekundärinfektion (36)
	Aerosol bewirkt schwere Reizung der Augen, Schleimhäute des Atemtraktes sowie der Haut; Bronchitis, evtl. Lungenödem; Leber- und Nierenschäden (36)
	Dringt symptomlos, rasch und tief in Haut und Schleimhäute ein (3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI k.A.
	BAT k.A.
	ct k.A.
	ICt50 0,2 mg/l x min, 2500 mg x min/m ³ (percutan) (3)
	LC LC50: 1500 mg/m ³ /min (3)
	LCt LCt50: 1,0-1,5 mg/l x min, 10 g x min/m ³ (percutan), 1500 mg x min/m ³ (inhalativ) (3)
	LD 10-20 mg/kg; LD50: 2 mg/kg (oral), 10-20 mg/kg (percutan) (3)
	MAK k.A.
	TC 0,7 mg/m ² 15 min (intraocular) (3)
TD >100 µg/cm ² (dermal) Blasen (3)	
Chronische Humantoxizität:	U.a. Konjunktivitis, Bronchitis, Herzrhythmus- und Kreislaufstörungen, Immunsuppression, Leberschäden, Anämie, Neuropathien, Hemmung der Spermio- und Oogenese (1)
	Knochenmarkschäden im Tierversuch (36)
Kanzerogenität:	Kanzerogene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt (1)
	Stickstofflose sind wie alle Lose Alkylantien, die eine karzinogene Wirkung erwarten lassen (36)
	Nach subkutaner Applikation bei Ratten Karzinombildung (36)
Mutagenität:	Mutagene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt (1)
	Mutagene Wirkung bei Drosophila Melanogaster (schwarzbäuchige Taufliege) und Mikroorganismen belegt; in menschlichen Fibroblasten DNS Inhibition zu verzeichnen (36)
	Stickstofflost verbindet sich mit Nucleinsäuren und schädigt so die DNS, es kommt zu Kodierungsfehlern, die Proteinsynthese wird beeinträchtigt, die Zellteilung scheitert und die Zellen sterben letztendlich eventuell ab. (24)
Teratogenität:	Teratogene Wirkung (für HN-2 und HN-3) im Tierversuch belegt, Fehlgeburt (Abort) oder Missbildung möglich (1)
	Reproduktionstoxische Wirkungen (Störungen der Spermato- und Oogenese); im Fall von schwangeren Frauen auch Mißbildung und Abort bekannt; Fruchtbarkeits-senkender Effekt für N-Lost belegt (36)
	Untersuchungen zur DNA-Inhibition an menschlichen Fibroblasten ergaben positives Ergebnis (14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff (1)
	Gefährlicher Wasserschadstoff; gelöste Anteile führen durch langsame Hydrolyse zu nicht stabilen toxischen Zwischenprodukten (36)
	Ungelöst am Boden des Gewässers unterliegt es im wesentlichen nur dem Dimerisierungsprozeß und kann lange Zeit wirksam bleiben (3)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Teilhydrolysierte Zwischenprodukte sind ebenfalls toxisch (1)
	Das in der zweiten Stufe gebildete Hypochlorid ist sehr toxisch, im Tierversuch karzinogen sowie teratogen (36)
	Diverse wasserlösliche, geringtoxische Hydrolyseprodukte (13)
	Hydrolyse zu weniger giftigen wasserlöslichen Komponenten (21)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Bioakkumulationspotenzial:	Log Pow (berechnet): 2,85 bzw. 2,96 bis 3,96	(36)
	Biokonzentrationsfaktor BCF = 1189,21 berechnet mit dem berechneten log Pow von 3,12	(3)
	Die berechnete Halbwertszeit für die Flüchtigkeit aus 1 Meter Wassertiefe beträgt 6 bis 22 Tage	(36)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial	(x)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: keine	(1)
	WK II: D, GB (in Pilotanlagen)	(1)
Einsatzmittel:	Munition, Geschosse und Granaten	(1)
Taktische Gemische:	HN-3-Hydrochlorid: "C 6-Salz", "Trimustin" bzw. als "TO" durch UdSSR; ;laboriert mit starkem Zerleger zur Gaswolkenbildung	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 35,2 / H: 5,9 / Cl: 52,1 / N: 6,8	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Dichloramin in Dichlorethan / 5% Hexachlormelamin in Dichlorethan / gesättigte Lösung von Natriumthiosulfat in Wasser / Chlorkalkbrei (1:1) unter Zusatz von 10% konz. Chlorwasserstoffsäure	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	Vergleiche HN-2: <i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus. <i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Bei andauernder Reizung einen Arzt konsultieren. <i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren. <i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. <i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.	(x)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2,2,2-Trichlortriethylamin; Tris-(2-chlorethyl)-amin; Trichlormethin	
	T 9; NL; UP; Stickstoffperit; Stickstofflost; C 6-Salz; Grünring; N-Lost	
England / USA:	2,2,2-trichlorotriethylamine	
	TBA; TL 145; Nitrogen mustard; Blister agent	
Frankreich:	k.A.	
	k.A.	
Russland:	2,2',2"-trichlortrietilamin	
	TO	

10.1.24 Tabun (CAS Nr. 77-81-6)

Tabun			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	77-81-6		Summenformel: C ₅ H ₁₁ N ₂ O ₂ P
Molare Masse:	162,13 g/mol	(15)	
Dichte (bei 20°C):	1,077 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	- 50 bis - 48 °C	(3)	
	- 48 °C	(16)	
Siedepunkt:	235 bis 246 °C	(3)	
	235 °C	(16)	
Dampfdruck:	9,7 Pa	(36)	
Relative Dampfdichte:	5,6	(36)	
Max. Sättigungskonz.:	860 mg/m ³	(36)	
Aggregatzustand:	flüssig	(1)	
Geruch:	fruchtig bis fischartig bzw. nach Bittermandel		(1)
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	bei Raumtemperatur farblose Flüssigkeit	
	<i>Technisch:</i>	bräunliche Flüssigkeit; bei Zusätzen dickflüssige bis pastöse Konsistenz	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in organischen Lösungsmitteln wie Halogenalkanen, Ethanol, Aceton, Benzol; sehr gut löslich in Lipiden	
	<i>In Wasser:</i>	120 g/l; sehr gut löslich; andere Angaben: 72 g/l	
		120 g/l bei 20°C	
		98 g/l bei 0°C, 72 g/l bei 20°C	
		widersprüchlich: mäßig wasserlöslich; 72 g/l	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Hydrolysiert in Wasser		(1)
	In neutralem Milieu: Hydrolyse zu Dimethylamidophosphorsäureethylester und Cyanwasserstoff sowie Dimethylamin und Cyanphosphorsäureethylester und weiter zu Phosphorsäuremonoethylester; bei Normaltemperatur sind in 9 h 50 % der Cyanogruppe abgespalten		(36)
	Im alkalischen Bereich überwiegt Spaltung der P-CN Bindung mit vorwiegender Bildung der Alkalisalze des Dimethylamidophosphorsäureethylesters und der Blausäure; Halbwertszeit bei pH 10 15,5 min		(36)
	Im sauren Milieu sind die Produkte der Hydrolyse vorwiegend Cyanphosphorsäureethylester und Dimethylamin sowie Dimethylamoniumsalze		(36)
	Geschwindigkeit: 50% in 7 h bei pH 4-5; bei pH 7: 8,5 h		(1)
	8,5 h bei 20°C und pH 7		(3)
	Hydrolyse sowohl unter Spaltung der P-CN- wie auch der P-N-Bindung		(3)
	Initiale Hydrolyse verläuft recht schnell, die Hydrolyse der Zwischenprodukte verläuft erheblich langsamer		(21)
Hydrolyseprodukte:	Hydrolyse zu Blausäure, Dimethylamidophosphorsäureethylester, Dimethylamin, Cyanphosphorsäureethylester, Phosphorsäuremonoethylester		(3)
Hydrolyse in Seewasser:	Hydrolyse zu ungiftigen Estern der Phosphorsäure und Blausäure; die giftige Blausäure wird relativ leicht in ungiftige Ameisensäure oder zu Natriumsalz verwandelt		(13)
	Halbwertszeiten: 475 min bei 15°C, 267 min bei 20°C, 175 min bei 25°C		(15)
Korrosionsverhalten:	Eisen und andere Metalle werden nicht korrodiert		(1)
Stabilität / Lagerung:	Unter Normalbedingungen unter Ausschluss von Licht und Feuchte relativ stabil		(1)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Feuchte		(14)
	In Metallbehältern bei Zusatz geeigneter Stabilisatoren lange Zeit lagerbar		(1)
	Stabilisatoren: 5 (Tabun A) bis 20% (Tabun B) Chlorbenzol		(16)

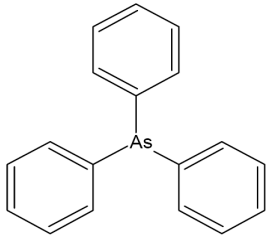
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Hochgiftiger Nervenkampfstoff		(1)
	Hochgiftig beim Einatmen, Verschlucken oder Berührung mit der Haut		(1)
	Extrem toxischer Cholinesteraseinhibitor		(3)
	Speichelfluss, Pupillenverengung (Miosis), Bronchialspasmen, Erbrechen, unfreiwilliger Kot- und Urinabgang, Muskellähmung, Atemnot, Bewußtlosigkeit und Koma; Tod durch Atemlähmung oder Herz-Kreislauf-Versagen		(36)
	Bei Überlebenden werden psychoneurologische Spätschäden wie Neurosen, Depressionen, Psychosen, Halluzinationen und Polyneuritiden (Entzündungen des Nervengewebes) beobachtet		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	450 mg x min/m ³ (inhalativ)	(3)
	ICt50	0,02-0,1 mg/l; 100 mg x min/m ³ Handlungsunfähigkeit, mittelschwere oder schwere Vergiftung	(3)
	LC	150 mg/m ³ niedrigste beobachtete Letaldosis	(3)
	LCt	LCt50: 40 mg/l (percutan), 40 g x min/m ³ (dermal), 150-400 mg x min/m ³ (inhalativ)	(3)
	LD	23 ppm (dermal), 1000 mg/kg (percutan), 0,6 - 5 mg/kg (oral); LD50: 20 mg/kg (percutan), 0,6 mg/kg (oral),	(3)
	MAK	k.A.	
	TC	TCt50: 10 mg x min/m ³ (inhalativ) Miosis, leichte Vergiftung; 20-100 mg x min/m ³ Handlungsunfähigkeit	(3)
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Die Elimination aus dem Körper ist quantitativ bedeutungslos, deshalb führt eine chronische Exposition zur Kumulation		(3)
	Symptome der akuten Vergiftung in abgeschwächter Form; u.a. Lähmungserscheinungen, Stoffwechselstörungen, Bronchitis, asthmaartige Anfälle		(36)
	Nach wiederholter subtoxischer oder unterschwelliger Intoxikation kann plötzlich ein gefährlicher Vergiftungsgrad erreicht werden		(3)
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)		(14)
Mutagenität:	Schwach mutagene Wirkung im Tierversuch belegt		(3)
	In Säugerzellkulturen wurde schwache Induktion von Schwesterchromatidaustausch (SCE), aber nicht von planmäßiger DNA-Synthese (UDS) beobachtet		(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(14)
Teratogenität:	Für Tabun wurde Überschreitung der Plazenta-Schranke gezeigt		(3)
	Geringe Hinweise auf potenzielle Teratogenität oder Fetotoxizität von phosphororganischen Nervenkampfstoffen; bisher aber kein direkter Beleg		(23)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
Aquatische Toxizität:	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff; WGK 3 (Vorschlag)		(3)
	Extrem toxisch für Warmblüter und Wasserorganismen		(3)
	Hochtoxisch, LC50 für Frischwasserfisch 0,7 bis 1,3 mg/l		(15)
	Stehende Gewässer werden auf lange Zeit vergiftet		(1)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Hydrolyseprodukt Blausäure (WGK 3) hochtoxisch für Fische und andere Wasserorganismen		(3)
	Durch die beim hydrolytischen Abbau gebildete Blausäure werden alle Arten von Gewässern gefährdet		(3)
	Dimethylamin: mittlere Toxizität für den Wasserfloh und Regenbogenforelle		(15)
Bioakkumulationspotenzial:	Organophosphate werden von Pflanzen aufgenommen, in Tieren erfolgt jedoch keine Anreicherung über die Nahrungskette		(3)
	Log Pow (berechnet): 0,82		(36)
	Log Pow: 0,82 bzw. 6,6		(3)
Grenzwerte:	k.A.		

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	WK I: k.A. (noch nicht bekannt)	(1)
	WK II: großtechnische Produktion in D ab 1942	(1)
Einsatzmittel:	Artilleriegranaten, Mörsergeschosse, Landminen, Sprühtanks an Flugzeugen, Raketen	(1)
	Granaten sowie Fliegerbomben KC 250 III Grün mit 100 kg Tabun	(36)
Taktische Gemische:	In Mischung mit bis zu 20% Chlorbenzol als Stabilisator	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 37,0 / H: 6,8 / N: 17,3 / O: 19,7 / P: 19,1	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	10% Natriumhydroxid in 30%igem Methanol oder Spiritus / 20% Natriumhydroxid in Wasser / 15% Ammoniak in Wasser / gesättigte Natriumhypochloritlösung durch Einleitung von Chlor in Natronlauge unter Kühlung / 3%ige alkalische Wasserstoffperoxidlösung / 10% Natriumcresolat oder -phenolat in 50%igem Methanol oder Spiritus / katalytische Zersetzung durch Aquohydrokomplexe der seltenen Erden oder Cu(II)-chelatkomplexe	(18)
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Sofort mit viel Wasser spülen. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Keine Mund-zu-Mund-Beatmung anwenden. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Spezifische Behandlung ist erforderlich.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Spezifische Behandlung ist erforderlich. Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Arzt: Zugabe eines chemischen Antidots.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2-Dimethylaminocyanophosphorsäureethylester; N,N-Dimethylamino-O-ethyl-cyanphosphat; Cyanphosphorsäureethylester-dimethylamid	
	T 83; G; D-7; T-Stoff; G-Stoff; Gelan; Trilon 83; Grün-Ring; Stoff 100; Hundert; Taboon A; Tabun A (Zusatz von 5 % Chlorbenzol); Tabun B (Zusatz von 20 % Chlorbenzol)	
England / USA:	Ethyl N,N-dimethylphosphoramidocyanidate; Phosphoramidocyanidic acid (CAS); Ethyl dimethylamidocyanidophosphate (IUPAC)	
	GA (20 % Chlorbenzol); EA 1205; MCE; Gelan I; Taboon A; Nerve agent; Tabun	
Frankreich:	N,N-diméthylcyanophosphoramidate de O-éthyle	
	Tabun	
Russland:	Etil(dimetilamido)cianfosfat	
	R-18	

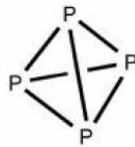
10.1.25 Triphenylarsin (CAS Nr. 603-32-7)

Triphenylarsin			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	603-32-7		Summenformel: C ₁₈ H ₁₅ As
Molare Masse:	306,24 g/mol	(3)	
Dichte (bei 20°C):	1,306 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	50 - 61 °C	(3)	
	60,5 - 61,5 °C	(38)	
Siedepunkt:	360°C	(3)	
Dampfdruck:	0,007 Pa (25°C)	(38)	
Relative Dampfdichte:	k.A.		
Max. Sättigungskonz.:	k.A.		
Aggregatzustand:	fest	(3)	
Geruch:	k.A.	(3)	
Aussehen:	Reinform:	weißer Feststoff	(3)
	Technisch:	k.A.	(3)
Löslichkeit:	Generell:	leicht löslich in Benzol und Ether	(3)
	In Wasser:	unlöslich bzw. < 0,1 g/l	(3)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	k.A.		
Hydrolyseprodukte:	k.A.		
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	k.A.		
Stabilität / Lagerung:	k.A.		
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Giftig beim Verschlucken und Einatmen		(3)
	Keine Angaben zur dermalen Toxizität		(14)
	Dermale Exposition im Tierversuch führte zu keinen systemischen Effekten aber Hautschäden u.a. in Form von Nekrosen		(38)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.	
	LCt	k.A.	
	LD	k.A.	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	k.A.		
Kanzerogenität:	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)		(3)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Aquatische Toxizität:	Wassergefährdend (Oberflächengewässer); sehr giftig für Wasserorganismen		(3)
	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben		(14)
	Triphenylarsin wirkt schädigend auf Pflanzen und toxisch auf Fische		(3)
	Steht auf/enthält Komponente der grauen Liste-Wasser (76/464/EWG)		(3)
	Stichling und Elritze: 100 mg/l tödlich bei 1h Aufenthalt; Kaulquappe 70 mg/l		(3)
	PNEC _{water} Triphenylarsin: 3 µg/l (Faktor nicht angegeben)		(38)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.		
	Annahme: mindertoxisch		(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Keine Angaben zur Bioakkumulation vorhanden		(14)
	Log Pow (berechnet): 5,97		(38)
	Biokonzentrationsfaktor Log BCF: 3,90		(38)
	Annahme: mittleres Bioakkumulationspotenzial		(x)
Grenzwerte:	Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung: 0,01 mg/l (ebenso WHO & USEPA)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	k.A.	
Taktische Gemische:	Zu 5% Bestandteil von Arsinöl	(1)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 70,5 / H: 4,9 / As: 24,5	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Opfer zum Augenarzt bringen. Keine Neutralisationsmittel verwenden.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm).</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Arsentriphenyl k.A.	
England / USA:	Triphenylarsine; Arsenic triphenyl k.A.	
Frankreich:	Triphénylarsine k.A.	
Russland:	k.A. k.A.	

10.1.26 Phosphor (CAS Nr. 7723-14-0)

Phosphor (weiß)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	7723-14-0		Summenformel: P ₄ ⁽³²⁾
Molare Masse:	30,97 g/mol	(3)	
	123,9 g/mol (für P ₄)	(34)	
Dichte (bei 20°C):	1,83 g/cm ³	(14)	
	1,828 g/cm ³	(34)	
	2,34 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	44,1°C	(4)	
Siedepunkt:	280°C	(4)	
Dampfdruck:	k.A.		
Relative Dampfdichte:	k.A.		
Max. Sättigungskonz.:	k.A.		
Aggregatzustand:	fest	(3)	
Geruch:	beißend, knoblauchähnlich		(4)
Aussehen:	Reinform:	weiß bzw. farblos, wachstartig	(4)
	Technisch:	verfärbt sich unter Lichteinfluss gelblich	(4)
Löslichkeit:	Generell:	gering löslich in Benzol, Ethanol und Chloroform	(4)
	In Wasser:	3 mg/l bei 15°C	(9)
		gering löslich, 3 mg/l bei 20°C	(32)
		unlöslich	(4)
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Reagiert unter Dampfbildung zu Phosphin (PH ₃), Phosphoriger Säure (H ₃ PO ₃), Phosphorpentoxid (P ₄ O ₁₀) und Wasserstoff		(34)
	Halbwertszeit für gelöste Anteile von 0,85 bis 29 h in destilliertem Wasser		(34)
Hydrolyseprodukte:	Phosphin (PH ₃), Phosphoriger Säure (H ₃ PO ₃), Phosphorpentoxid (P ₄ O ₁₀) und Wasserstoff		(34)
Hydrolyse in Seewasser:	Halbwertszeit von 240 h in Meerwasser (wahrscheinlich Mischung aus gelösten, kolloidalen und suspendierten Anteilen)		(34)
	Genereller Abbau in Seewasser 1,5 mal länger als in Frischwasser		(34)
Korrosionsverhalten:	Korrosiv / ätzend		(34)
Stabilität / Lagerung:	Selbstentflammung bei etwa 30°C Außentemperatur		(4)
	Lagerung unter Ausschluss von Sauerstoff, Oxidantien und brennbaren Stoffen		(4)
	Kann sich bei Luftkontakt spontan entzünden. Reagiert heftig mit Oxidantien, Halogenen, Nitraten und Schwefel unter Flammenbildung und Explosionsgefahr		(32)

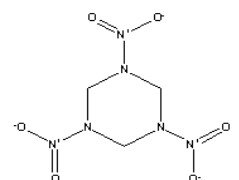
„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Sehr giftig, ätzt Augen, Haut und Atemwege, Inhalation kann zu Lungenödem führen; Effekte auf Leber und Nieren möglich		(14)
	Vergiftung/Verletzung über direkten Kontakt mit der (brennenden) Substanz; dermale, orale oder inhalative Aufnahme der Substanz oder des Rauchs		(4)
	1. Phase: Schlecht heilende, schwere Verbrennungen 2. und 3. Grades basierend auf thermischer und chemischer Schädigung der Haut; Aufnahme erzeugt Wärmegefühl bzw. brennende Schmerzen in der Kehle und Unterleib mit starkem Durstgefühl; Übelkeit, Erbrechen, Durchfall; Intoxikation kann bei ausreichender Schwere binnen 24 bis 48 h zum Tod führen		(4)
	2. Phase: symptomfreie Phase von mehreren Tagen; der Patient scheint sich zu erholen		(4)
	3. Phase: Übelkeit, anhaltendes Erbrechen, Durchfall, eventuell massives Erbrechen von Blut; Leberschwellung und -vergrößerung, Gelbsucht, Juckreiz, Blutungen in der Haut sowie den Schleimhäuten und Eingeweiden auf Basis der Verletzung von Blutgefäßen und Minderung der Blutgerinnung; Nierenschäden, Oligurie (verminderte Harnproduktion), Hämaturie (blutiger Harn), Herz-Kreislauf-Kollaps; Krämpfe, Delirium und Koma; bei Überleben können langanhaltende Störungen der Hirnfunktionen zurückbleiben; sonst Tod binnen 4-8 Tagen mit vorausgehendem Schockzustand, Leberversagen, Schäden des zentralen Nervensystems, Bluterbrechen oder Nierenversagen		(4)
	Zudem durch Phosphorrauchbildung: schwere Reizung der Augen u.a. mit Lichtempfindlichkeit, Tränenfluss, Entzündungen und Trübung der Augenhornhaut bis hin zum Totalverlust der Sehfähigkeit; Reizung der Atemwege bis hin zum Lungenödem		(4)
	Aufnahmen von 0,2 mg/kg Körpergewicht können bereits schädigende Wirkungen hervorrufen		(4)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	Inhalation: 1 ppm bzw 5 mg/m ³ unmittelbare Gesundheits- oder Lebensgefahr	(32)
	LCt	k.A.	
	LD	Mensch: 1 mg/kg (oral, mit beobachteten Überlebenden bis 1 g Gesamtaufnahme!); 15 mg vergiften Erwachsenen schwer, 3 mg können für ein 2 jähriges Kind bereits tödlich sein	(4)
	MAK	WEL-Werte (UK): LTEL 0,02 ppm bzw. 0,1 mg/m ³ ; STEL 0,06 ppm bzw. 0,3 mg/m ³	(32)
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Krankhafte, sehr starke Abmagerung; Anämie, Bronchitis, genereller Schwächezustand, Nekrose (Absterben) des Unterkiefers beginnend mit einer zahnmedizinischen Störung		(4)
	Bildung von Knochendegeneration		(14)
Kanzerogenität:	Keine Einstufung; keine Informationen für Tier oder Mensch vorhanden		(4)
	Keine Hinweise auf kanzerogene Wirkung beim Menschen		(32)
Mutagenität:	Keine Hinweise im Tierversuch		(4)
Teratogenität:	Teratogene Effekte im Tierversuch belegt; u.a. erhöhte Anzahl von Totgeburten		(4)
	Keine Hinweise auf teratogene Wirkung bei Konzentrationen, welche die Mutter nicht schädigen. Dennoch sollte Exposition zu weißem Phosphor während der Schwangerschaft vermieden werden.		(32)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben	(14)
	Starker Meeresschadstoff	(14)
	Daphnia Magna: 50% getötet bei 4,5 Tagen in Wasser mit 20 mg/l; Einstellung der Nahrungsaufnahme, Reproduktion sowie Änderung der Körperfärbung bereits bei 5-15 mg/l	(4)
	Im Wasser setzen sich die Partikel im Sediment ab und können dort durch aquatische Organismen und Wasservögel aufgenommen werden. Weißer Phosphor ist stark toxisch für Wasservögel. Hochtoxisch für Fische (wohl < 1 ppb für meiste Arten)	(34)
	Sehr giftig für die aquatische Umwelt	(32)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	Phosphin (PH ₃): extrem toxisches Gas mit einer für den Menschen maximal erlaubten Konzentration von 0,3 ppm; geringe Wasserlöslichkeit, deshalb wahrscheinlich als Dampf über Wasseroberfläche; Phosphin überdauert unter atmosphärischen Bedingungen	(34)
	Phosphin (CAS Nr. 7803-51-2): tödliches Lungenödem möglich, LC50/1h 20 ppm; WGK 2 "wassergefährdend"	(35)
	Sonstige Produkte eher unkritisch	(34)
Bioakkumulationspotenzial:	Kann in der Nahrungskette angereichert werden; 25% verbleiben z.B. im Muskelgewebe von Fisch selbst nach Bearbeitung, Lagerung und Kochen.	(34)
	Konzentrationen an elementarem Phosphor in toten Wasservögeln betragen bis zu 3,5 g/kg; im Fett eines Weißkopfseeadlers wurden 60 µg/kg festgestellt	(9)
Grenzwerte:	US EPA: Trinkwasser: 0,1 µg/l	(4)
Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	Mörser- & Artillerie-Granaten, militärische Brand- und Beleuchtungskörper	(9)
Taktische Gemische:	k.A.	
Ø Massenanteile in Gew.-%:	Keine Relevanz (elementar)	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.; vorliegende Studien fokussieren auf mit Phosphor kontaminierte Gewässer/Abwässer (vgl. u.a. Quelle 34)	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Jeden Kontakt vermeiden! In allen Fällen ärztliche Behandlung notwendig!</p> <p><i>Inhalation:</i> Frischluft. Ruhe. Aufrecht lagern. Künstliche Beatmung, falls notwendig. Ärztlicher Behandlung zuführen.</p> <p><i>Haut:</i> Kontaminierte Kleidung entfernen. Haut mit viel Wasser spülen oder duschen. Ärztlicher Behandlung zuführen. Bei Erste-Hilfe- Maßnahmen Schutzhandschuhe tragen.</p> <p><i>Augen:</i> Augen einige Minuten lang mit viel Wasser spülen (vorher möglichst Kontaktlinsen entfernen). Verletzten zum Arzt bringen.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund ausspülen. KEIN Erbrechen auslösen! NICHTS zu trinken geben! Ruhe. Ärztlicher Behandlung zuführen.</p> <p><i>Anmerkungen:</i> Symptome des Lungödems treten häufig erst nach einigen Stunden auf, verstärkt bei körperlicher Anstrengung. Ruhe und ärztliche Beobachtung erforderlich. Zuvor Applikation eines Bronchospasmolytikums durch einen Arzt oder eine von ihm hierzu ermächtigte Person erwägen. Verunreinigte Kleidung/Schuhe unter Wasser oder Sand aufbewahren; KEINE Seife zum Reinigen benutzen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Gelber Phosphor; Tetraphosphor	
	P 4; Exolit	
England / USA:	White phosphorous; Yellow phosphorous	
	k.A.	
Frankreich:	Phosphore blanc	
	k.A.	
Russland:	Foszfor	
	k.A.	

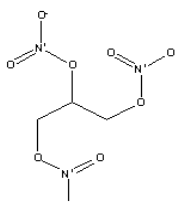
10.1.27 Hexogen (CAS Nr. 121-82-4)

Hexogen				
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>				
CAS - Nr.:	121-82-4		Summenformel:	C ₃ H ₆ N ₆ O ₆
Molare Masse:	222,15 g/mol	(2)	Strukturformel: 	
Dichte (bei 20°C):	1,83 g/cm ³	(3)		
Schmelzpunkt:	202 bis 206°C	(2)		
	204°C	(3)		
Siedepunkt:	keiner, es kommt zur Verpuffung (230 °C)	(2)		
Dampfdruck:	5,5 x 10 ⁻⁷ Pa	(3)		
Relative Dampfdichte:	7,7	(3)		
Max. Sättigungskonz.:	1 mg/m ³ (50°C)	(3)		
Aggregatzustand:	fest	(2)		
Geruch:	geruchlos	(3)		
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	farblose, orthorombische Kristalle		(2)
	<i>Technisch:</i>	k.A.		
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	leicht löslich in heißem Anilin, Phenol; etwas löslich u.a. in Ether, Methanol, Toluol; unlöslich in Alkohol, Benzol, Schwefelkohlenstoff		(2)
	<i>In Wasser:</i>	widersprüchlich: unlöslich; 0,06 g/l 42-70 mg/l bei 20°C		(14) (2)
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>				
Hydrolyse:	k.A.			
Hydrolyseprodukte:	k.A.			
Hydrolyse in Seewasser:	Halbwertszeit in Seewasser bei 25°C: 112 Tage		(2)	
	Langsame Hydrolyse in Meerwasser		(3)	
Korrosionsverhalten:	k.A.			
Stabilität / Lagerung:	Chemisch sehr stabil			(2)
	Empfindlich gegen Stoß und hohe Temperaturen			(2)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>				
Akute Humantoxizität:	Führt zu Krampfanfällen und Hautreizungen, epileptischen Anfällen, Schlaflosigkeit			(2)
	Giftig beim Verschlucken, keine Angaben zur dermalen und inhalativen Toxizität			(3)
	Wird über die Haut resorbiert			(14)
	Mäßig toxisches Blut-, Krampf- und ZNS-Gift			(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.		
	BAT	k.A.		
	ct	k.A.		
	ICt50	k.A.		
	LC	k.A.		
	LCt	k.A.		
	LD	k.A.		
	MAK	k.A.		
	TC	k.A.		
TD	k.A.			
Chronische Humantoxizität:	Bei wiederholter Einwirkung epileptiforme Anfälle mit generalisierten tonisch-klonischen Krämpfen- entweder ohne Warnung oder nach einigen Tagen mit Schlaflosigkeit, Unrast, Reizbarkeit- gefolgt von vorübergehender Amnesie, Müdigkeit und Schwäche. Hautreizungen besonders im Gesicht und an den Augenlidern sind wahrscheinlich durch Verunreinigungen bedingt			(3)
	Epileptische Anfälle, Krämpfe, Bewußtlosigkeit, Schlaflosigkeit, Ruhelosigkeit, erhöhte Reizbarkeit (neurotoxische Effekte)			(3)
Kanzerogenität:	Eventuell kanzerogen			(2)
	Karzinogen-suspekt im Tierversuch (Leberkarzinome)			(3)
	Nicht einstuftbar als humaner Krebserreger			(14)
Mutagenität:	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)			(14)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)			(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff, der auf Wasserorganismen toxisch wirkt	(3)
	LC50 für Fische: 3,9-18,0 mg/l	(2)
	Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Gewässer haben	(14)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: mindertoxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
	Aufgrund des niedrigen log Pow liegt kein Hinweis auf ein nennenswertes Bioakkumulationspotential vor; bei Fischen wurde keine Bioakkumulation gefunden	(3)
	Log Pow: 0,7 bis 1,61	(3)
	BCF 1,5 bis 5	(3)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	Verwendung in Sprengkapseln und Sprengladungen, Torpedos, als Ersatzsprengstoff für TNT; in 50/500 kg Bomben, Granaten, V2-Füllung, Zündladungen	(2)
Taktische Gemische:	In Kombination mit 30-40% TNT	(2)
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 16,2 / H: 2,7 / N: 37,8 / O: 43,2	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie vorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach dem Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Mit Wasser spülen. Verwendung von Seife ist erlaubt. Kleidung vor dem Spülen entfernen.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Atemschwierigkeiten: Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Opfer bei vollem Bewußtsein: frühestmöglich erbrechen lassen. Erbrechen mit einer (0,9 %igen) Salzlösung herbeiführen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm).</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsweise)		
Deutschland:	Cyclotrimethylentrinitramin; 1,3,5-Trinitrohexahydro-1,3,5-triazin	
	RDX; Hexolit; Cyclonit	
England / USA:	1,3,5-trinitrohexahydro-1,3,5-triazinane	
	Cyclonite; RDX	
Frankreich:	Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine; Perhydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine	
	Hexogène	
Russland:	k.A.	
	k.A.	

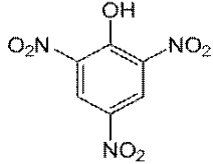
10.1.28 Nitroglycerin (CAS Nr. 55-63-0)

Nitroglycerin			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	55-63-0		Summenformel:
Molare Masse:	227,11 g/mol	(2)	
Dichte (bei 20°C):	1,59 g/cm ³	(2)	
	1,618 g/cm ³	(3)	
Schmelzpunkt:	13,1°C (stab. Modifikation)	(2)	
	2,8°C (labile Modifikation)	(3)	
Siedepunkt:	160 °C (vollst. Zersetz.)	(2)	
Dampfdruck:	0,235 Pa	(3)	
Relative Dampfdichte:	7,84	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	0,13 g/m ³ (50°C)	(3)	
Aggregatzustand:	flüssig	(2)	
Geruch:	techn.: schwach süßlich	(2)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	bei Raumtemperatur gelbliche, ölige Flüssigkeit	
	<i>Technisch:</i>	k.A.	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	unbegrenzt löslich u.a. in Aceton, Methanol, Benzol, Chloroform; leicht löslich in Ethanol; schwer löslich in Schwefelkohlenstoff	
	<i>In Wasser:</i>	1,25 bis 2,5 g/l	(14)
wenig löslich, 1,5-2,0 g/l		(2)	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Schnelle Hydrolyse im alkalischen Milieu		(2)
	Hydrolysehalbwertszeit in Wasser ca. 1 Jahr		(3)
	Halbwertszeit 37 d im alkalischen, wässrigen Milieu bei 25 °C		(3)
Hydrolyseprodukte:	k.A.		
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	k.A.		
Stabilität / Lagerung:	In Reinform bei Raumtemperatur unzersetzt haltbar		(2)
	Nicht stabil unter Einwirkung von Hitze und Stoß		(14)
	Bei Zersetzung (Beginn: 50-60°C) Bildung nitroser Gase und Salpetersäure		(2)
	Schwach hygroskopisch		(2)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut		(3)
	Krämpfe, Halluzinationen, Lähmungen, tödlicher Herzinfarkt		(2)
	Schnelle inhalative, orale und dermale Aufnahme; Gefahr der Hautresorption		(3)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	Inhalativ: 0,5 mg/m ³ /25min Kopfschmerz	
	LCt	k.A.	
	LD	2 g (oral); 112,5 ppm (oral) ⁽³⁾	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	2 g; "1 Tropfen" (dermal)		
Chronische Humantoxizität:	U.a. plötzliche Todesfälle durch Herzversagen; signifikante Häufung koronaler Herzerkrankungen		(2)
	Gefahr kumulativer Wirkungen		(2)
	Kumulative Wirkung		(14)
Kanzerogenität:	Kanzerogene Wirkung beim Menschen (u.a. erhöhtes Auftreten von Lungenkarzinomen) und im Tierversuch erwiesen		(2)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK)		(3)
	Krebserregende Eigenschaften für den Menschen unklar		(14)
Mutagenität:	Mutagene Wirkung im Tierversuch bewiesen		(2)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Teratogenität:	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff, der für Wasserorganismen tödlich ist	(3)
	Stark wassergefährdend; giftig für Fische, schädlich für Wirbellose	(14)
	LC50 für Fische: 1,28-4,8 mg/l	(2)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: mindertoxisch	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Keine Akkumulation aufgrund schneller Metabolisierung und Ausscheidung	(2)
	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
	Log Pow: 1,62 bis 1,77	(3)
	Keine Akkumulation in Fischen	(3)
	Es ist mit keiner hohen Bioakkumulation zu rechnen	(3)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	Handgranaten, Zündladungen, Raketen; als Blättchenpulver, Röhrenpulver etc.	(2)
Taktische Gemische:	k.A.	
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 15,9 / H: 2,2 / N: 18,5 / O: 63,4	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Verwendung von Seife ist erlaubt. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Nichts oder ein wenig zu trinken geben. Kein Erbrechen herbeiführen. Medizinalkohle zugeben. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik. Arzt: Magenspülung.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	1,2,3-Propantrioltrinitrat; Glycerintrinitrat	
	NG	
England / USA:	Nitroglycerine; 1,2,3-tris(nitrooxy)propane; 1,2,3-propanetrioltrinitrate	
	k.A.	
Frankreich:	Trinitrate de glycérol	
	k.A.	
Russland:	k.A.	
	k.A.	

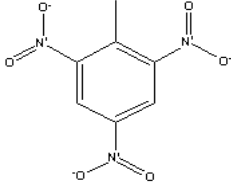
10.1.29 Pikrinsäure (CAS Nr. 88-89-1)

Pikrinsäure			
<i>Physikalische / Chemische Daten</i>			
CAS - Nr.:	88-89-1		Summenformel: C ₆ H ₃ N ₃ O ₇
Molare Masse:	229,12 g/mol	(2)	Strukturformel: 
Dichte (bei 20°C):	1,763 g/cm ³	(2)	
Schmelzpunkt:	121,9 bis 123°C	(2)	
Siedepunkt:	k.A., Flammpunkt 150°C; explodiert > 300 °C	(2)	
Dampfdruck:	9,95 x 10 ⁻⁵ Pa	(3)	
Relative Dampfdichte:	7,9	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	k.A.		
Aggregatzustand:	fest	(2)	
Geruch:	geruchslos	(2)	
Aussehen:	<i>Reinform:</i>	feste, gelbe, kristalline Blättchen	
	<i>Technisch:</i>	gelblich	
Löslichkeit:	<i>Generell:</i>	löslich u.a. in Aceton, Methanol, Essigsäure, Benzol	
	<i>In Wasser:</i>	begrenzt wasserlöslich; 11,0-14 g/l	
<i>Stabilität / Abbauverhalten</i>			
Hydrolyse:	Keine Hydrolyse		(2)
	Hydrolyse unwahrscheinlich, da keine reaktive Gruppen		(3)
	Unter Umweltbedingungen bisher nicht beobachtet		(3)
Hydrolyseprodukte:	k.A.		(2)
Hydrolyse in Seewasser:	k.A.		
Korrosionsverhalten:	Korrodiert Metall		(2)
Stabilität / Lagerung:	Trocken sehr empfindlich bei Stoß		(2)
	Schlag- und reibungsempfindlich (Explosion)		(2)
	Als Säure greift PS die Metalle der Granaten an, wobei sich hochexplosive, stoßempfindliche Pikrate bilden können		(3)
<i>Toxizität / Ökotoxizität</i>			
Akute Humantoxizität:	Giftig beim Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut		(2)
	Ätzende Wirkung aufgrund des niedrigen pH-Wertes		(14)
	Resorption über die Haut		(14)
	Schwere Vergiftungen bei oraler Aufnahme von 1-2 g		(2)
	Nieren- und Leberschäden, Krämpfe, Kollaps		(2)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.	
	LCt	k.A.	
	LD	oral: 5000 mg	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	oral: 1500 mg		
Chronische Humantoxizität:	Leber-, Nieren- und Atemwegsschäden		(2)
	Wiederholter oder andauernder Hautkontakt kann Dermatitis hervorrufen		(14)
Kanzerogenität:	Verdacht der Kanzerogenität		(3)
	Keine Auflistung in Karzinogenitätsklasse (IARC,EG,TLV,MAK).		(3)
	Einstufung DFG: 3B: Aus In-vitro- oder aus Tierversuchen liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung vor, die jedoch zur Einordnung in eine anderen Kategorie nicht ausreichen.		(14)
Mutagenität:	Chromosomenveränderung im Tierversuch beobachtet		(3)
	Keine Auflistung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK)		(3)
Teratogenität:	Teratogene Wirkung belegt		(3)
	Nicht als reproduktionsgiftig eingestuft (EG)		(14)
	Keine Auflistung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)		(3)

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Aquatische Toxizität:	Wassergefährdender Stoff WGK 2	(14)
	Sehr gefährlicher Wasserschadstoff, der für Wasserorganismen toxisch ist	(3)
	Wenig schädlich für Fische (LC50 >100 mg/l); schädlich für Wasserorganismen	(3)
	LC50 bei Fischen: 170 mg/l	(2)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: keine Hydrolyseprodukte (vgl. Hydrolyse)	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Kein Bioakkumulationspotential (BCF < 1); wenig oder nicht bioakkumulierbar	(3)
	BCF (berechnet): 13	(3)
	Log Pow: 1,34 bis 2,03	(3)
	Wenig oder nicht bioakkumulierbar	(14)
Grenzwerte:	Trinkwasser: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,1 µg/l	(14)
Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	In Preßladungen und Pioniermunition; Füllpulver, Sprengmunition, Sprengkörper, Granatfüllungen, Minen	(2)
Taktische Gemische:	k.A.	
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 31,4 / H: 1,3 / N: 18,3 / O: 48,9	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> Die Lebensfunktionen überwachen. Bewußtloses Opfer: Atemwege freihalten. Bei Atemstillstand: künstliche Beatmung/Sauerstoffzugabe. Bei Herzstillstand: Wiederbelebung durchführen. Bei Bewußtsein mit Atemschwierigkeiten: halbsitzende Lage. Bei Schock ist empfohlen: Körper flach, Beine hochgelagert. Bei Erbrechen: Erstickung/Aspirationspneumonie zuvorkommen. Vor Wärmeverlust schützen (zudecken, nicht aufwärmen). Das Opfer ständig beobachten. Psychologische Betreuung leisten. Opfer ruhig halten, jede Anstrengung vermeiden. Je nach Zustand: zum Arzt/Krankenhaus. Dem Opfer niemals Alkohol verabreichen.</p> <p><i>Haut:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen oder abdsuschen. Keine (chemischen) Neutralisationsmittel verwenden. Kleidung vor dem Spülen entfernen. Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Augen:</i> Sofort 15 Minuten mit viel Wasser spülen. Keine Neutralisationsmittel verwenden. Bei andauernder Reizung einen Augenarzt konsultieren.</p> <p><i>Inhalation:</i> Opfer an die frische Luft bringen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren.</p> <p><i>Orale Aufnahme:</i> Mund mit Wasser spülen. Frühestmöglich nach Einnahme: viel Wasser trinken lassen. Milch trinken lassen. Sofort Arzt/medizinischen Dienst konsultieren. Die Giftnotrufzentrale konsultieren (www.big.be/antigif.htm). Behälter/Erbrochenes mit zum Arzt/Krankenhaus bringen. Einnahme größerer Mengen: sofort in die Klinik.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	2,4,6-Trinitrophenol; Pikrinsäure	
	k.A.	
England / USA:	Picric acid; Trinitrophenol	
	k.A.	
Frankreich:	2,4,6-trinitrophénol; Acide picrique	
	k.A.	
Russland:	k.A.	
	k.A.	

10.1.30 Trinitrotoluol (TNT) (CAS Nr. 118-96-7)

2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)			
Physikalische / Chemische Daten			
CAS - Nr.:	118-96-7		Summenformel: C ₇ H ₅ N ₃ O ₆
Molare Masse:	227,13 g/mol	(2)	
Dichte (bei 20°C):	1,654 g/cm ³	(2)	
Schmelzpunkt:	80,1 bis 80,7°C	(2)	
Siedepunkt:	kein Siedepunkt, Zersetzung bei 240°C, bei 281°C unter Explosion	(2)	
Dampfdruck:	0,14 hPa (100°C)	(3)	
Relative Dampfdichte:	7,85	(3)	
Max. Sättigungskonz.:	0,05 mg/m ³	(3)	
Aggregatzustand:	fest	(2)	
Geruch:	geruchlos	(3)	
Aussehen:	Reinform:	schwach gelbliche Kristalle oder Schuppen (2)	
	Technisch:	schwach gelbliche Kristalle oder Schuppen (2)	
Löslichkeit:	Generell:	löslich in Chloroform (250g/l bei 18°C), Ethanol (12,5g/l bei 18°C), Benzol, Toluol, Aceton; schwer löslich in Alkoholen (2)	
	In Wasser:	50-65 mg/l (8) 100 bis 130 mg/l; 100 mg/l bei 0,3 °C (2)	
Stabilität / Abbauverhalten			
Hydrolyse:	Keine Hydrolyse		(2)
	Keine Hydrolyse bei 20 °C und pH 10		(3)
	Halbwertszeit > 50 a bei 15 °C und pH 5-8; Hydrolyse unwahrscheinlich, da keine reaktiven Gruppen		(3)
Hydrolyseprodukte:	k.A.		
Hydrolyse in Seewasser:	0% Abbaurrate, keine Transformation während 108 d; Konzentration: 95 mg/l		(3)
Korrosionsverhalten:	Greift Metalle nicht an		(2)
Stabilität / Lagerung:	Stabil		(2)
	Nicht hygroskopisch		(2)
	Beständig gegen Säuren, empfindlich gegen Basen		(2)
Toxizität / Ökotoxizität			
Akute Humantoxizität:	Giftig beim Einatmen, Verschlucken oder Berührung mit der Haut		(2)
	Mäßig giftiger Reizstoff, Zell-, Gewebe-, Blut-, ZNS-, Magen-, Darm-, Leber- und Nierengift		(3)
	Resorptionsgefahr über die Haut		(14)
Humantoxische Konzentrationen:	ADI	k.A.	
	BAT	k.A.	
	ct	k.A.	
	ICt50	k.A.	
	LC	k.A.	
	LCt	k.A.	
	LD	oral: 1500 mg (3)	
	MAK	k.A.	
	TC	k.A.	
TD	k.A.		
Chronische Humantoxizität:	Gefahr kumulativer Wirkung		(3)
	Allergien, Sensibilisierung, Kontaktekzeme sowie toxische Hepatitis und grauer Star		(2)
	Kopfschmerzen, gastrointestinale Beschwerden, allgemeine Schwäche, Anämie und Leberschäden		(3)
Kancerogenität:	Verdacht der kanzerogenen Wirkung		(2)
	Krebserregende Eigenschaften für den Menschen unklar		(3)
	Einstufung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG): III B: Aus In-vitro- oder aus Tierversuchen liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung vor, die jedoch zur Einordnung in eine andere Kategorie nicht ausreichen. (14)		

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Mutagenität:	Mutagene Wirkung im Tierversuch belegt	(2)
	Genmutation bei Säugetierzellen	(3)
	Keine Aufstufung in Mutagenitätsklasse (EG,MAK).	(3)
Teratogenität:	Keine Aufstufung in Teratogenitätsklasse (EG,MAK)	(3)
Aquatische Toxizität:	Gefährlicher Wasserschadstoff, der auf Wasserorganismen toxisch wirkt	(3)
	Toxisch für Mikroorganismen und Wasserpflanzen	(2)
	LC50: 0,7 bis 4,2 mg/l für Fische tödlich	(3)
	LC50 Invertebraten: 1,0-29 mg/l	(8)
	Freiwerden akut toxischer Konzentrationen kann recht schnell erfolgen, wenn Kampfmittel nicht mit Sediment bedeckt sind oder die Verdünnung durch nachströmendes "Frischwasser" begrenzt ist	(8)
Toxizität d. Hydrolyseprodukte:	k.A.	
	Annahme: keine Hydrolyseprodukte (vgl. Hydrolyse)	(x)
Bioakkumulationspotenzial:	Geringes Bioakkumulationspotenzial; in der Umwelt persistent mit Gefahr der kumulativen Wirkung	(3)
	Biokonzentrationsfaktor BCF: 9 bis 40 (berechnet)	(3)
	Log Pow: 1,31 bis 2,03	(3)
Grenzwerte:	k.A.	
Sonstige Informationen		
Produktion:	k.A.	
Einsatzmittel:	Füllungen u.a. für Granaten, Bomben, Kampfstoffmunition, Minen	(2)
Taktische Gemische:	k.A.	
Ø Massenanteile in Gew.-%:	C: 37,0 / H: 2,2 / N: 18,5 / O: 42,3	(x)
Klassische Entgiftungsmittel:	k.A.	
Erstmaßnahmen bei Kontamination:	<p><i>Allgemeine Maßnahmen:</i> In jedem Fall ärztliche Behandlung notwendig! <i>Inhalation:</i> Frischluft. Ruhe. Künstliche Beatmung, falls notwendig. Ärztlicher Behandlung zuführen. <i>Haut:</i> Kontaminierte Kleidung entfernen. Haut mit Wasser und Seife abwaschen. Ärztlicher Behandlung zuführen. Bei Erste-Hilfe- Maßnahmen Schutzhandschuhe tragen. <i>Augen:</i> Augen einige Minuten mit viel Wasser spülen, vorher möglichst Kontaktlinsen entfernen. Verletzten zum Arzt bringen. <i>Orale Aufnahme:</i> Mund ausspülen. Erbrechen auslösen (NICHT bei bewußtlosen Personen). Beim Erbrechen auslösen Schutzhandschuhe tragen.</p>	(14)
Synonyme / Kurz- bzw. Taktische Bezeichnungen (auszugsw.)		
Deutschland:	Trinitrotoluen; Trinitrotoluol alpha-TNT; Triton	
England / USA:	2,4,6-trinitrotoluene; 2-methyl-1,3,5-trinitrobenzene Tolite; TNT	
Frankreich:	2,4,6-trinitrotoluene k.A.	
Russland:	k.A. k.A.	

10.2 Kampfmitteldatenbank

Die nachfolgenden übersichtlichen Ausarbeitungen zu den seitens Deutschland im Ersten und Zweiten Weltkrieg eingesetzten chemischen Kampfmitteln erhebt keinerlei Anspruch auf eine umfassende Behandlung aller entsprechender Kampfmittel, sondern soll nur einen orientierenden Überblick über die Hauptcharakteristika der wichtigsten Kampfmittel des deutschen Heeres und der Luftwaffe geben. Eine umfassende Darstellung ist aufgrund der enormen Vielfalt der verwendeten Kampfmittel, ihrer Modifikationen und Hunderter von Gemischen der Inhaltsstoffe überhaupt kaum möglich und würde selbst ansatzweise den Umfang der vorliegenden Arbeit sprengen.

Die ausgewerteten Quellen werden – soweit nicht bereits anders ausgewiesen – aus Gründen der Übersichtlichkeit über in Klammern gesetzte Zahlen verdeutlicht:

Kampfstoffmunition des Deutschen Heeres im Zweiten Weltkrieg (Tabelle 52 bis Tabelle 54):

- (1) [HAMERLA 1989] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996]
- (2) [MARTINETZ & RIPPEN 1996]
- (3) [JÄCKEL 1971]

Kampfstoffmunition der Deutschen Luftwaffe im Zweiten Weltkrieg (Tabelle 55):

- (1) [HAMERLA 1989] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996]
- (2) [MARTINETZ & RIPPEN 1996]

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 48: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil I (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK I									
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen
1	7,7 cm Feldkanone	Grünkreuz	7,0	-	0,585	Diphosgen	-	0,03	-
		Grünkreuz 1	7,0	-	0,610	Diphosgen Chlorpikrin	30-70% 70-30%	0,03	-
		Blaukreuz Brisanz	7,0	0,124	-	Clark I	-	0,651	-
		Gelbkreuz	7,0	-	0,610	TNT S-Lost Tetrachlormethan oder Chlorbenzol	- 80-90% 20-10%	0,03	als Brisanzgranate mit 100 g Sprengstoff
2	10 cm Kanone	Grünkreuz 1	16,0	-	1,330	Diphosgen Chlorpikrin	30-70% 70-30%	0,06	-
3	10,5 cm leichte Feldhaubitze	Grünkreuz 1	16,0	-	1,340	Diphosgen Chlorpikrin	30-70% 70-30%	0,06	-
		Blaukreuz Brisanz	16,0	0,410	-	Clark I	-	1,300	-
		Blaukreuz Variation	16,0	-	-	TNT Clark I	- 55%	0,06	-
		Gelbkreuz	16,0	-	-	Ethylcarbazol S-Lost	41% 80-90%	0,06	-
		Gelbkreuz Variation	16,0	-	1,200	Tetrachlormethan oder Chlorbenzol	20-10%	0,06	-
		Gelbkreuz Variation	16,0	-	1,200	S-Lost Dichlordimethylether in Tetrachlormethan	- -	0,06	-
		Gelbkreuz Variation	16,0	-	1,200	S-Lost Nitrobenzol Chlorbenzol	77,50% 11,50% 9%	0,06	-
		Gelbkreuz 1 später Grünkreuz 3	16,0	-	1,200	Ethylarsindichlorid Dichlordimethylether	2-47% 98-53%	0,06	-
		ohne	16,0	-	-	Phenylcarbylaminchlorid Ethylarsindichlorid Ethylarsindibromid	nahezu 100% 37% 45%	0,06	-
		Grünkreuz 3	16,0	-	1,200	Dichlordimethylether	18%	0,06	-

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 49: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 2 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK I									
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen
4	15 cm schwere Feldhaubitze	Grünkreuz	42,0	-	3,900	Diphosgen	-	1,0	-
		Grünkreuz Variation	42,0	-	3,900	Diphosgen Brommethylethylketon	-	1,0	-
		Grünkreuz Variation	42,0	-	3,900	Brommethylethylketon	-	1,0	-
		Grünkreuz Variation	42,0	-	3,900	Phenylcarbylaminchlorid	-	1,0	-
		Grünkreuz 1	42,0	-	-	Diphosgen	30-70%	1,0	-
						Chlorpikrin	70-30%		
		Grünkreuz 2 bzw. Grünkreuz Brisanz	42,0	-	3,200	Phosgen Diphosgen Clark I TNT	60% 28% 12% -	0,187	-
		Blaukreuz Brisanz	42,0	1,350	-	Clark I TNT	- -	3,470	-
		Blaukreuz 1 bzw. Blaukreuz Brisanz	42,0	-	-	Clark II TNT	- -	1,0	-
		Gelbkreuz Brisanz	42,0	-	2,880	S-Lost Chlorbenzol	80% 20%	0,700	-
						TNT	-		
		Gelbkreuz	42,0	-	-	S-Lost Nitrobenzol	72% 28%	1,0	-
		Gelbkreuz Variation	42,0	-	-	S-Lost Dichlordimethylether	80% 20%	1,0	-
		Gelbkreuz Brisanz	42,0	-	-	S-Lost TNT	- -	1,0	-
		5	15 cm Kanone	Gelbkreuz Brisanz	42,0	-	3,080	S-Lost Chlorbenzol TNT	80% 20% -

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 50: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 3 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK I									
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen
6	21 cm Mörser	Grünkreuz 3 (vorher Gelbkreuz 1)	118,0	-	8,000	Diphosgen Chlorpikrin	95%	4,0	-
							5%		
							60%		
							28%		
							12%		
TNT									
6	21 cm Mörser	Grünkreuz 2 bzw. Grünkreuz Brisanz	118,0	-	8,000	Phosgen	45%	0,878	-
							37%		
							18%		
							75%		
							15%		
5%									
6	21 cm Mörser	Gelbkreuz	118,0	-	8,000	S-Lost	2 oder 53%	4,0	-
							98 oder 47%		
							Chlorbenzol		
							Dichlordimethylether		
							Formaldehyd		
6	21 cm Mörser	Gelbkreuz 1	118,0	-	-	Ethylarsindichlorid Dichlordimethylether	2 oder 53%	4,0	-
							98 oder 47%		
							Ethylarsindichlorid		
							Ethylarsindibromid		
							Dichlordimethylether		
7	7,6 cm leichte Gasmine	Gelbring (B-Mine) Gelbring (C-Mine) Gelbring (D-Mine)	4,2	0,750	-	Xylyl- und Xylylenbromide	-	0,03	-
							-		
							-		
							-		
							-		
8	17 cm mittlere Gasmine	Weißring (B-Mine) Weißring (C-Mine) Weißring (D-Mine)	38,0	11,5	-	Brommethylethylketon	-	0,06	-
							-		
							-		
							-		
							-		
9	26 cm schwere Gasmine	Gelbring (B-Mine) Gelbring (C-Mine) ohne	65,0	ca. 20,0	-	Phosgen oder Diphosgen	-	0,06	-
							-		
							-		
							-		
							-		

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 51: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK I, Teil 4 (nach [HANSLIAN 1927] sowie [HANSLIAN 1937] in [MARTINETZ & RIPPEN 1996])

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK I											
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen		
10	16 cm Gaswerferflasche	ohne	-	-	-	Phosgen mit Rauchzylinder	-	-	-		
11	18 cm Gaswerferflasche	Blaukreuz	-	5,240	-	Clark I	48%	-	-		
		ohne	-		-	Hexanitrodiphenylamin	51%	-	-		
		ohne	-	-	-	Phosgen	100%	-	-		
			-	-	-	Phosgen	62%	-	-		
12	Kugelhandgranate	ohne	-	-	-	Diphosgen	34%	-	-		
						Dichlormethylchlorformiat	2%	-	-		
		rotes "B" rotes "C"	-	-	-	-	-	Bromacetone	-	-	-
								Chlorsulfonsäure	-	-	-
								Brommethylethylketon	-	-	-
								Methylschwefelsäure-chlorid	95%	-	-
Dimethylsulfat	5%	-	-								
13	Stockhandgranate	blaues "C"	-	-	-	Clark I Sprengstoff	40% 50%	-	-		

Tabelle 52: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil I

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK II										
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen	Quellen
1	2 cm Panzergranate	Weißring	-	-	-	Chloracetophenon	-	-	-	(1)
		Gelbring	-	-	-	S-Lost	-	-	-	(1)
2	5 cm Panzergranate	Weißring	-	-	-	Chloracetophenon	-	-	-	(1)
3	7,5 cm Infanteriegranate	Weißring	52,0 (2)	-	-	Chloracetophenon	50% (2)	-	-	(1), (2)
						PETN (2)	38% (2)	-	-	(2)
		Gelbring	-	-	-	Wachs (2)	12% (2)	-	-	(2)
4	10,5 cm Feldhaubitzengranate		-	-	-	S-Lost	-	-	-	(1)
		Blauring	14,8 (2)	0,550 (2)	-	Adamsit	90%ig (2)	0,900 (TNT, evtl. Nitropenta) (2)	-	(1)
		Blauring 2	-	-	-	Adamsit	-	-	-	(1)
						Arsinöl	-	-	-	(1)
		Blauring 3	14,1 (2)	0,837 (2)	-	Adamsit	50% (2)	0,084 (verdichtetes Schießpulver) (2)	-	(1)
						oder Clark I & NC (3)	43% (3)	-	-	(3)
						Nitrocellulose Flocken (2)	50% (2)	-	-	(2)
		Weißring	14,5 (2)	1,219 (2)	-	Chloracetophenon	50% (2)	-	-	(1)
						PETN (2)	40% (2)	-	-	(2)
						Wachs (2)	10% (2)	-	-	(2)
				S-Lost	-	-	0,125 (95% Hexogen, 5% Montanwachs) (2)	Winterlosfüllung (2)	(1)	
				1,250 (2)	1,5 (3)	-	-	-	(1)	
				0,840 (2)	0,9 (2; 9 Granate 38 (3))	S-Lost	-	0,510 - 0,600 (95% Hexogen, 5% Montanwachs) (2)	Oxol-, N- oder Winterlost (2)	(1)
				1,200 (2)	-	Tabun	-	0,215 (50% Hexogen, 50% TNT) (2)	-	(1)
				-	-	in 20% Monochlorbenzol (2)	-	-	-	(2)
				1,160 - 1,250 (2)	1,8 (3)	S-Lost/ (Clark (3))	Lost 50-60%, Clark 40-50% (3)	0,094 - 208 (60% Hexogen, 40% Montanwachs) (2)	Winterlosfüllung (S-Lost/Arsinöl) (2)	(1)

Tabelle 53: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil 2

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK II											
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen	Quellen	
5	15 cm schwere Feldhaubitzen- bzw. schwere Infanteriegranate	Blauring	42,3 (2)	1,485 (2)	-	Adamsit	90%ig (2)	2,338 (75% Nitropenta, 25% Montanwachs) (2)	-	(1)	
		Blauring 2	-	-	-	Arsinöl	-	-	-	(1)	
		Blauring 3	-	-	-	Clark II	-	-	-	(1)	
		Weißring	42,5 (2)	3,500 (2)	Chloracetophenon	50% (2)	-	-	(1)		
						40% (2)	-	-	(2)		
						10% (2)	-	-	(2)		
		Grünring	36,8 (2)	-	3,500 (2)	S-Lost	-	0,580 (70% Hexogen, 30% Montanwachs) (2)	Oxol-Lost Füllung (2)	(1)	
		Grünring 1	38,1 (2)	2,9 (2)	-	N-Lost	98%ig (2)	2,1 (95% Hexogen, 5% Montanwachs) (2)	-	(1)	
		Grünring 3	-	-	-	Tabun	-	-	-	-	(1)
		Gelbring	37,4 (2)	4,3 (2) (4,8 (3))	3,500 (2)	S-Lost / (Clark (3))	Lost 50-60% (3) Clark 40-50% (3)	0,580 (60% Hexogen, 40% Montanwachs) (2)	Winterlostopfüllung (2)	(1)	
Blauring 2	-	-	-	Arsinöl	-	-	-	schwere Infanteriegranate	(1)		
Grünring 1	-	-	-	N-Lost	-	-	-	schwere Infanteriegranate	(1)		
6	8 cm Wurfgranate	Weißring	-	-	-	Chloracetophenon	-	-	-	(1)	
		Blauring	-	-	-	Adamsit	-	-	-	(1)	
7	10 cm Wurfgranate	Gelbring	6,8 (2)	1,5 (2)	-	S-Lost / (Clark (3))	Lost 50-60% (3) Clark 40-50% (3)	0,050 (60% Nitropenta, 40% Montanwachs) (2)	Winterlostopfüllung (2)	(1)	
8	15 cm Wurfgranate	Blauring	-	-	-	Arsinöl	-	-	-	(1)	
		Grünring	-	-	-	S-Lost	-	-	-	(1)	
		Grünring 1	-	1,3 (3,1 (3))	-	N-Lost	-	-	-	(1)	
		Grünring 3	-	-	-	Tabun	-	-	-	(1)	
		Gelbring	-	4,6	-	S-Lost	-	-	-	(1)	

Tabelle 54: Deutsche Kampfstoffmunition Heer WK II, Teil 3

Deutsche Kampfstoff-Munition Heer WK II										
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca. kg)	Bemerkungen	Quellen
9	20 cm Wurfgranate	ohne	-	-	-	verschiedene, in Erprobung	-	-	-	(1)
10	38 cm Wurfgranate	ohne	-	-	-	verschiedene, in Erprobung	-	-	-	(1)
11	11 cm Wurfkörper	DOH	-	-	-	verschieden	-	-	-	(1)
12	28 cm Wurfkörper	DOH	-	-	-	verschieden	-	-	-	(1)
13	30 cm Wurfkörper	Gelbring Grünring 1	-	-	-	S-Lost N-Lost	-	-	-	(1)
14	32 cm Wurfkörper	DOH	-	-	-	verschieden	-	-	-	(1)
15	4 cm Gewehrmunition	Gelbring	-	-	-	S-Lost	-	-	-	(1)
16	Handgranate	Weißring	-	-	-	Chloracetophenon	-	-	-	(1)
17	Sprühbüchse 37	Gelbring Gelbring 2	-	-	10,0 10,0	S-Lost Zäh-Lost	-	-	-	(1)
18	Schwebbehälter (divers)	-	-	-	-	A-Pulver	-	-	-	(1)

Tabelle 55: Deutsche Kampfstoffmunition Luftwaffe WK II

Deutsche Kampfstoff-Munition Luftwaffe WK II											
Lfd. Nr.	Bezeichnung des Kampfmittels	Kennzeichnung	Gesamtgewicht gefüllt (kg)	Gewicht der Füllung (kg)	Volumen der Füllung (l)	Art der Füllung	Spezifische Mischung	Sprengstoffmenge (ca., kg)	Bemerkungen	Quellen	
1	50 kg Kampfstoffbombe	KC 50 II Bu	43,0 (2)	13-15	-	Adamsit	50% (2)	-	-	(1)	
					-	Nitrocellulose (2)	50% (2)	-	-	(2)	
2	50 kg Kampfstoffbombe	NC 50 D	-	36	-	Bergermischung	-	-	in mehreren Sprühbüchsen	(1)	
					-	S-Lost	-	3,2 (TNT)	gefüllt mit Sommer- und/oder Winterlost (2)	(1)	
3	250 kg Kampfstoffbombe	KC 250 Gb	160,0 (2)	100	-	S-Lost	-	0,1 (Pikrinsäure) (2)	100 g Überträgerladung	(1)	
					-	Zäh-Lost	-	15,5 (TNT) (2)	gefüllt mit Sommer- und/oder Winterlost (2)	(1)	
		KC 250 III Gr	149,0 (2)	86 - 100	-	S-Lost	-	0,9 (TNT)	-	-	(1)
					-	Phosgen	-	4,05 - 4,5 (TNT) (2)	Tabunfüllung oder Tabun in Mischung mit 20% Chlorbenzol (2)	(1)	
					-	Chloracetophenon	-	0,145 (Pikrinsäure)	-	(1)	
4	500 kg Kampfstoffbombe	KC 500 II Gr	-	200	-	Phosgen oder Diphosgen	-	-	-	(1)	
					-	Chloracetophenon	-	-	-	-	(1)

10.3 Weitere Informationen zum Erstbewertungswerkzeug „FRATSAD“

10.3.1 Stoffcharakteristika und resultierende Wertungen

Die nachfolgenden Details zu den jeweiligen Charakteristika der Inhaltsstoffe chemischer und auch konventioneller Kampfmittel sind in der Administratoroberfläche von FRATSAD hinterlegt. Die Voreinstellungen (vgl. Tabelle 46, S. 225, sowie resultierende Punktzahlen in Tabelle 56, Seite 367) generieren automatisch entsprechend genannte Punktezahlen:

Dichte bei 20°C (Hauptaspekt: Aufschwimmen freigewordener Substanzen, vgl. Dichte Nordseewasser 1,026, von Ostseewasser 1,007)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|--|------|
| ➤ Dichte signifikant größer als die von Meerwasser (mind. 1,2) | 100 |
| ➤ Dichte geringfügig größer als die von Meerwasser (< 1,2 bis 1,05) | 400 |
| ➤ Dichte etwa so groß wie die von Meerwasser (< 1,05 bis 1,0) | 600 |
| ➤ Dichte geringfügig geringer als die von Meerwasser (< 1,0 bis 0,9) | 800 |
| ➤ Dichte signifikant geringer als die von Meerwasser (< 0,9) | 1000 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Löslichkeit & Hydrolyse in Wasser (verknüpft mit der Hydrolysegeschwindigkeit; Hauptaspekt: Potenzial zur Ausbildung einer Kontaminationsfahne und deren Persistenz)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|---|-----|
| ➤ Unlöslich, sehr schnelle Hydrolyse | 20 |
| ➤ Unlöslich, schnelle Hydrolyse | 40 |
| ➤ Unlöslich, langsame Hydrolyse | 60 |
| ➤ Unlöslich, sehr langsame Hydrolyse | 80 |
| ➤ Unlöslich, keine Hydrolyse | 100 |
| ➤ Schwer löslich (< 10 mg/l), sehr schnelle Hydrolyse | 40 |
| ➤ Schwer löslich (< 10 mg/l), schnelle Hydrolyse | 80 |
| ➤ Schwer löslich (< 10 mg/l), langsame Hydrolyse | 120 |
| ➤ Schwer löslich (< 10 mg/l), sehr langsame Hydrolyse | 160 |
| ➤ Schwer löslich (< 10 mg/l), keine Hydrolyse | 200 |

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

➤ Löslich (10 mg bis 1 g/l), sehr schnelle Hydrolyse	80
➤ Löslich (10 mg bis 1 g/l), schnelle Hydrolyse	160
➤ Löslich (10 mg bis 1 g/l), langsame Hydrolyse	240
➤ Löslich (10 mg bis 1 g/l), sehr langsame Hydrolyse	320
➤ Löslich (10 mg bis 1 g/l), keine Hydrolyse	400
➤ Gut löslich (> 1g bis 100g/l), sehr schnelle Hydrolyse	120
➤ Gut löslich (> 1g bis 100g/l), schnelle Hydrolyse	240
➤ Gut löslich (> 1g bis 100g/l), langsame Hydrolyse	360
➤ Gut löslich (> 1g bis 100g/l), sehr langsame Hydrolyse	480
➤ Gut löslich (> 1g bis 100g/l), keine Hydrolyse	600
➤ Sehr gut löslich (> 100 g/l), sehr schnelle Hydrolyse	160
➤ Sehr gut löslich (> 100 g/l), schnelle Hydrolyse	320
➤ Sehr gut löslich (> 100 g/l), langsame Hydrolyse	480
➤ Sehr gut löslich (> 100 g/l), sehr langsame Hydrolyse	640
➤ Sehr gut löslich (> 100 g/l), keine Hydrolyse	800

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Stabilität (Hauptaspekt: Wahrscheinlichkeit der nach wie vor vorhandenen Wirksamkeit)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

➤ Sehr instabil	100
➤ Recht instabil	200
➤ Mittelfristig stabil	400
➤ Recht stabil	600
➤ Sehr stabil	1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Akute Humantoxizität (Hauptaspekt: Unmittelbare Auswirkungen bei Kontakt mit aktiver Substanz)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

➤ Mindertoxisch	100
➤ Toxisch	200
➤ Stark toxisch	600
➤ Hochtoxisch	800
➤ Extrem toxisch	1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Chronische Humantoxizität (Hauptaspekt: Langzeitwirkung bei geringen Dosen)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

➤ Mindertoxisch	100
➤ Toxisch	200
➤ Stark toxisch	600
➤ Hochtoxisch	800
➤ Extrem toxisch	1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Kanzerogenität

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

➤ Keine kanzerogene Wirkung	1
➤ Verdacht der Kanzerogenität	500
➤ Kanzerogenität bewiesen	1.000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Bemerkung: Die Punktezahl für „Keine kanzerogene Wirkung“ ist aufgrund der Ausführungen zu entsprechender Aussage in Kap. 5.1.1, S. 104 eher konservativ und zielt „in dubio pro

reo“ auf eine Entlastung der Substanzen mit belegter, entsprechend nicht vorhandener Wirkung. Gleiches gilt für die nachfolgenden Bewertungen für Mutagenität und Teratogenität.

Mutagenität

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|----------------------------|-------|
| ➤ Keine mutagene Wirkung | 1 |
| ➤ Verdacht der Mutagenität | 500 |
| ➤ Mutagenität bewiesen | 1.000 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Teratogenität

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|------------------------------|-------|
| ➤ Keine teratogene Wirkung | 1 |
| ➤ Verdacht der Teratogenität | 500 |
| ➤ Teratogenität bewiesen | 1.000 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Aquatische Toxizität (Hauptaspekt: Unmittelbare Auswirkung auf Flora und Fauna)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|------------------|------|
| ➤ Mindertoxisch | 100 |
| ➤ Toxisch | 200 |
| ➤ Stark toxisch | 600 |
| ➤ Hochtoxisch | 800 |
| ➤ Extrem toxisch | 1000 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Toxizität der Hydrolyseprodukte

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung. Wenn „Keine Hydrolyse“ gegeben, kommt der Aspekt ebenfalls automatisch aus der Wertung.

➤ Mindertoxisch	100
➤ Toxisch	200
➤ Stark toxisch	600
➤ Hochtoxisch	800
➤ Extrem toxisch	1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Bioakkumulationspotenzial (Hauptaspekt: Generelle Möglichkeit des Eindringens in die Nahrungskette)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung. Wenn „Keine Bioakkumulation“ gegeben, kommt der Aspekt ebenfalls automatisch aus der Wertung.

➤ Sehr gering	100
➤ Gering	200
➤ Mittel	600
➤ Groß	800
➤ Sehr groß	1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Arsenfracht (nur bei arsenhaltigen Inhaltsstoffen zu berücksichtigen)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt Aspekt automatisch aus der Wertung. Wenn „Keine Arsenfracht“ gegeben, kommt Aspekt ebenfalls automatisch aus der Wertung.

➤ Sehr gering (< 5 Gew.-% des Nettoinhalts)	100
➤ Gering (> 5 bis 15 Gew.-% des Nettoinhalts)	200
➤ Mittel (> 15 bis 25 Gew.-% des Nettoinhalts)	600
➤ Groß (> 25 bis 35 Gew.-% des Nettoinhalts)	800

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

➤ Sehr groß (> 35 Gew.-% des Nettoinhalts)

1000

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Die sich hieraus ergebenden Punktezahlen der Administratoreingaben (vgl. Tabelle 46, Seite 225) zu allen betrachteten Inhaltsstoffen chemischer als auch konventioneller Kampfmittel zeigt nachfolgende Tabelle 56.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

Tabelle 56: Aus den Administratoreingaben resultierende Punktezahlen der Kampfmittelinhaltsstoffe in FRATSAD

Kampfmittelinhalt	Dichte	Löslichkeit & Hydrolyse	Stabilität	Akute Humantoxizität	Chronische Humantoxizität	Kanzerogenität	Mutagenität	Teratogenität	Aquatische Toxizität	Toxizität der Hydrolyse-Produkte	Blokkumulation	Arsenfracht	Gesamtpunktezahl	Ranking
1 Gewichts-Faktor (°):	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2 Adamsit	100	80	1.000	800	800	500	500	500	800	800	600	800	7.280	15
3 Arsinol (**)	100	320	600	600	600	600	500	500	800	800	600	800	6.720	14
4 Pfiffikus (50%)	100	160	600	600	600	500	500	1	800	600	600	800	5.362	11
(-) Clark I (35%)						siehe regulärer Eintrag "Clark I"							0	
5 Triphenylamin (5%)	100	120	600	200	200	1	1	1	600	100	600	800	3.323	7
6 Arsenchlorid (5%)	100	320	600	800	800	1.000	500	1	800	800	600	1.000	7.321	15
7 Blausäure	1.000	480	400	600	200	1	1	1.000	1.000	100	100	-	4.882	10
8 Chlor	1.000	360	1.000	800	600	1	500	500	800	100	-	-	5.661	12
9 Chloracetophenon	100	480	1.000	800	600	500	1	500	600	100	100	-	4.781	10
10 Chlorpikrin	100	480	600	600	200	1	1	1	600	100	100	-	2.783	6
11 Clark II	100	360	600	600	200	500	500	500	800	800	600	800	6.360	13
12 Diphosgen	100	480	600	800	200	500	500	500	800	800	600	800	6.680	14
13 Hexogen	100	120	600	800	200	1	1	1	800	600	100	-	3.323	7
(-) Lewisit (Gemisch I-III)	100	160	1.000	200	800	500	1	1	600	100	100	-	3.562	7
14 Lewisit I (****)	100	240	600	1.000	800	500	500	500	800	600	600	1.000	7.240	15
15 Lewisit II	100	160	600	1.000	800	500	500	500	800	600	600	1.000	7.160	15
16 Lewisit III	100	80	600	1.000	800	1	1	1	800	600	600	800	5.383	11
17 Nitroglycerin	100	160	1.000	1.000	800	1	1	1	800	600	600	800	5.863	12
18 Phosgen	1.000	480	600	600	600	500	500	1	800	100	100	-	4.381	9
19 Phosphor	100	160	600	1.000	600	1	1	500	600	100	100	-	4.662	10
20 Pikrinsäure	100	600	200	600	800	1	500	500	600	600	600	-	4.762	10
21 Sarin	400	480	600	1.000	800	1	1	500	1.000	100	100	-	4.500	9
22 Sauerstoff	100	120	600	1.000	800	500	1.000	500	800	100	100	-	4.982	10
23 Sauerstoff	100	320	1.000	1.000	800	500	500	500	800	100	200	-	5.720	12
24 Soman	600	480	600	1.000	1.000	1	1	500	800	100	200	-	6.320	13
25 Stickstoff HN-1	400	480	600	800	800	500	500	1.000	800	100	200	-	5.482	11
26 Stickstoff HN-2	400	240	600	800	800	1.000	500	1.000	800	100	200	-	6.180	13
27 Stickstoff HN-3	100	320	600	800	800	500	500	500	800	600	600	-	5.940	12
28 Tabun	400	480	600	1.000	800	1	1	1.000	800	600	200	-	6.620	14
29 TNT	100	400	1.000	200	800	500	500	500	1.000	800	200	-	6.281	13

(*) "Gewichts-Faktor": In FRATSAD können die betrachteten Parameter hinsichtlich ihrer Relevanz nochmals über einen Multiplikator untereinander gewichtet werden, diese Priorisierung erfolgt derzeit nicht
 (**) Charakteristika von Arsinol: "Durchschnitt" der enthaltenen Stoffe; in FRATSAD werden die Stoffcharakteristika der Einzelbestandteile in der Endbewertung aufgeführt
 (****) Unter Lewisit I werden hier beide Konfigurationen cis/trans subsummiert; der Kampfstoff "Lewisit" als Gemisch der drei Lewisite I-III enthält etwa 90 Gew.-% Lewisit I

maximale Punktzahl:
Res. Stufung: 7.321
488

10.3.2 Umgebungsbedingungen und resultierende Bewertungen

Die nachfolgenden Details zu den jeweiligen Umgebungscharakteristika der betrachteten subaquatischen Kampfmittelaltlast sind in der Benutzeroberfläche von FRATSAD über Pulldownmenüs vom Nutzer einzugeben. Die zugrunde gelegten Punktezahlen werden, ebenso wie die automatisch generierten Zusatzkommentare für „Extremeingaben“, nachfolgend ausgeführt:

Entfernung zur nächstgelegenen stark frequentierte Fahrrinne bzw. Fährlinie

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|-----------------------------------|------|
| ➤ Sehr gering (bis etwa 1 km) | 1000 |
| ➤ Gering (> 1 km bis 5 km) | 500 |
| ➤ Mittelgroß (> 5 bis etwa 10 km) | 250 |
| ➤ Sehr groß (> 10 km) | 100 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Sehr gering“:

„Die unmittelbare Nähe zu einer stark frequentierten Fahrrinne bzw. Fährlinie resultiert in einem nicht abschätzbaren Risikopotenzial hinsichtlich einer möglichen spontanen Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer damit eventuell verbundenen signifikanten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe oder gar noch aktiver Kampfstoffe. Diese Inhaltsstoffe können unter Umständen erhebliche Konzentrationen in der Wassersäule und/oder Atmosphäre über der Verklappungsstelle aufweisen und aufgrund der wahrscheinlich unzureichenden Verdünnungseffekte durch die gegebene unmittelbare Nähe zu sich dort aufhaltenden Menschen ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen.“

Entfernung zur nächstgelegenen Küste

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|-----------------------------------|------|
| ➤ Sehr gering (bis etwa 1 km) | 1000 |
| ➤ Gering (> 1 km bis 5 km) | 500 |
| ➤ Mittelgroß (> 5 bis etwa 10 km) | 250 |
| ➤ Sehr groß (> 10 km) | 100 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Sehr gering“:

„Die unmittelbare Nähe zur nächstgelegenen Küste bedeutet nicht nur ein erhebliches Risikopotenzial hinsichtlich einer möglichen spontanen Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer damit eventuell verbundenen signifikanten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe oder gar noch aktiver Kampfstoffe. Diese Inhaltsstoffe können unter Umständen erhebliche Konzentrationen in der Wassersäule und/oder Atmosphäre über der Verklappungsstelle aufweisen und aufgrund der wahrscheinlich unzureichenden Verdünnungseffekte durch die gegebene unmittelbare Nähe zur Küste und den sich dort aufhaltenden Menschen ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellen. Zudem erhöht die sehr geringe Distanz zur Verklappungsstelle ganz erheblich die Möglichkeit einer Anschwemmung von Kampfmitteln bzw. deren Inhaltsstoffen an der Küste und die daraus resultierende Gefahr einer gesundheitlichen Beeinträchtigung sich dort aufhaltender Menschen durch den Kontakt mit diesen Kampfmitteln bzw. Inhalten. Der Zugriff auf die Kampfmittel und eventuell enthaltene toxische Inhaltsstoffe/Kampfstoffe im Kontext terroristisch motivierter Handlungen ist sehr leicht möglich.“

Entfernung zur nächstgelegenen Bebauung / Nutzungsstruktur

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|-----------------------------------|------|
| ➤ Sehr gering (bis etwa 1 km) | 1000 |
| ➤ Gering (> 1 km bis 5 km) | 500 |
| ➤ Mittelgroß (> 5 bis etwa 10 km) | 250 |
| ➤ Sehr groß (> 10 km) | 100 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Sehr gering“:

„Die unmittelbare Nähe zur nächstgelegenen Bebauungs- bzw. Nutzungsstruktur resultiert in einem erheblichen Risikopotenzial hinsichtlich einer signifikanten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe oder gar noch aktiver Kampfstoffe durch z.B. spontane Detonationen und einer hiermit bedingten Kontamination der angrenzenden Infrastrukturen und sich dort aufhaltenden Menschen. Die sehr geringe Distanz zur Verklappungsstelle erhöht auch ganz erheblich die Möglichkeit einer Anschwemmung von Kampfmitteln bzw. deren Inhaltsstoffen an der Küste und die daraus resultierende Gefahr einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch den Kontakt von sich dort aufhaltenden Menschen mit den Kampfmitteln bzw. Inhalten.“

Wassertiefe bei Tidenniedrigwasser an der Verklappungsstelle

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

➤ Sehr gering (0 bis 10 m)	1000
➤ Gering (11 bis 50 m)	750
➤ Mittel (51 bis 100 m)	500
➤ Groß (101 bis 500 m)	250
➤ Sehr groß (größer 500 m)	100

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Sehr gering“:

„Die zumindest zeitweise gegebene sehr geringe Wassertiefe oder gar Offenliegen der Kampfmittel und ihrer toxischen Inhaltsstoffe resultiert in einer stark erhöhten Gefährdung von sich dort aufhaltenden Menschen. Der Zugriff auf bzw. Kontakt mit den Kampfmitteln und Inhaltsstoffen – eventuell noch voll aktiven Kampfstoffen – ist problemlos möglich und birgt ein entsprechend kaum abschätzbares Risikopotenzial hinsichtlich der unmittelbaren gesundheitlichen Gefährdung von Menschen durch direkten/indirekten Kontakt oder gar Detonation. Zudem ist auch ein Zugriff auf die Kampfmittel und eventuell enthaltenen toxischen Inhaltsstoffe/Kampfstoffe im Kontext terroristisch motivierter Handlungen ist sehr leicht möglich. Zusätzlich werden eventuelle Verdünnungs- oder Dämpfungseffekte (wie z.B. bei einer eventuellen Detonation) durch die kaum oder gar nicht vorhandene Wasserüberdeckung minimiert oder sind gar nicht vorhanden.“

Derzeit vorherrschende Sedimentationsprozesse an der Verklappungsstelle

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

➤ Starke Zehrung (stark abnehmende Sedimentüberlagerung)	1000
➤ Geringe Zehrung (abnehmende Sedimentüberlagerung)	500
➤ Gleichbleibende oder sogar zunehmende Sedimentüberlagerung	100

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Starke Zehrung“:

„Durch die signifikante Abnahme der eventuell noch vorhandenen Sedimentüberlagerung werden „abschirmende“ Mechanismen z.B. hinsichtlich einer Verfügbarkeit von toxischen Substanzen zur Lösung in der Wassersäule oder hinsichtlich einer dämpfenden Wirkung bei Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer resultierenden Freisetzung erheblicher Mengen an eventuelle hoch toxischen Inhaltsstoffen, minimiert bzw. sind überhaupt nicht mehr vorhanden. Die Kampfmittel und eventuell bereits freikorrodierte Inhalte liegen spätestens mittelfristig frei auf dem Sediment und unterliegen den normalen Lösungs- aber auch

Transportmechanismen durch die Meeresströmung. Im Falle vorher anaerober, konservierender Zustände innerhalb der Sedimentschicht herrschen nun jetzt mehr und mehr eher aerobe Umgebungsbedingungen vor, die grundsätzlich mit einer Korrosionszunahme und damit vermehrten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe verbunden ist. Vormalig nur schwer auffindbare Kampfmittel sind nun eventuell für jedermann auffindbar und dementsprechend erhöht sich das Risikopotenzial hinsichtlich eines Zugriffs, auch im Kontext eventuell terroristisch motivierter Handlungen.“

Generierter Kommentar bei Alternative „Gleichbleibend oder sogar zunehmend“:

„Durch die signifikante Zunahme der eventuell bisher nicht oder kaum vorhandenen Sedimentüberlagerung werden „abschirmende“ Mechanismen z.B. hinsichtlich einer Verfügbarkeit von toxischen Substanzen zur Lösung in der Wassersäule oder hinsichtlich einer dämpfenden Wirkung bei Detonation eines oder mehrerer Kampfmittel und einer resultierenden Freisetzung erheblicher Mengen an eventuelle hoch toxischen Inhaltsstoffen, vergrößert bzw. sind überhaupt erst vorhanden. Die Kampfmittel und eventuell bereits freikorrodierte Inhalte liegen spätestens mittelfristig mit Sediment überdeckt auf dem Meeresgrund und unterliegen somit nicht mehr den normalen Lösungs- und Transportmechanismen durch die Meeresströmung. Im Falle vorher aerober, korrosiver Zustände herrschen nun innerhalb der Sedimentschicht tendenziell mehr und mehr eher anaerobe Umgebungsbedingungen vor, die grundsätzlich mit einer Korrosionsabnahme und damit verminderten Freisetzung toxischer Inhaltsstoffe verbunden ist. Vormalig leicht auffindbare Kampfmittel sind nun eventuell erheblich schwerer auffindbar und dementsprechend verringert sich das Risikopotenzial hinsichtlich eines Zugriffs, auch im Kontext eventuell terroristisch motivierter Handlungen.“

Strömungsverhältnisse auf Grund (Hauptaspekt: Verdünnung evtl. Kontaminationen und Transport)

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|---------------------------------------|------|
| ➤ Hohe Strömungsgeschwindigkeiten | 100 |
| ➤ Mittlere Strömungsgeschwindigkeiten | 500 |
| ➤ Geringe Strömungsgeschwindigkeiten | 1000 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „geringe Strömungsgeschwindigkeiten“:

„Die vorherrschenden geringen Strömungsgeschwindigkeiten resultieren in einer vergleichsweise nur geringen Zufuhr an Frischwasser und somit einer potenziellen Anreicherung/Aufkonzentration möglicherweise freierwerdender toxischer Substanzen aus den Kampfmitteln. Hierbei kann es zu lokal begrenzten, akut toxischen Stoffkonzentrationen im Sediment und der umgebenden Wassersäule kommen. Dem hingegen wirken die eher geringen Strömungs-

geschwindigkeiten den möglicherweise vorhandenen Sedimentationseffekten durch ausbleibende oder nur als gering anzusehende Abtransporteffekte, nicht entgegen. Ebenso verringert sich das Potenzial für Transport- und Verdriftungsmechanismen, in Bezug auf die dort lagernden Kampfmittel oder nicht hydrolysierten Inhaltsstoffe, signifikant.“

Generierter Kommentar bei Alternative „hohe Strömungsgeschwindigkeiten“:

„Die vorherrschenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten bedingen tendenziell eine erhöhte Frischwasserzufuhr und eine damit einhergehende Verdünnung möglicherweise freiwerdender toxischer Substanzen aus den Kampfmitteln. Dies verändert zwar nicht die Gesamtfracht an toxischen Substanzen, die durch Leckagen oder gar Detonationen verursacht freiwerden, mindert aber eventuell signifikant die vor Ort resultierenden akut toxischen Stoffkonzentrationen. Allerdings können diese erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten ebenso zu einer Zehrung bei vorhandener Sedimentüberlagerung und zu einem erhöhten Potenzial hinsichtlich Transport- und Verdriftungsmechanismen in Bezug auf die dort lagernden Kampfmittel oder nicht hydrolysierten Inhaltsstoffen führen.“

Ausgewiesene Naturschutzgebiete

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- | | |
|---|------|
| ➤ Ausgewiesene Gebiete in unmittelbarer Nähe vorhanden (< 1 km) | 1000 |
| ➤ Ausgewiesene Gebiete in der Nähe vorhanden (1 bis 5 km) | 700 |
| ➤ Ausgewiesene Gebiete weit entfernt (> 5 km) | 400 |
| ➤ Keine Gebiete in der Nähe vorhanden (Umkreis etwa 10 km) | 100 |

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „in unmittelbarer Nähe vorhanden“:

„Die unmittelbare Nähe zu ausgewiesenen Naturschutzgebieten oder in diesem Kontext hochsensiblen Bereichen resultiert in einer signifikanten Gefährdung der dort ansässigen Flora und Fauna. Durch ein kontinuierliches, diffuses Freiwerden von toxischen Substanzen der subaquatischen Altlast und der hieraus möglichen Bildung zumindest mittelfristig persistenter Kontaminationsfahnen aber auch durch ein schlagartiges Freiwerden größerer Mengen der enthaltenen Substanzen, kann die dort ansässige, hochsensible Meeresumwelt direkt oder auch über Langzeitmechanismen geschädigt werden. Dieser Umstand bedarf einer erhöhten Aufmerksamkeit und detaillierten Betrachtung des resultierenden Gefährdungspotenzials.“

Kommerzieller Fischfang

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- Keine Nutzungsbeschränkungen hinsichtlich kommerziellem Fischfang 1000
- Kommerzieller Fischfang außerhalb des betroffenen Gebiets erlaubt 500
- Kommerzieller Fischfang in weitem Umkreis nicht erlaubt 100

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Keine Nutzungsbeschränkung“:

„Durch die Befischung des direkten bzw. unmittelbaren Umfeldes der subaquatischen Rüstungsaltlast ist ein direkter Kontakt mit den Kampfmitteln und ihrem Inhalt sehr wahrscheinlich. Gerade im Kontext der Schleppnetzfisherei werden Kampfmittel und auch deren Inhalte zunächst mitgeschleift (Verdriftung!) und gelangen oftmals letztendlich auch in das Schleppnetz und so an Bord der Schiffe. Hierbei besteht akute Gefahr der Kontamination der Fänge, der Besatzung und des Schiffes mit damit unmittelbar einhergehenden Gesundheitsgefährdungen. Im Falle noch funktionstüchtiger Zünder kann es zu einer Selbstdetonation der aufgenommenen Kampfmittel an Deck kommen. Aufgrund des Druckunterschiedes und möglicher Korrosionslöcher neigen insbesondere chemische Kampfmittel zum „Abblasen“ von Teilen des Kampfstoff-Inhaltes, durch das plötzliche Sauerstoffangebot in der Atmosphäre kommt es teilweise zu heftigen Oxidationsreaktionen die in einer fast schlagartigen Rotverfärbung der Kampfmittelhülle bis hin zu einer Rauchbildung führen können.“

Nutzungsbeschränkungen

„Unbekannt“ gewählt, dann kommt der Aspekt automatisch aus der Wertung.

- Keinerlei Nutzungsbeschränkungen und derartige Ausweisungen 1000
- Nur auf Seekarten ausgewiesenes Sperrgebiet 750
- Auf Seekarten und vor Ort deutlich ausgewiesenes Sperrgebiet 100

Momentaner „Gewichtungsfaktor“: x 1

Generierter Kommentar bei Alternative „Keine Nutzungsbeschränkung“:

„Durch die fehlende Nutzungsbeschränkung ist die subaquatische Rüstungsaltlast auf jegliche Weise zugänglich, was in einer größtmöglichen Gefährdung z.B. des gewerblichen Fischfangs, ankernden oder vorbeifahrenden Booten, von Schwimmern, Tauchern oder sonstig sich in diesem Gefahrenbereich aufhaltenden Personen resultiert. Schwere Schädigungen durch den Kontakt mit den Kampfmitteln oder ihrem Inhalt können nicht ausgeschlossen werden,

„Subaquatische Kampfmittelaltlasten“

ein entsprechendes Risiko wird durch die fehlende Kennzeichnung des Gefahrenbereiches maximiert.“

10.3.3 Automatische Berechnungen und generierte Auswertungen

Wertung der spezifischen Kampfmittelinhaltsmengen (soweit durch den Nutzer angegeben)

Für genannte Wertung berücksichtigt FRATSAD folgende Teilaspekte:

- die Stoffqualität (Ranking) der Einzelsubstanzen mit Werten von 1-15
- den kg/m²-Wert (intern automatisch berechnet) für die jeweilig versenkte Kampfmittelmenge der betrachteten Einzelsubstanz

Die für nachfolgende Kategorisierung zugrunde gelegten Flächenkonzentrationen für kg Kampfmittel/m² der Vergleichsgebiete basieren auf folgenden Literaturangaben, Berechnungen und Annahmen:

Deutsche Bucht: Hier kann orientierend eine Hintergrundbelastung von etwa 0,0005 kg Kampfmittel/m² angenommen werden (vgl. [BBS CONSULTING 1993]⁽⁷⁴⁾ sowie [NEHRING 2005]).

Bornholm: Laut [BSH 1993] wurden hier 35.000 t an chemischen Kampfmitteln versenkt. Auf Grundlage der Ausführungen von [MISSIAEN & FELLER 2008] kann für das Kerngebiet des nordöstlich von Bornholm befindlichen Versenkungsgebiets eine Fläche von etwa 100 km² angenommen werden. Übernimmt man aus gleicher Quelle eine 80/20 Aufteilung der versenkten Kampfmittelmenngen im Kerngebiet bzw. für den Großraum, ergeben sich Kampfmittelbelastungen von 0,28 kg/m² für das Kerngebiet und etwa 0,056 kg/m² für den Großraum Bornholm.

Skagerrak: Laut [FFI 2002] ist im Bereich des Großraums Skagerrak von etwa 168.000 t an Kampfmitteln auszugehen. [JÄCKEL 1971] gibt für das ursprüngliche Versenkungsgebiet eine Fläche von etwa 15 x 16 sm (respektive 28 x 30 km) an. Diese Angaben resultieren für den Großraum in Kampfmittelbelastungen von etwa 0,2 kg/m² bzw. 1,3 kg/m², wenn man das reduzierte Untersuchungsgebiet durch [FFI 2002] zugrunde legt. Aufgrund der Indizien in der vorliegenden Arbeit entsprechen diese Werte eher der Untergrenze der anzunehmenden Hintergrundbelastung des Großraums Skagerrak. Für lokal deutlich begrenztere Kerngebiete muss aufgrund der dort befindlichen Wrackdichte mit deutlich höheren Werten gerechnet werden. Hier wurden durch den Autor der vorliegenden Arbeit Werte > 5 kg/m² angenommen.

⁷⁴ Genannter Abschlußbericht empfiehlt einen Wegfall der Versenkungsgebiete „Scharnhörn Riff“ sowie „Wangerooge Plate“, bei denen die Munitionsbelastung mit umgerechnet 0,0008 und 0,003 kg/m² die Munitionsbelastung nicht oder nicht wesentlich über der gesamten deutschen Küstengewässer läge.

Folgende Kommentare werden dann in Abhängigkeit des vorher automatisch bestimmten kg/m² Wertes aufgrund der Nutzereingaben sowie spezifischen Stoffrankings (1-15) durch FRATSAD generiert:

Kategorie < 0,0005 kg/m²

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 1“: „geringe Flächenbelastung im Bereich einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **gering gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **geringes Gefahrenpotenzial mit 1 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 2“: „geringe Flächenbelastung im Bereich einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **weniger gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **geringes Gefahrenpotenzial mit 2 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 3“: „geringe Flächenbelastung im Bereich einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **geringes Gefahrenpotenzial mit 3 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 4“: „geringe Flächenbelastung im Bereich einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **sehr gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **geringes Gefahrenpotenzial mit 4 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 5“: „geringe Flächenbelastung im Bereich einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **extrem gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **geringes Gefahrenpotenzial mit 5 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

Kategorie 0,0005 bis < 0,005

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 6“: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **gering gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem

Meeresboden basierendes, **signifikantes Gefahrenpotenzial mit 6 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 7“: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **weniger gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **signifikantes Gefahrenpotenzial mit 7 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 8“: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **signifikantes Gefahrenpotenzial mit 8 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 9“: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **sehr gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **signifikantes Gefahrenpotenzial mit 9 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 10“: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung einer „normalen“ Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie in der deutschen Bucht; der betrachtete Stoff ist **extrem gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **signifikantes Gefahrenpotenzial mit 10 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

Kategorie 0,005 bis < 0,05

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 11“: „deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist **gering gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **mittleres Gefahrenpotenzial mit 11 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 12“: „deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist **weniger gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeres-

boden basierendes, *mittleres Gefahrenpotenzial mit 12 von 30 möglichen Wertungspunkten*“

- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 13“: „deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *mittleres Gefahrenpotenzial mit 13 von 30 möglichen Wertungspunkten*“
- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 14“: „deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *sehr gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *mittleres Gefahrenpotenzial mit 14 von 30 möglichen Wertungspunkten*“
- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 15“: „deutlich erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *extrem gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *mittleres Gefahrenpotenzial mit 15 von 30 möglichen Wertungspunkten*“

Kategorie 0,05 bis < 0,5

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 16“: „stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *gering gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *recht hohes Gefahrenpotenzial mit 16 von 30 möglichen Wertungspunkten*“
- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 17“: „stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *weniger gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *recht hohes Gefahrenpotenzial mit 17 von 30 möglichen Wertungspunkten*“
- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 18“: „stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist *gefährlich* -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, *recht hohes Gefahrenpotenzial mit 18 von 30 möglichen Wertungspunkten*“

- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 19“: „stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist **sehr gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **recht hohes Gefahrenpotenzial mit 19 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 20“: „stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Kerngebiet des Verklappungsgebietes Bornholm; der betrachtete Stoff ist **extrem gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **recht hohes Gefahrenpotenzial mit 20 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

Kategorie 0,5 bis < 5

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 21“: „sehr stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Skagerrak; der betrachtete Stoff ist **gering gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **sehr hohes Gefahrenpotenzial mit 21 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 22“: „sehr stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Skagerrak; der betrachtete Stoff ist **weniger gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **sehr hohes Gefahrenpotenzial mit 22 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 23“: „sehr stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Skagerrak; der betrachtete Stoff ist **gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **sehr hohes Gefahrenpotenzial mit 23 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 24“: „sehr stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Skagerrak; der betrachtete Stoff ist **sehr gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **sehr hohes Gefahrenpotenzial mit 24 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 25“: „sehr stark erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie im Großraum des Verklappungsgebietes Skagerrak; der betrachtete Stoff ist **extrem gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **sehr hohes Gefahrenpotenzial mit 25 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

Kategorie Ab 5

- 1 bis 3 Stoffqualitätspunkte: „Text 26“: „extrem erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie bei einem punktuellen Hotspot oder eines Schwerpunktverklappungsgebietes (Kerngebiet Skagerrak); der betrachtete Stoff ist **gering gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **extrem hohes Gefahrenpotenzial mit 26 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 4 bis 6 Stoffqualitätspunkte: „Text 27“: „extrem erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie bei einem punktuellen Hotspot oder eines Schwerpunktverklappungsgebietes (Kerngebiet Skagerrak); der betrachtete Stoff ist **weniger gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **extrem hohes Gefahrenpotenzial mit 27 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 7 bis 9 Stoffqualitätspunkte: „Text 28“: „extrem erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie bei einem punktuellen Hotspot oder eines Schwerpunktverklappungsgebietes (Kerngebiet Skagerrak); der betrachtete Stoff ist **gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **extrem hohes Gefahrenpotenzial mit 28 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 10 bis 12 Stoffqualitätspunkte: „Text 29“: „extrem erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie bei einem punktuellen Hotspot oder eines Schwerpunktverklappungsgebietes (Kerngebiet Skagerrak); der betrachtete Stoff ist **sehr gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **extrem hohes Gefahrenpotenzial mit 29 von 30 möglichen Wertungspunkten**“
- 13 bis 15 Stoffqualitätspunkte: „Text 30“: „extrem erhöhte Flächenbelastung im Bereich einer Flächenbelastung mit Kampfmitteln wie bei einem punktuellen Hotspot oder eines Schwerpunktverklappungsgebietes (Kerngebiet Skagerrak); der betrachtete Stoff ist **extrem gefährlich** -> hieraus ergibt sich ein rein auf die Stoffqualität und die Konzentration der Kampfmittel auf dem Meeresboden basierendes, **extrem hohes Gefahrenpotenzial mit 30 von 30 möglichen Wertungspunkten**“

Wertung der Kampfmittelinhaltsmengen (brutto, ohne Eingabe spezifischer Mengen)

Die Stufungen hinsichtlich der automatischen Bewertung des auf die Bruttogesamtmenge und Größe der Altlast basierenden kg/m^2 Wertes sind nachfolgend ausgeführt. Wurden keine Angaben zur Fläche der betrachteten Altlast gemacht, entfällt diese Bewertung („Quantitative Einordnung“).

- $< 0,0005 \text{ kg/m}^2$
- $0,0005 \text{ bis } < 0,005 \text{ kg/m}^2$
- $0,005 \text{ bis } < 0,05 \text{ kg/m}^2$
- $0,05 \text{ bis } < 0,5 \text{ kg/m}^2$
- $0,5 \text{ bis } < 5 \text{ kg/m}^2$
- $> 5 \text{ kg/m}^2$

Dies resultiert für die Bewertung der Bruttogesamtmenge automatisch in folgenden Kommentaren im Bewertungsbereich „Quantitative Einordnung“:

- $< 0,0005 \text{ kg/m}^2$: „geringe Belastung im Bereich der „normalen Hintergrundbelastung“ (Vergleichswert Deutsche Bucht)“
- $0,0005 \text{ bis } < 0,005 \text{ kg/m}^2$: „leicht erhöhte Flächenbelastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Deutsche Bucht)“
- $0,005 \text{ bis } < 0,05 \text{ kg/m}^2$: „deutlich erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Großraum Bornholm)“
- $0,05 \text{ bis } < 0,5 \text{ kg/m}^2$: „stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Kerngebiet Bornholm)“
- $0,5 \text{ bis } < 5 \text{ kg/m}^2$: „sehr stark erhöhte Belastung im Vergleich zur Hintergrundbelastung (Vergleichswert Großraum Skagerrak)“
- $\text{Ab } 5 \text{ kg/m}^2$: „punktueller Hotspot oder Schwerpunktverklappungsgebiet (Vergleichswert Kerngebiet Skagerrak bzw. punktuelle Schwerpunktverklappung)“

Einordnung des Umfeldes

Hier werden – wie bereits erwähnt – folgende Parameter berücksichtigt:

- Entfernung zur nächstgelegenen stark frequentierte Fahrinne bzw. Fährlinie
- Entfernung zur nächstgelegenen Küste
- Entfernung zur nächstgelegenen Bebauung / Nutzungsstruktur
- Wassertiefe bei Tidenniedrigwasser an der Verklappungsstelle
- Derzeit vorherrschende Sedimentationsprozesse an der Verklappungsstelle
- Strömungsverhältnisse auf Grund
- Ausgewiesene Naturschutzgebiete
- Kommerzieller Fischfang
- Nutzungsbeschränkungen

Die jeweilige Wahl einer der spezifischen Antworten zu jedem Parameter resultiert in einem zugeordneten Grundwert (max. 1.000), der dann automatisch wiederum mit dem spezifischen Gewichtungsfaktor (Berücksichtigung einer gewissen Priorisierung) für den jeweiligen Parameter multipliziert werden kann (erfolgt derzeit nicht).

Wird die Antwortoption „Unbekannt“ gewählt, wird der betroffene Parameter komplett aus der Bewertung herausgenommen.

Die Einzelergebnisse der Parameterabfragen (Grundwert x Faktor) werden für alle beantworteten Parameter aufsummiert und durch die Anzahl beantworteter Parameter dividiert. Konkret: von den 9 hier derzeit berücksichtigten Parametern wurde einer mit „unbekannt“ beantwortet, wird somit aus der Bewertung genommen; es verbleiben noch 8 Parameter. Deren individuelle Ergebnisse werden zu einer Gesamtsumme X addiert und durch 8 dividiert. Dies ergibt dann einen Durchschnittswert Y für die Umfeldbewertung. Dieser variiert zwischen 1 und 5.000 (nämlich für den Fall, dass nur extreme Antworten genommen wurden, die dann auch noch alle mit dem maximalen Gewichtungsfaktor 5 multipliziert wurden). Das Programm berücksichtigt eine Gewichtung und passt die maximal erreichbare Höchstpunktzahl, sowie resultierend nachfolgende Kategorisierung, automatisch an. Dieses Ergebnis wird dann folgendermaßen eingeordnet:

- < 1.000: „Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als gering gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem recht geringen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.“

- 1.000 – 2.999: „Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als weniger gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem eher geringen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.“
- 2.000 – 3.999: „Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem signifikanten Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.“
- 3.000 – 4.999: „Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als sehr gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem sehr hohen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.“
- 4.000 – 5.000: „Nur auf Basis einer Bewertung der Umfeldbedingungen vor Ort ist die vorliegende Verklappungsstelle als extrem gefährlich einzustufen. Die gegebene lokale Situation resultiert in einem höchst möglichen Gefährdungspotenzial der Verklappungsstelle als solcher ohne Berücksichtigung des spezifischen Gefährdungspotenzials der hier verklappten Kampfmittel und Inhaltsstoffe.“

10.4 Vorträge und Veröffentlichungen im Rahmen des Promotionsvorhabens

Chronologische Liste der im Rahmen des Promotionsvorhabens gehaltenen Vorträge:

- „Securing and Remediation Concepts for Dumped Chemical and Conventional Ammunition in the Baltic Sea“, Chemical Weapons Demilitarisation Conference CWD 2006, Lüneburg, 16. Mai 2006
- „Rüstungsaltposten in den deutschen Küstengewässern – Vorschläge für Sanierungsstrategien“, WRRL Workshop „Sanierungsstrategien in Küstengewässern“, Kiel, 12. Oktober 2006
- „Chemische Kampfstoffe in der Ostsee“, Rotary Club Völklingen, Völklingen, 18. Oktober 2006
- „Kampfstoffaltlasten in der Ostsee – Status Quo, Gefährdungspotenziale, Sicherungs- & Sanierungsansätze“, Symposium „Ökologische Situation der Ost- und Nordsee“, Berlin, 30. März 2007
- „Entwicklung chemischer Kampfstoffe im 1. und 2. Weltkrieg“, Rotary Club Völklingen, Völklingen, 30. Mai 2007
- „Chemische und konventionelle Kampfmittelaltlasten in der Ostsee – Geschichte, Status Quo, Gefährdungspotenziale, Sicherungs- & Sanierungsszenarien“, Vortrag im Rahmen der Vorlesung „Vorkommen und Verhalten von Umweltchemikalien – Meereschemie“ von Prof. Ebinghaus an der Universität Lüneburg im Sommersemester 2007, Lüneburg, 04. Juli 2007
- „Subaquatische Kampfmittelaltlasten – Aktueller Stand, Gefährdungspotenziale, Sicherungs- und Sanierungsszenarien für die Ostsee“, Vortrag im Rahmen des GKSS Küstenschutzseminar, Geesthacht, 05. Juli 2007
- „„Giftgas“ in der Ostsee – Zur Historie, der aktuellen Situation und den Zukunftsperspektiven“, Lionsclub Völklingen, Völklingen, 03. September 2007
- „Warfare-related hazardous sites in the Baltic Sea – Status quo, risk potentials, securing and remediation attempts“, First International Conference „Chemical and conventional munitions dumped at sea“, Halifax, Canada, 09.-11. Oktober 2007
- „Sea-dumped CW under the Chemical Weapons Convention“, First International Conference „Chemical and conventional munitions dumped at sea“, Halifax, Canada, 09.-11. Oktober 2007
- „Chemische und konventionelle Kampfmittelaltlasten in der Ostsee – Zur Geschichte, dem Ausmaß der Verklappungen, den Gefährdungspotenzialen sowie Sicherungs- und Sanierungsszenarien“, Vortrag im Rahmen der Vorlesung „Altlastensanierung“ von Prof. Baur an der HTW Saarbrücken im Wintersemester 2007, Saarbrücken, 26. November 2007
- „„Giftgas“ in der Ostsee – Zur Historie, dem Status Quo, resultierenden Gefährdungen und Zukunftsperspektiven“, Lionsclub Saarlouis, Saarlouis, 08. April 2008

- “Status Quo of subaquatic chemical dumpsites in the Baltic Sea”, Workshop on Sea-dumped Chemical Weapons, Sonderkommission für Sicherheit und Verteidigung des Europäischen Parlamentes, Brüssel, 16. März 2009
- “Robotik in der marinen Kampfmittelräumung”, Rotary Club Völklingen, Völklingen, 01. April 2009

Veröffentlichungen im Rahmen des Promotionsvorhabens:

- Veröffentlichung des Vortrages „Securing and Remediation Concepts for Dumped Chemical and Conventional Ammunition in the Baltic Sea” (CWD 2006 in Lüneburg) auf der Internetseite des DSTL (Defence Science and Technology Laboratory, Britisches Verteidigungsministerium): <http://www.dstl.gov.uk/conferences/cwd/2006/index.php>
- NEHRING, S. & KOCH, M. (2006): „Gefahr aus der Tiefe – Die Mythenbildung um die Munition im Meer“ – in WATERKANT-Mitteilungsblatt der Aktionskonferenz Nordsee e.V., Nr. 4, Dezember 2006
- KOCH, M. & NEHRING, S. (2007): „Rüstungsaltlasten in den deutschen Küstengewässern – Vorschläge für Sanierungsstrategien im Kontext der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie“ – ROSTOCKER MEERESBIOLOGISCHE BEITRÄGE, Heft 17, Seite 39-54, Rostock 2007
- KOCH, M. ET AL. (2008): „Chemical and conventional ammunition in the Baltic Sea – Status quo, related risk potentials, possible securing and remediation attempts”; ENCORA COASTAL AND MARINE WIKIPEDIA; Web-Publikation unter http://www.encora.eu/coastalwiki/Chemical_and_conventional_ammunition_in_the_Baltic_Sea
- KOCH, M. & RUCK, W. (2009): „Technology Options Tested on the German Coast for Addressing a Munitions Hot Spot In Situ” – in MARINE TECHNOLOGY SOCIETY JOURNAL, Vol. 43, Nr. 4, S. 105-115, Sonderausgabe (im Druck)

10.5 Tabellarischer Lebenslauf

Name: Marc Koch, MSc Dipl.-Ing. (FH)

Geboren: 05.09.1977 in Saarbrücken

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schule & Studium

1987 – 1996	Ludwigsgymnasium Saarbrücken, Abitur
1998 – 2002	Studium an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (HTW), Fachbereich: Bauingenieurwesen; Abschluss: Dipl.-Ing. (FH)
2001 – 2002	Studium an der Universität Metz (Frankreich), Fachbereich: Bauingenieurwesen; Abschluss: Maîtrise
2002 – 2003	Studium an der University of Newcastle upon Tyne (Großbritannien); Fachbereich: Environmental Engineering; Abschluss: Master of Science (MSc)
Juli 2006 - April 2010	Promotion (Dr. rer. nat.) im Bereich subaquatischer Kampfmittelaltlasten, Universität Lüneburg

Beruflicher Werdegang (Auszug)

Nov. 2003 - Juni 2006	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) in Saarbrücken, Abteilung Biomasse/Stoffstrommanagement
Okt. 2007 - Juli 2008	Promotionsbegleitende Tätigkeit als Projektingenieur bzw. wissenschaftlicher Mitarbeiter am IZES
Aug. 2008 - Okt. 2008	Promotionsbegleitende Tätigkeit als Projektingenieur bei EVONIK New Energies (Saarbrücken), Bereich Vertrieb Erneuerbare Energien und Ersatzbrennstoffe
Seit Nov. 2008	EVONIK New Energies, Projektleiter im Vertrieb Dezentrale Anlagen, Contracting, Projekte Erneuerbare Energien und Ersatzbrennstoffe

Sprachkenntnisse

Englisch	verhandlungssicher
Französisch	sehr gut
Latein	Großes Latinum
Spanisch	Grundkenntnisse

Weitere Qualifikationen & ehrenamtliches Engagement (Auszug)

Seit Mai 2007	Mitglied des Expertenrats des „International Institute for Safety of Northern and Baltic Seas“ mit Sitz in Berlin
Seit Okt. 2007	Mitglied des internationalen Experts Panels der „First International Conference of Chemical and Conventional Munitions dumped at Sea“ mit Sitz in Halifax, Kanada