

Deepwater Horizon – Erkenntnisse aus der Havarie und den Maßnahmen für die nationale Vorsorge- und Bekämpfungsstrategie

Umweltexpertengruppe „Folge von Schadstoffunfällen“,
Projektgruppe „Deepwater Horizon“, September 2011

Leitung:

Dierk-Steffen Wahrendorf (BfG)

weitere Bearbeiter:

Dr. Karl-Heinz van Bernem (HZG), Birgit Böhme (HK), Volker Brenk,
Hans-Peter Damian (UBA), Dr. Hubert Farke (NPV Nds.), David M. Fleet (LKN SH),
Dr. Gunnar Gerdts (AWI, BAH), Dr. Thomas Höfer (BfR), Dr. Kristine Jung (CWSS),
Dr. Heiko Leuchs (BfG), Johannes Pastor (BMU), Sandra Preuße (HK),
Dr. Norbert Theobald (BSH), Dr. Joachim Voß (LLUR), Mario von Weber, (LUNG)

AWI, BAH:	Alfred-Wegener-Institut, Biologische Anstalt Helgoland
BfG:	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfR:	Bundesinstitut für Risikobewertung
BMU:	Bundesumweltministerium
BSH:	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CWSS:	Common Wadden Sea Secretariat
HK:	Havariekommando, Gemeinsame Einrichtung des Bundes und der Küstenländer
HZG:	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
LKN SH:	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz SH
LLUR:	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes SH
LUNG:	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
NPV Nds.:	Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
UBA:	Umweltbundesamt

DOI: 10.5675/PG_Deepwater_Horizon_2011_1

URL: http://doi.bafig.de/BfG/2011/PG_Deepwater_Horizon_2011_1.pdf

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Hintergrund	3
3. Prozessverständnis	7
4. Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen.....	10
5. <i>In situ</i> Verbrennung und Folgen.....	12
6. Chemische Ölbekämpfung	14
7. Belastung von Fischen, Avifauna und Meeressäugern	19
8. Mikrobiologische Abbauprozesse	22
9. Monitoringuntersuchungen.....	23
10. Informationstransfer.....	26
11. Zusammenfassung.....	27
12. Literatur.....	30
13. Anlagen	33

1. Einleitung

Die unabhängige Umweltexpertengruppe „Folgen von Schadstoffunfällen“ (UEG), die dem Havariekommando (HK) im Bereich der Umweltvorsorge beratend zur Seite steht, wurde durch das Bundesministerium für Umwelt (BMU) u.a. auf Bitten der Umweltministerkonferenz Norddeutschland gebildet. Diese aus Umweltfachleuten bestehende Expertengruppe arbeitet eng mit Umweltbehörden und Forschungseinrichtungen zusammen. Sie soll im Rahmen ihrer Arbeit die Umweltvorsorge und die Fortentwicklung des Wissens über umweltrelevante Folgen von Unfällen mit Schadstoffen dokumentieren, sowie Ergebnisse zur Nutzung für die Entscheidungsfindung im Havariekommando auswerten und diesem mit dem wissenschaftlichen Fachwissen in verschiedenen Disziplinen zur Verfügung stehen.

Initiiert durch das BMU hat die UEG in Folge der Havarie der Ölbohrplattform „Deepwater Horizon“ (DWH) im Golf von Mexiko eine Projektgruppe zu einer ersten Bewertung des Unfalls gebildet. Ziel der Projektgruppe ist die Sichtung und Auswertung der parallel und im Nachgang der Havarie durchgeführten Untersuchungen in Bezug auf die nationale Bekämpfungs- und Vorsorgestrategie. Vorrangig dient dieser Bericht zur Information der zuständigen Einrichtungen und Stellen mit Kompetenz für den Bereich der Vorsorgeplanung und der Ölunfallbekämpfung. Eine Fehleranalyse über die z.T. zur Zeitersparnis getroffenen Entscheidungen und eine Analyse der detaillierten Umstände und der technischen Mängel, die in ihrer Verkettung zu dem Unglück geführt haben, soll an dieser Stelle nicht erfolgen.

Die verfügbaren Publikationen zur Deepwater Horizon wurden auf Untersuchungsinhalte und neue Erkenntnisse ausgewertet. Neben der Betrachtung der Effektivität der einzelnen Bekämpfungsstrategien und der Berücksichtigung der möglichen Schadwirkungen auf die Schutzgüter der Meeresumwelt soll ein gegebenenfalls vorhandener Forschungs- und Entwicklungsbedarf geprüft werden. Die aus den Erkenntnissen abgeleiteten Fragestellungen können eventuell in künftig anzustrebende Untersuchungsvorhaben einbezogen werden. Ermittelte Fragestellungen und Erkenntnisse können nach Prüfung durch die zuständigen Stellen ggf. in den nationalen Vorsorgekonzepten, Monitoringprogrammen und den Bekämpfungsstrategien Berücksichtigung finden.

2. Hintergrund

Am 20. April 2010 kam es auf der Explorations-Ölbohrplattform Deepwater Horizon im Golf von Mexiko zu einem unkontrollierten Gasaustritt und infolgedessen zu Explosionen. Durch Versagen des Bohrloch-Absperrventils, dem sogenannten Blowout-Preventer (BOP), geriet die

Ölbohrplattform in Brand. Nach vergeblichen Versuchen den Brand zu löschen, ging die Plattform Deepwater Horizon am 22. April 2010 unter. 11 Personen verloren bei diesem Unglück ihr Leben. Auf Grund der Fehlfunktion des Blowout-Preventers konnte das Rohöl der explorierten Lagerstätte unkontrolliert ins Meer strömen. Nachdem mehrere Versuche fehlschlagen das Bohrloch zu versiegeln, gelang es schließlich am 15. Juli 2010 den Ölaustritt durch die Operation „Static Kill“ nach 86 Tagen zu stoppen. Offiziellen Schätzungen zufolge sind bis zur Versiegelung der Bohrstelle 780 Millionen Liter Rohöl in die Meeresumwelt gelangt.

In Folge der Havarie der Deepwater Horizon und der hiermit verbundenen Ölverschmutzung wurden von den US-amerikanischen Behörden, von öffentlichen Einrichtungen, von Nichtregierungsorganisationen (NGOs), von verschiedenen Universitäten und von den beteiligten Unternehmen eine Vielzahl von Monitoring- und Untersuchungsprogrammen im Golf von Mexiko initiiert. Die Untersuchungen dienen sowohl der Beweissicherung, als auch der Erfassung der mittelbaren und unmittelbaren Auswirkungen durch das Unglück. Neben fallspezifischen Betrachtungen können mit den Untersuchungen zudem allgemeine Wirkungszusammenhänge ermittelt werden.

Soll die Effektivität der eingesetzten Bekämpfungsstrategien sowie deren Auswirkungen und Folgen auf das vorhandene Ökosystem und dessen mögliche Schädigung betrachtet werden, ergeben sich Fragestellungen zu den folgenden Themenkomplexen:

- Grundsätzliches Prozessverständnis
- Effektivität der mechanischen Bekämpfungsstrategien
- *In situ* Verbrennung und deren Folgen
- Chemische Ölbekämpfung und Folgeprozesse
- Belastungen für Avifauna, Fische und Meeressäuger
- Reinigung verölter Organismen
- Mikrobiologische Abbauprozesse
- Durchführung und Konzeption von Monitoringuntersuchungen
- Informationstransfer und Medienkommunikation

Bei der Auswertung der Erkenntnisse aus der Havarie der Deepwater Horizon im Hinblick auf die nationalen Strategien sind die prinzipiellen Unterschiede zur Situation im Golf von Mexiko im Vergleich zu den deutschen Gewässern Nord- und Ostsee zu berücksichtigen. Neben den Unterschieden in den natürlichen Bedingungen, wie z.B. der Temperatur, sind auch die topographischen Unterschiede der jeweiligen Gebiete entscheidend. So sind Tiefseebohrungen in Nord- und Ostsee auf Grund der geologischen Gegebenheiten nicht möglich. Aspekte und Szenarien, die sich nicht auf die Situation der deutschen Meeresgebiete übertragen lassen, werden infolgedessen nur begrenzt berücksichtigt.

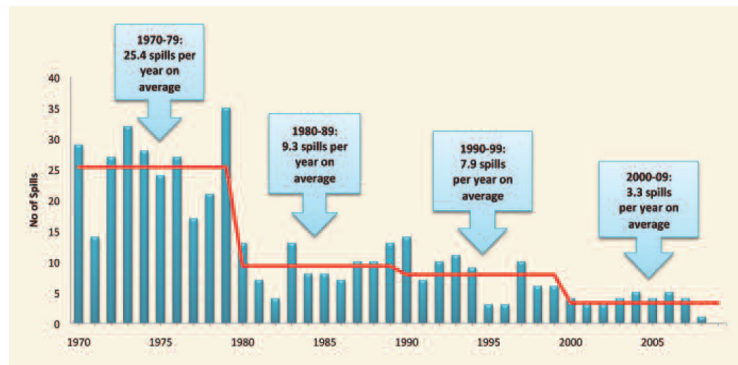


Abbildung 1: Anzahl großer Ölundfälle pro Jahr weltweit mit einer Freisetzung von über 700 Tonnen Öl von 1970-2009 (ITOPF 2010).

In Bezug auf die unfallbedingte Freisetzung von Mineralölen sind in Deutschland im Gegensatz zu anderen europäischen Nationen hauptsächlich Schiffshavarien als mögliche Ursachen anzunehmen. In den deutschen Gewässern gibt es lediglich eine Bohrinsel (Mittelplate A), die konstruktionsbedingt durch direktes Aufsitzen auf dem Wattboden nicht mit konventionellen Bohrplattformen und Bohrschiffen zu vergleichen ist.

Trotz steigender Sicherheitsstandards und sinkender Anzahl von Ölundfällen (Abbildung 1), sowie der Abnahme der unfallbedingt freigesetzten Ölmenge (Abbildung 2), besteht auch in Deutschland das Risiko einer unbeabsichtigten Freisetzung von Mineralöl in die empfindliche Meeresumwelt. Mineralöl wird in großen Mengen durch die deutschen Gewässer der Nord- und Ostsee transportiert, allein 20 Prozent der Welthandelsflotte besteht aus Rohöltankern, die ca. 40 Prozent der gesamten Tragfähigkeit umfassen (Abbildung 3). Zudem findet Mineralöl bzw. Schweröl Verwendung als Schiffstreibstoff, sodass bei jeder Schiffshavarie das Risiko einer Ölverschmutzung besteht.

Die Küstenbereiche von Nord- und Ostsee sind durch den hohen Durchgangsverkehr, sowie die Ansteuerung der international bedeutenden Häfen, eines der Seegebiete mit der höchsten Verkehrsdichte weltweit. Für das Wattenmeer und die angrenzenden Meeresgebiete gilt zur Verringerung der Auswirkungen und Gefahren der Schifffahrt bereits ein umfassender Katalog an Schutzmaßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene. Zudem wurden das Wattenmeer der Deutschen Bucht (2002) und die Ostsee (bis auf den russischen Teil; 2005) durch die Internationale Seeschifffahrtsorganisation (IMO) als besonders empfindliche Meeresgebiete ausgewiesen, die besonderen Schutz durch Maßnahmen der IMO erfordern (PSSA-Gebiete)¹.

Die derzeit betrachteten nationalen Szenarien für den größten anzunehmenden Unfall (GAU) nehmen eine maximale Ölfreisetzung von 15.000 Tonnen an. Durch die Einrichtung und den Betrieb von Offshore-Windparks könnten sich zukünftig weitere Fragestellungen in Bezug auf die Risiken entwickeln (diese Aspekte werden von der Projektgruppe zunächst nicht berücksichtigt).

Die gegenwärtigen Erkenntnisse aus der Havarie der Deepwater Horizon werden für die oben formulierten Themenbereiche in den folgenden Kapiteln kurz dargestellt. Die Auswertung der publizierten Erkenntnisse aus den Untersuchungen beschränkt sich auf die Aspekte, die für die nationale Ölvorsorge und die Ölundfallbekämpfung von Relevanz sind.

¹ Wattenmeer und Ostsee sind zwei von weltweit 13 ausgewiesenen PSSA-Gebieten (Particularly Sensitive Sea Area).

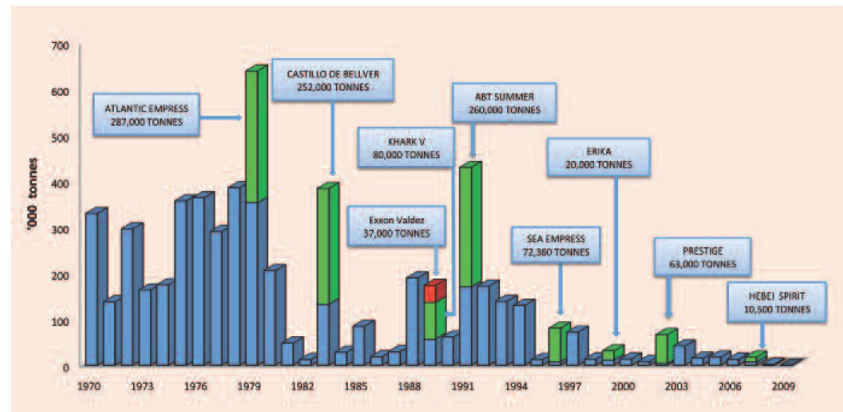


Abbildung 2: Durch Unfälle weltweit freigesetzte Ölmenge pro Jahr von 1970-2009 (ITOPF 2010).

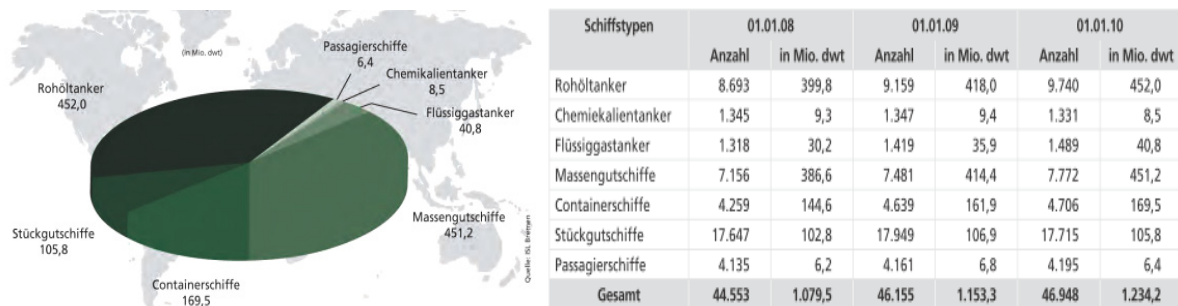


Abbildung 3: Tragfähigkeit der Welthandelsflotte Anfang 2010 nach Schiffstypen in dwt (dead weight tonnage) und Entwicklung der Schiffstypen (Flottenkommando 2010).

Für einen ersten detaillierten Überblick über die Ursachen des Unfalls, den Ablauf, eine erste Fehleranalyse und eine Bewertung der Unfallfolgen, sowie erste Empfehlungen zu Konsequenzen werden die folgenden Berichte der US-Behörden empfohlen:

- Macondo - The Gulf Oil Disaster, Chief Counsel's Report 2011, National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, 2011
- National Incident Commander's Report: MC252 Deepwater Horizon, National Incident Command Deepwater Horizon Response, Oktober 2010
- BP Deepwater Horizon Oil Spill - Incident Specific Preparedness Review (ISPR), Final Report, Januar 2011
- Deep Water - The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling, Report to the President, National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, Januar 2011

3. Prozessverständnis

Gelangt Mineralöl bzw. Rohöl z.B. durch einen Unfall in die Meeresumwelt, so erfolgen unterschiedliche Verteilungs- und Abbauprozesse. Einen entscheidenden Einfluss auf die Prozesse haben die äußeren Bedingungen, wie Temperatur, Wind und Wellengang. Die grundsätzlichen Prozesse und deren zeitlicher Ablauf sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 schematisch dargestellt. So finden Prozesse wie die Verdunstung leicht-flüchtiger Kohlenwasserstoffe vor allem kurz nach der Ölfreisetzung statt. Hierdurch steigt die Viskosität des Öls, und die Dispersions- und Emulsionsfähigkeit sinkt. Mit dem Verlust der leicht-flüchtigen Bestandteile und durch die Aufnahme von Schwebstoffen nimmt die Dichte des Öls langsam zu, in dessen Folge es auf den Meeresgrund absinken kann. In Abhängigkeit von den Temperaturen und den vorhandenen Konzentrationen ölzehrender Mikroorganismen kommt es zu einem mehr oder weniger schnellen Abbau der Mineralölkohlenwasserstoffe. Stark beeinflusst ist der Abbau von Bedingungen wie Sauerstoffangebot und Temperatur, unter Umständen kann der Abbau mehrere Jahrzehnte benötigen.

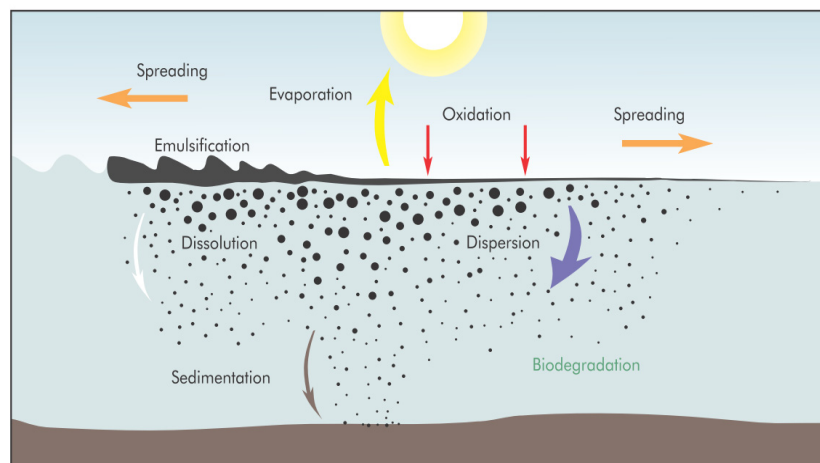


Abbildung 4: Prozessvorgänge bei der Freisetzung von Öl in der Meeresumwelt (ITOPF 2002).

Im Unterschied zu den meisten Schiffshavarien, bei denen das Öl im Bereich der Wasseroberfläche austritt, gelangte das Rohöl bei Deepwater Horizon in einer Wassertiefe von ca. 1500 m in die Meeresumwelt. Diese Art der Freisetzung und die Wassersäule, über die sich das ausgetretene Öl im Anschluss verteilt hat, erschweren eine Abschätzung des in der Umwelt verbliebenen Öls. Die prozentualen Schätzungen zur Verteilung und zum Abbau des Öls werden derzeit noch intensiv diskutiert. Es wird angenommen, dass ca. 17 Prozent des Öls direkt am Blowout-Preventer abgefangen werden konnten, ca. 3-4 Prozent wurden durch mechanische Bekämpfungsmethoden aufgenommen, ca. 5-6 Prozent des Öls wurden durch *in situ* Verbrennung an der Meeresoberfläche verbrannt, ca. 6-16 Prozent wurden chemisch und ca. 12-20 Prozent wurden durch natürliche Prozesse dispergiert, ca. 18-32 Prozent des Ölvolumens sind verdunstet und ca. 13-39 Prozent haben sich in der Umwelt, z.B. auf dem Meeresboden oder an Küsten abgelagert (vgl. Abbildung 6).

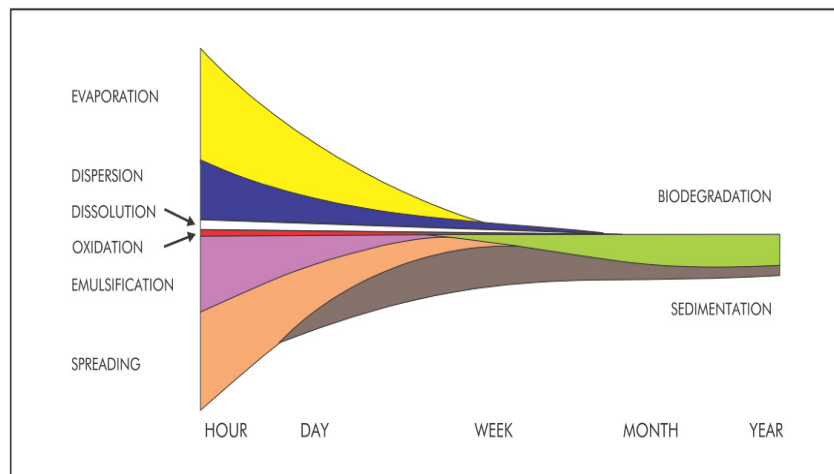


Abbildung 5: Darstellung der zeitlichen Abfolge der Prozesse nach einer Ölfreisetzung (TTOPF 2002).

Viele der derzeit durchgeführten Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, daher sind diese ersten Abschätzungen mit Bedacht zu interpretieren. Beispielsweise wurde die Schätzung der NOAA zum Anteil des chemisch dispergierten Öls im November 2010 von 8% auf 16% erhöht.

Auf Grund der geringeren Dichte von ca. 0,88 kg/l stieg das Rohöl vom Bohrloch in der Wassersäule auf. Beim Aufsteigen setzten bereits viele der angeführten Prozesse ein. Hierdurch erreichte nur ein Teil des ursprünglich freigesetzten Öls die Wasseroberfläche.

Bei dem Öl der Deepwater Horizon handelt es sich um ein relativ leichtes Öl, mit einem hohen Anteil flüchtiger Verbindungen. Ferner besitzt es einen relativ hohen Anteil an n-Alkanen, d.h. es handelt sich um ein sogenanntes paraffinbasisches Öl. Nordsee-Öle sind somit relativ gut mit diesem Öl vergleichbar.

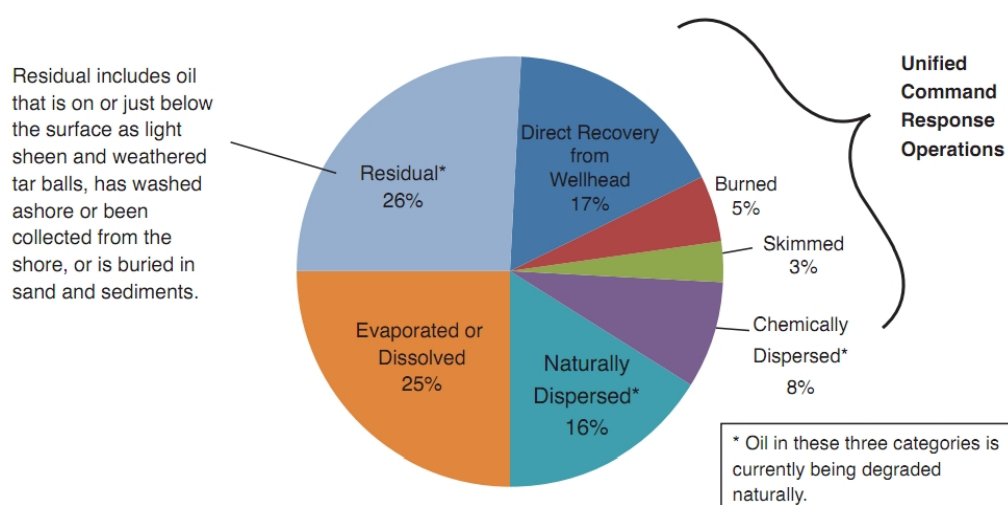


Abbildung 6: Abschätzung der prozentualen Verteilung des bei Deepwater Horizon freigesetzten Öls, August 2011 (NOAA 2010).

In verschiedenen Untersuchungen wird von ausgedehnten Bereichen mit Ölschwaden innerhalb der Wassersäule berichtet (Adcroft et al. 2011; Kujawinski et al. 2011). Die Universität Georgia und andere Wissenschaftler (Thibodeaux et al. 2010) berichten von Expeditionen, bei denen auf dem Meeresboden abgelagerte Ölschichten festgestellt wurden. Jedoch ist zu beachten, dass im Golf von Mexiko auch Öl durch natürliche Quellen, sog. Oil Seeps, austreten kann (Abbildung 7). Schätzungen der NOAA zufolge handelt es sich hierbei jährlich um ca. 64.000 m³ Öl (OSAT2 2010). Es wird angenommen, dass durch die natürlichen Ölquellen und durch die in dem Bereich vorhandenen anthropogenen Öleinträge der biologische Ölabbau um Deepwater Horizon schneller einsetzen konnte.

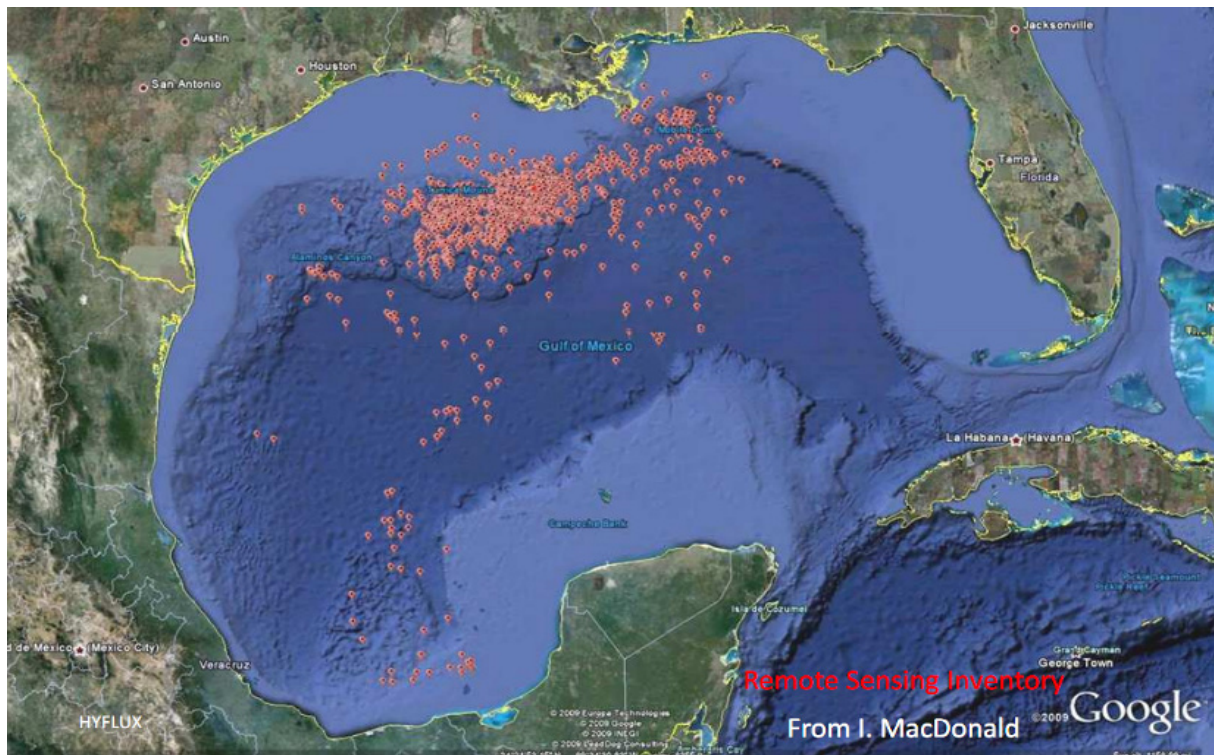


Abbildung 7: Natürliche Ölquellen im Golf von Mexiko (OSAT2 2010, MacDonald aus Tunell 2010).

Im Vergleich zum Golf von Mexiko sind die Wassertemperaturen in Nord- und Ostsee im Durchschnitt deutlich niedriger. Für Nord- und Ostsee ist auf Grund der geringeren Wassertemperaturen von einer geringeren Abbaurrate für freigesetztes Öl auszugehen. So würde z.B. eine um 10 °C niedrigere Temperatur die Abbaugeschwindigkeiten um den Faktor 2 bis 4 verringern. Auch der Übergang von flüchtigen Öl-Bestandteilen in die Atmosphäre erfolgt langsamer und fällt damit bei niedrigeren Temperaturen geringer aus. Zudem steht auf Grund der geringeren Wassertiefe in Nord- und Ostsee und auf Grund des geringeren Wasseraustausches mit angrenzenden Meeresbereichen (insbesondere in der Ostsee) ein geringerer Wasserkörper für Verteilungs- und Verdünnungsprozesse zur Verfügung.

4. Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen

Die eingeleiteten Bekämpfungsmaßnahmen an und um den Unfallort der Deepwater Horizon umfassen zum einen zahlreiche Maßnahmen zur Verringerung bzw. zum Stoppen des Ölausflusses direkt an der defekten Anlage. Hierzu zählen die Versuche des manuellen Schließens des Blowout-Preventers, eingeleitete Entlastungsbohrungen und verschiedene Operationen mit den Bezeichnungen Top Kill, Junk Shot, Top Hat und Static Kill. Darüber hinaus kamen im Bereich des Bohrlochs und an betroffenen und potentiell betroffenen Küsten weitere Ölwehrmaßnahmen zum Einsatz (Abbildung 8): die mechanische Aufnahme des Öls, der Einsatz von Ölsperren und Sandwällen, die *in situ* Verbrennung (*in situ* burning, ISB) und der Einsatz chemischer Ölbekämpfungsmittel (Dispersatoren).

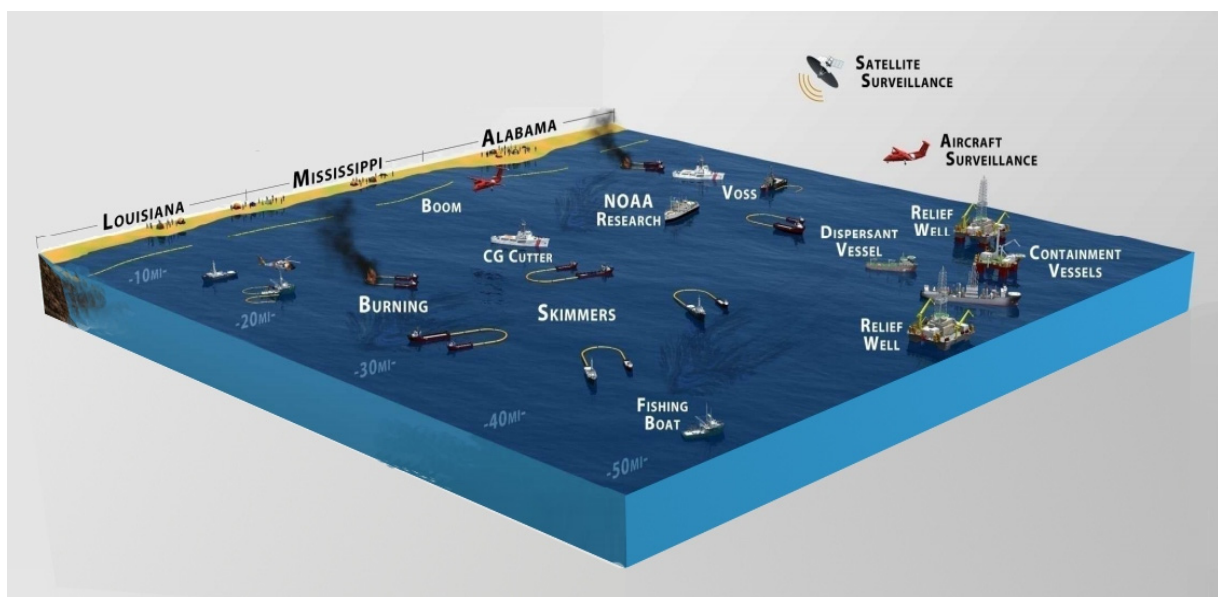


Abbildung 8: Schematische Darstellung der an und um den Bereich der havarierten Deepwater Horizon durchgeführten Bekämpfungsmaßnahmen (Bildquelle: Ausschnitt aus U.S. Government Handout Graphic, house.gov).

Der erfolgreiche Einsatz der verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen hängt stark von den vorherrschenden abiotischen und meteorologischen Bedingungen ab. So ist eine mechanische Aufnahme des Öls oder ein Abbrennen des Öls nur bis zu bestimmten Wellenhöhen und Windgeschwindigkeiten möglich (Abbildung 9). Ebenso begrenzen z.B. Windstärke und Wellenhöhe auch den Einsatz von chemischen Bekämpfungsmitteln. Zudem spielt hier auch die Alterung des Öls eine entscheidende Rolle (Abbildung 13).

Der Küstenschutz und der Schutz empfindlicher Gebiete wurden von den amerikanischen Kommissionen für einige Bereiche als sehr erfolgreich beschrieben. Allerdings wurde im Nachgang der Havarie festgestellt, dass es auch Abschnitte gab, in denen die Anwendung und Effektivität nur ungenügend war (ISPR 2011). Von den eingesetzten Kommissionen wird darauf hingewiesen, dass zudem einige der empfindlichen und besonders schützenswerten Bereiche nicht oder nur ungenügend in einer Vorsorgeplanung berücksichtigt wurden.

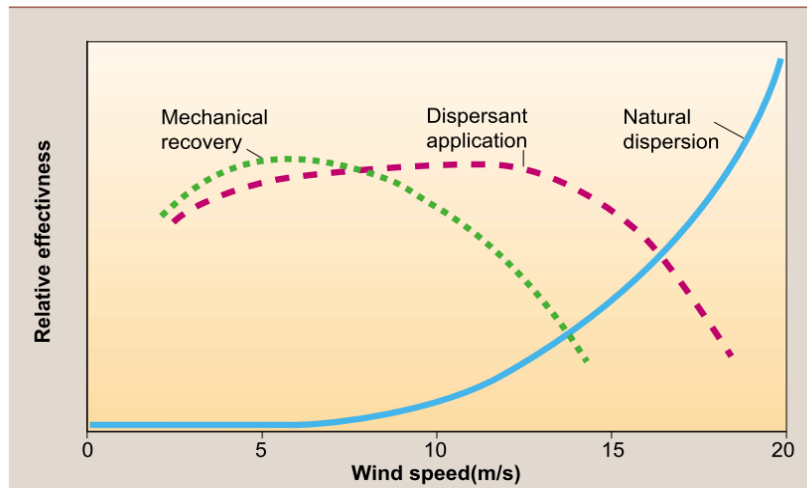


Abbildung 9: Effektivität und Anwendungsbereich ausgewählter Ölbekämpfungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit (Bildquelle: Alun Lewis & Per Daling, Oil Spill Dispersants, SINTEF 2001).

Die Planung der Einsatzbereiche für die Ausbringung von Ölsperren erfolgte durch die NOAA unter Berücksichtigung von Wettervorhersagen und Öldriftprognosen. Eine besondere Effektivität bei der Aufklärung der Ölausbreitung wird den Methoden zur Fernerkundung z.B. durch Überwachungsflugzeuge zugeschrieben (ISP 2011). Neben der mechanischen Wirksamkeit der Ölsperren wird auch von der psychologischen Bedeutung der in Küstennähe ausgebrachten orange leuchtenden Ölsperren berichtet (US NC 2011a), sodass ein Einsatz der Ölsperren trotz angenommener Ineffektivität unter diesen Aspekten erfolgte. Hierdurch und durch den Umstand, dass die Koordination und der Einsatz nur auf kommunaler Ebene abgestimmt und entschieden wurden, kam es zu Engpässen im mechanischen Küstenschutz. Das Unified Command Center konnte die Situation durch Vermittlung zwischen den unterschiedlichen Gemeinden jedoch teilweise verbessern. Vom Unified Command Center erfolgte z.T. auch die Beschaffung von Ölsperren und Ölaufnahmegeräten sowie die Herstellung von nationalen und internationalen Kontakten zu Produzenten des benötigten Einsatzmaterials (US Coast Guard 2010).

Insgesamt wurden 3.800 km Ölsperren, 835 Ölaufnahmegeräte, 6131 Schiffe und 123 Luftfahrzeuge (78 Hubschrauber und 45 Flugzeuge) eingesetzt. In die Arbeiten zur mechanischen Ölwehr waren 47.000 Personen involviert. Den Schätzungen zufolge wird angenommen, dass insgesamt 3 bis 4 Prozent des Öls durch mechanische Maßnahmen aufgenommen werden konnten. Unter Zugrundelegung dieser Zahlen und des Ölanteils, welches die Wasseroberfläche und Küstennähe erreicht hat, ist der Einsatz der mechanischen Ölwehrstrategien als erfolgreich zu bewerten. Allerdings wird im ISPR-Bericht (2011) darauf hingewiesen, dass sich die erfolgten Angaben zur potentiellen Aufnahmekapazität nicht wie bisher auf die maximale Förderleistung, sondern auf die tatsächliche Effektivität beziehen sollten.

Die Geräte für die mechanische Bekämpfung werden in erster Linie in Europa hergestellt, so dass davon auszugehen ist, dass bei der Ölbekämpfung der Deepwater Horizon Havarie ähnliche Geräte benutzt wurden, wie sie bei der nationalen Abwehr in Deutschland zum Einsatz kommen.

Ein Abgleich der eingesetzten Geräte mit der deutschen Ausrüstung unter Berücksichtigung der jeweiligen Erfahrungen wäre ratsam.

Da in der nationalen Abwehr zusätzlich zu den angeführten mechanischen Gerätschaften Spezialschiffe bei der Schadstoffunfallbekämpfung eingesetzt werden, ist eine höhere Effektivität bei der Bekämpfung anzunehmen. Ggf. ist auch für Deutschland eine Effektivitätssteigerung durch zusätzliche Gewässerschutzschiffe, Verträge mit Tankreedereien oder durch den Einsatz privater Schiffe im küstennahen Bereich möglich. Eine Machbarkeit sollte geprüft werden.

5. *In situ* Verbrennung und Folgen

Die *in situ* Verbrennung zur Beseitigung des Öls von einer Wasseroberfläche ist eine bereits seit Jahrzehnten bekannte Methode (Abbildung 10). Diese Bekämpfung ist wie alle anderen Methoden auch nur bei bestimmten Umweltbedingungen erfolgreich einsetzbar. Getestet und eingesetzt wird diese Technik bereits seit 1967. Unter den richtigen Bedingungen und mit geeigneten Gerätschaften wird sie als adäquate Ölbekämpfungsmethode angesehen.



Abbildung 10:
Kontrollierte *in situ* Verbrennung
im Golf von Mexiko nach Ver-
dichtung des Öls mit einer feuer-
festen Ölsperre (Bildquelle: U.S.
Navy, MCS Justin Stumberg).

Der Einsatz-Koordinator bei der Havarie der Deepwater Horizon (Federal On-Scene Coordinator, FOSC) hat den Einsatz dieser Bekämpfungsmethode bereits schnell in Betracht gezogen. In einem solchem Umfang wurde sie bislang allerdings noch nie eingesetzt. Beim Einsatz dieser Methode war zu beachten, dass die Bevölkerung und die Einsatzkräfte nicht gefährdet wurden, und dass eine vorgegebene Feinstaubkonzentration ($10 \mu\text{m}$) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten wurde.

Im Golf von Mexiko wurden fünf verschiedene Typen feuerfester Ölsperren mit einer Gesamtlänge von ca. 7000 m eingesetzt. Es wurden insgesamt 411 *in situ* Verbrennungen durchgeführt (Abbildung 11), von denen bei 376 Vorgängen signifikante Ölmengen verbrannt wurden. Die Schätzungen zur verbrannten Ölmenge liegen bei 30.000 - 40.000 m^3 (Allan 2011).

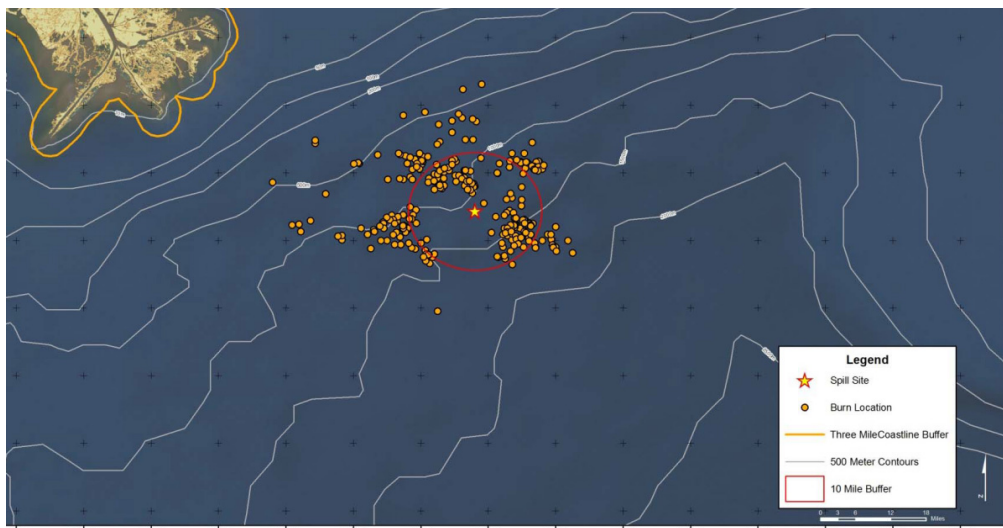


Abbildung 11: Positionen um Deepwater Horizon, an denen *in situ* Verbrennungen als Ölwehrmaßnahme durchgeführt wurden (Bildquelle: A. Allen, Spiltec, OSPR Workshop, Feb. 2011).

Der Einsatz der *in situ* Verbrennung nach der Deepwater Horizon Havarie wird unter den richtigen Bedingungen bei Durchführung durch zuvor trainiertes Personal als erfolgreich eingestuft (ISPR 2011). Bei der Einsatzplanung ist generell jedoch zu beachten, dass die Anwendung von mechanischen Ölbekämpfungsmaßnahmen nicht durch eine *in situ* Verbrennung ersetzt werden kann und darf.

Im ISPR-Bericht (2011) wird dem National Response Team (NRT) empfohlen, von allen regionalen Bekämpfungseinheiten (RRT: Regional Response Team) die Erstellung und Etablierung einheitlicher Richtlinien zur fachgerechten Durchführung von *in situ* Verbrennungen zu fordern, bei denen auch der Schutz der Bevölkerung berücksichtigt wird. In diesen Richtlinien sollten Bereiche spezifiziert werden, in denen eine *in situ* Verbrennung nicht möglich ist und in denen eine Anwendung ohne weitere Abstimmung erfolgen kann (z.B. ab einer bestimmten Entfernung zur Küste). Neben der kontinuierlichen Pflege und Unterhaltung der benötigten Geräte ist eine entsprechende Ausbildung des Personals durch Training und Übungen erforderlich. Darüber hinaus wird festgestellt, dass weiterer Forschungsbedarf in Bezug auf die Beurteilung möglicher Folgen und Risiken sowie weiterer Entwicklungsbedarf der hierfür benötigten Gerätschaften besteht (ISPR 2010).

In Deutschland kann die *in situ* Verbrennung laut VPS-Handbuch auf dem Wasser erwogen werden, sofern ein Maßnahmenvergleich ergibt, dass die Verbrennung vor Ort die beste Lösung ist einen Ölunfall zu bekämpfen und sich keine andere Methode als umweltverträglicher erweist. Diese Art der Bekämpfung ist in deutschen Gewässern bislang jedoch noch nie angewendet worden. Das Havariekommando hat für einen eventuellen Anwendungsfall eine feuerfeste Ölsperre mit 146 m Länge in Hamburg stationiert.

Die *in situ* Verbrennung sollte in der Deutschen Bucht mit entsprechender Vorsicht angewandt werden. Aufgrund der häufigen Westwindlagen würden die toxischen Verbrennungsprodukte (Gase und Aerosole) an die Küsten und Küstenorte transportiert. Eine operationelle Modellierung der Luft-Schadstoff-Wolke ist daher vor einer eventuellen Anwendung erforderlich.

6. Chemische Ölbekämpfung

Bei der Ölbekämpfung infolge der Havarie der Deepwater Horizon wurden neben den mechanischen Methoden auch chemische Bekämpfungsmittel eingesetzt. In Abhängigkeit von der vorgesehenen Wirkweise lassen sich die chemischen Mittel in verschiedene Produktgruppen unterteilen. Es gibt Mittel, die ein Zusammenziehen des Öls auf der Wasseroberfläche bewirken (Öl-Herder) und Mittel, welche die Viskosität des Öls erhöhen (Solidifier) und dadurch die mechanische Aufnahme des Öls erleichtern sollen. Diese chemischen Mittel, sowie die Mittel zur Reinigung von Küsten und Objekten (Shore-Line-Cleaner) wurden bei Deepwater Horizon nicht verwendet. Hier wurden die sog. Dispergatoren eingesetzt, die die natürliche Dispersion des Öls unterstützen.

Wirkweise von Dispergatoren

Öl löst sich auf Grund der geringen Polarität nicht in Wasser. Durch ausreichend kinetische Energie lässt es sich jedoch in der wässrigen Phase dispergieren. Die Intensität der natürlich vorhandenen Dispersion (siehe Abbildung 5) hängt insbesondere von den Faktoren Wassertemperatur, Wind bzw. Wellengang (Abbildung 9), Salzgehalt und Ölsorte ab.

Dispergatoren setzen die Grenzflächenspannung am Phasenübergang vom Öl zum Wasser herab. Kleine Öltröpfchen können so durch die vorhandenen Wellenkräfte wesentlich leichter aus einem Ölfilm herausgelöst werden. Das dispergierte Öl wird durch den Einsatz von Dispergatoren somit nicht aus der Meeresumwelt entfernt, sondern in Form von feinen Öltröpfchen in der Wasserphase verteilt (Abbildung 12). Hierdurch vergrößert sich die Oberfläche des exponierten Öls um ein Vielfaches, dementsprechend erhöht sich die Zugänglichkeit für die mikrobiellen Lebensgemeinschaften. Durch die erhöhte Bioverfügbarkeit kann das Öl besser von den ubiquitär vorkommenden ölzehrenden Mikroorganismen besiedelt werden, die das Mineralöl als Energiequelle nutzen. Unter den richtigen Umweltbedingungen kann das dispergierte Öl so erheblich schneller abgebaut werden.

Schwimmt das Öl nicht mehr auf der Wasser-

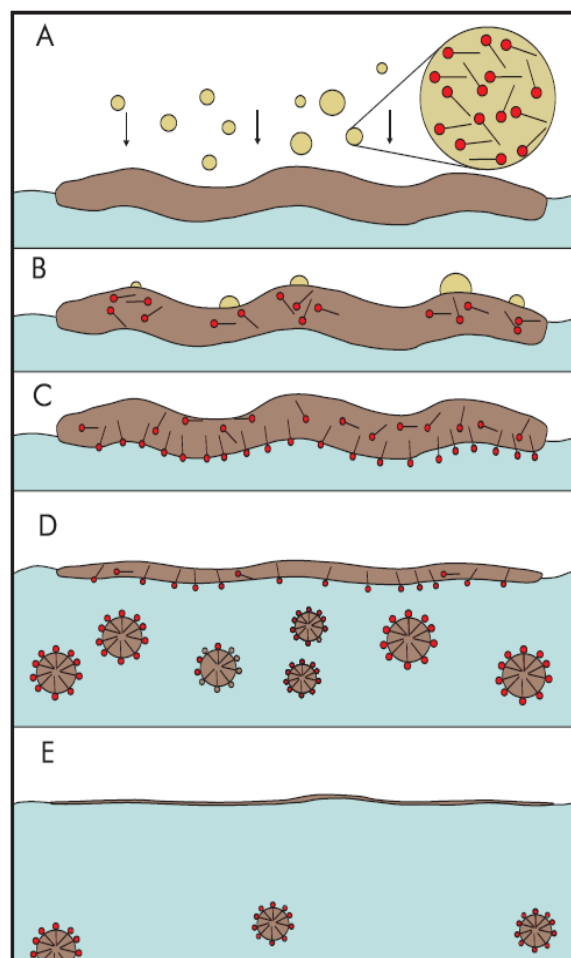


Abbildung 12: Wirkweise von Dispergatoren: A) Applikation des Dispergators in feinen Tröpfchen; B) Adsorption und Transport der Wirkkomponenten; C) Reduktion der Grenzflächenspannung durch das Tensid; D) Abreißen kleiner Öltröpfchen durch Wellenenergie; E) Verteilung der Öltröpfchen im Wasserkörper bis ca. 10 m Tiefe (ITOPF 2010).

oberfläche auf, sondern ist es im Wasser dispergiert, sinkt die Gefahr, dass Vögel, die Nahrung oder einen Rastplatz auf dem Wasser suchen, verölt werden und das Öl an die Küstenlinie angespült wird.

Dass das Öl durch Dispersion und Verteilung im Wasserkörper besser für die im Wasser lebenden Organismen verfügbar wird, ist beim Einsatz von Dispergatoren gleichzeitig ein Nachteil, da diese Organismen durch die toxischen Eigenschaften des Öls, des Dispergators und deren Kombinationswirkung geschädigt werden können. Beim Ölabbau durch die Mikroorganismen wird in der Regel zudem Sauerstoff verbraucht, dies kann ebenfalls zu Problemen im Gewässer führen.

Ein Einsatz von Dispergatoren ist somit nicht immer zielführend. Vor dem Einsatz von Dispergatoren ist z.B. zu ermitteln, ob das zu verwendende Produkt im Einzelfall effektiv ist und eine unterstützende Dispersionswirkung zeigen wird. Problematisch ist bei einem Einsatz von Dispergatoren außerdem, dass auf Grund der veränderten Grenzflächenspannung der Ölphase, mechanische Mittel zur Aufnahme und Entfernung des Öls nicht mehr effektiv eingesetzt werden können. Ebenso wie bei den anderen Ölbekämpfungsmaßnahmen gibt es für den Einsatz von Dispergatoren Rahmenbedingungen, die es zu beachten gilt. Neben der Windstärke und der Wellenhöhe (Abbildung 9) ist ein effektiver Einsatz nur in einem begrenztem Zeitfenster nach der Ölfreisetzung möglich². In diesem Zeitfenster müssen adäquate Möglichkeiten zur Applikation der Dispergatoren per Hubschrauber, Schiff oder Flugzeug verfügbar sein. Eine stichpunktartige Übersicht über die Vor- und Nachteile, die mit dem Einsatz von Dispergatoren verbunden sind, findet sich in Tabelle 1.

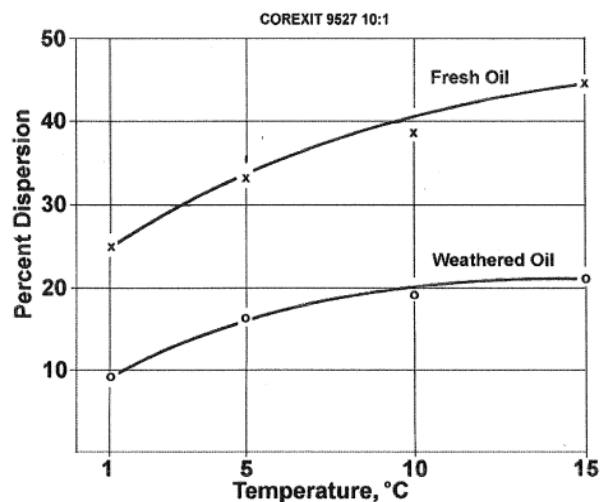


Abbildung 13: Einfluss der Temperatur auf die Effektivität des Dispergators Corexit 9527 bei frischem und gealtertem Öl (Lehtinen 1981 aus IVL 2001).

² Rohöl besteht aus sehr vielen unterschiedlichen Verbindungen. Hauptsächlich sind dies verschieden lange Kohlenwasserstoffketten. In Abhängigkeit von der Molekülgröße und den Bedingungen verflüchtigen sich die kürzeren Kohlenwasserstoffe, was eine Erhöhung der Viskosität des Öls und eine Verringerung der Effektivität der Dispergatoren zur Folge hat (Abbildung 13).

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Dispergatoren.

Vorteile von Dispergatoren	Nachteile von Dispergatoren
größere Oberfläche des Öls → schneller Abbau	Öl wird nur oberflächlich entfernt → es befindet sich aber noch in der Umwelt → Schäden für Pelagial, Demersal und Benthos
weniger Öl an der Wasseroberfläche → weniger verölte Vögel → weniger Öl an Küsten und Stränden	Dispersion des Öls in feine Öltröpfchen → Ölsperren und mechanische Aufnahme wird unwirksam → ggf. Eindringen in Sedimente, hier erfolgt ein langsamerer Abbau → höhere Verfügbarkeit für Organismen im Wasserkörper
Verteilung des Öls in der Wassersäule → geringere Konzentrationen → geringere Toxizität	toxische Eigenschaften von Dispergator und Öl → direkte u. indirekte Effekte, einzeln und in deren Kombination
vergleichsweise einfache Applikation → große Reichweite → große Flächenleistung	Einschränkungen zum effektiven Einsatz → begrenztes Zeitfenster zur Applikation → Wellenenergie muss vorhanden sein → nicht für alle Ölsorten geeignet → Einsatz im Süßwasser nicht sinnvoll
weniger witterungsabhängig als andere Ölbekämpfungsmethoden → größeres Einsatzspektrum	
Methode mit schnell sichtbaren Ergebnissen → medienwirksam	

Die positiven Effekte, die mit einem Einsatz von Dispergatoren verbunden sein können, sind vor dem Hintergrund möglicher Schadeffekte für das Ökosystem abzuwägen (Abbildung 14), hier sind auch Bedingungen wie Windrichtung, Küstenausbildung und Schutzziele (sensible Küstenökologie, Meeresumwelt, Fischerei, Tourismus, etc.) zu berücksichtigen. Ein adäquates Werkzeug für eine solche Abschätzung kann die Net Environmental Benefits Analysis (NEBA) sein. Auf Grund der möglichen und zum Teil erheblichen ökologischen Nachteile kann es keine pauschale Empfehlung geben, Dispergatoren grundsätzlich bei der Ölbekämpfung einzusetzen. Ebenso kann ein Dispergatoreinsatz die mechanischen Bekämpfungsmethoden nicht ersetzen.

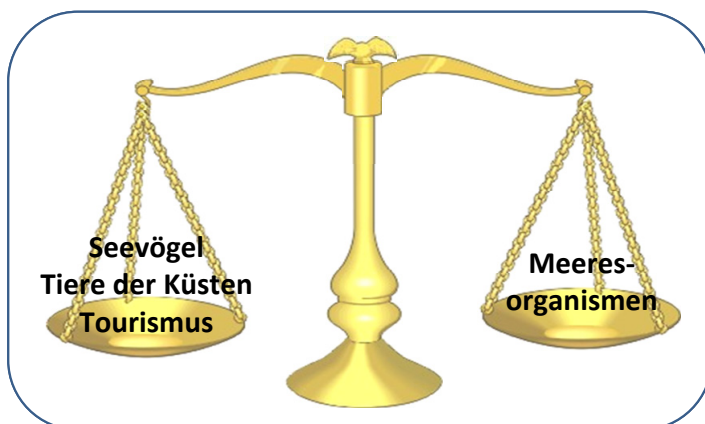


Abbildung 14:
Abhängigkeit der Schutzziele, die bei einer Entscheidung über den Einsatz von Dispergatoren betroffen sein können (nach Alun Lewis).

Situation in Deutschland

Bei schweren Havarien und komplexen Schadenslagen, wie z.B. einem großen Ölunfall, ist das Havariekommando für das maritime Unfallmanagement zuständig. Dies umfasst auch die Koordination der Einsatzkräfte und die Planung der Bekämpfungsstrategien. Bei Ölverschmutzungen im größeren Maß ist in Deutschland als primäre Bekämpfungsstrategie die mechanische Aufnahme mit Spezialschiffen und Spezialgeräten vorgesehen. Nur in Sonderfällen ist ein Einsatz von Dispergatoren durch das Havariekommando möglich und nur dann, wenn sie tatsächlich wirksam sein können und der Einsatz ökologisch sinnvoll ist.

Die Nordsee kann bezüglich einer potentiellen Anwendung in drei Zonen unterteilt werden (Abbildung 15): Zone I – ein Einsatz ist problematisch und im Regelfall nicht vorgesehen; Zone II – ein Einsatz von Dispergatoren ist im beschränkten Maße möglich und Zone III – ein Einsatz ist ohne quantitative Beschränkungen möglich.

In der Ostsee ist ein Einsatz von Dispergatoren generell nicht vorgesehen und nicht sinnvoll, da die Ostsee ein flaches Binnenmeer mit geringem Wasseraustausch, geringer Wellenenergie, geringer Salinität, geringem Sauerstoff und geschichtetem Wasserkörper ist. Zudem wurde im Helsinki-Übereinkommen der Verzicht auf Dispergatoren bei der Unfallbekämpfung beschlossen.

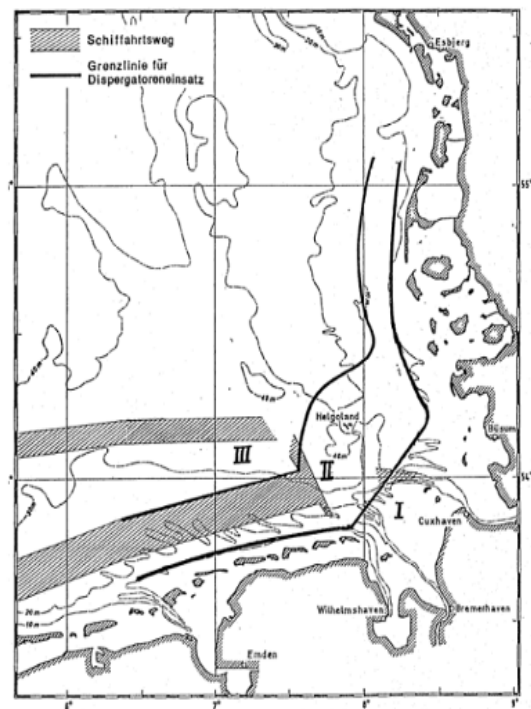


Abbildung 15:
Zonierung der Nordsee (Umweltbundesamt, Bericht 10204 216/05).

Einsatz von Dispergatoren bei Deepwater Horizon

Zur Ölbekämpfung wurden von BP nach der Havarie der Deepwater Horizon Dispergatoren in einem erheblichen Umfang eingesetzt. Es erfolgte eine Applikation der Dispergatoren Corexit EC9500A und Corexit EC9527A auf herkömmliche Weise an der Wasseroberfläche mittels Hubschraubern und Flugzeugen. Hierbei wurden 3700 m³ Dispergatoren verbraucht. Zusätzlich zu dieser Überwasserapplikation erfolgte eine Applikation unter Wasser in 1500 m Tiefe. Mit Erlaubnis der amerikanischen Umweltbehörde EPA wurden 2900 m³ des Dispergators Corexit EC9500A direkt an der Austrittsstelle in das mit hohem Druck ausströmende Öl injiziert. Erstmals erfolgte bei der Ölbekämpfung ein Unterwassereinsatz von Dispergatoren in solchen Wassertiefen.

Im Verlauf des Einsatzes der Dispergatoren entschieden sich die US-amerikanischen Behörden EPA und U.S. Coast Guard die täglich eingesetzte Menge auf 15.000 Gallonen (ca. 57.000 Liter) zu begrenzen (EPA & US CG 2010). Da die eingesetzten Produkte zwar nicht zu den giftigsten, aber auch nicht zu den am wenigsten toxischen Dispergatoren gehören, wurde BP von der

amerikanischen Umweltbehörde EPA angehalten, kurzfristig andere Dispersionsmittel zu prüfen und einzusetzen die eine geringere Toxizität als die derzeit eingesetzten Produkte aufwiesen und ebenfalls auf der EPA-Liste der zugelassenen Dispersatoren geführt sind (EPA & US CG 2010). Sollten keine alternativen Dispersatoren eingesetzt werden können, so war dies durch BP zu begründen. BP gab als Begründung für die Weiterverwendung der bislang eingesetzten Dispersionsmittel an, dass die alternativen Produkte entweder nicht im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen würden oder, dass beim Abbau persistente Verbindungen mit toxischen Eigenschaften für die Meeresumwelt entstehen könnten.

Ab November 2010 wurde in unabhängigen Untersuchungen über das Auftreten ausgedehnter Ölschwaden im großräumigen Bereich um Deepwater Horizon in einer Wassertiefe von 1000 - 1300 Meter berichtet (Hazen et al. 2010, Kujawinski et al. 2011, Thibodeaux et al. 2010, US NC 2011a). Es wird angenommen, dass die Bildung dieser Ölschwaden durch die Unterwasserapplikation des Dispersators verstärkt wurde.

In besonderem Interesse der initiierten Untersuchungen stehen die Effektivität und die Auswirkungen des unter Wasser applizierten Dispersators. Um mehr über den Verbleib des Corexits zu erfahren, verwenden Kujawinski et al. (2011) den Bestandteil DOSS (Dioctyl-Sodium-Sulfosuccinate) als Tracer. DOSS wird im Meer nur langsam abgebaut. Es wurde in den Ölschwaden in einer Tiefe von 1000 bis 2000 m festgestellt. Somit ist DOSS grundsätzlich als Tracer für die eingesetzten Dispersatoren Corexit EC9500A und Corexit EC9527A geeignet. In Wasserschichten über 1000 m wurde DOSS in den Ölschwaden nicht mehr festgestellt. Für dieses Verhalten bieten sich zwei Erklärungen an: 1. der Dispersator war ineffektiv und ist aus den Ölschwaden diffundiert, oder 2. der Dispersator war effektiv und ist mit der Abspaltung kleiner Öltröpfchen ausgetragen worden (Kujawinski et al. 2011). Die derzeit noch diskutierte grundsätzliche Frage, in welchem Maße die Unterwasserapplikation nach der Deepwater Horizon Havarie zu einer verringerten Ölmenge an der Meeresoberfläche geführt hat, kann momentan noch nicht abschließend beantwortet werden (Abbildung 16). Ebenso können derzeit noch keine Aussagen zu den toxischen Langzeiteffekten³ der Dispersatoren auf die Meeresgemeinschaften getroffen werden.

Mit dem Corexit-Einsatz von insgesamt 6.600 m³ erfolgte einer der umfangreichsten Dispersator-Einsätze überhaupt. Durch die Applikation unter Wasser sollte die Dispersion des Öls in der Wassersäule gesteigert werden, damit geringere Ölmenge die Meeresoberfläche erreichen. Ersten Abschätzungen zufolge beträgt die durch Applikation dispergierte Menge 8-16 Prozent (NOAA 2010, US NC 2011a).

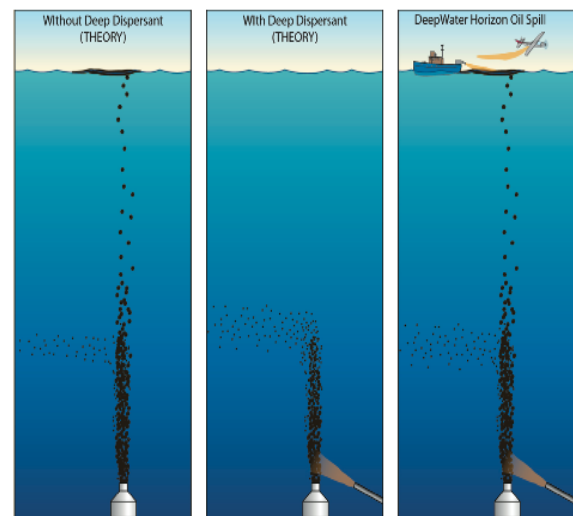


Abbildung 16:
Schaubild zur Frage der Effektivität der bei Deepwater Horizon eingesetzten Dispersatoren (Kujawinski et al. 2011).

³ Reproduktionstoxizität, Effekte auf Populationsebene, endokrine Wirkungen, Immuntoxizität etc.

Fazit zum Einsatz von Dispergatoren

Der Unfall der Deepwater Horizon hat zu einer intensiven Debatte über den Einsatz von Dispergatoren geführt. Die z.T. noch ausstehenden Ergebnisse aus den Effektivitätsuntersuchungen und aus den Untersuchungen der Langzeiteffekte sollten für künftige Entscheidungen genutzt werden. Bei der möglichen Anwendung und für einen erfolgreichen Einsatz ist die Datenkenntnis zu Effektivität und Toxizität der Dispersionsmittel entscheidend. Bei unzureichenden Informationen kann ggf. Spezial-Software, z.B. der EMSA, genutzt werden. Für einen erfolgreichen Einsatz von Dispergatoren ist eine umfassende Vorsorgeplanung grundlegend. Zudem müssen die einzusetzenden Dispergatoren und die erforderlichen Geräte zur Applikation kurzfristig zur Verfügung stehen. Das Einsatzpersonal sollte ausgiebig informiert und entsprechend gut trainiert sein. Für die Entscheidung im Einsatzfall sollte eine Vorsorgeplanung vorliegen, in der z.B. sensitive Gebiete und Bereiche für die eine Volumenbeschränkung vorgesehen ist, erfasst sind. Außerdem sollten die Verfahren zur effektiven Erfassung von Form und Schichtdicke der Verunreinigung weiterentwickelt werden.

7. Belastung von Fischen, Avifauna und Meeressäugern

Öl besteht aus einem Gemisch von tausenden Einzelstoffen, die meisten von ihnen gehören zur Klasse der Kohlenwasserstoffe. Öle aus unterschiedlichen Quellen unterscheiden sich in der Zusammensetzung der Einzelstoffe und diese beeinflussen die speziellen physikalischen, chemischen und toxischen Eigenschaften. Die Anfangszusammensetzung kann sich in der Umwelt durch Alterung (Verdampfung, Lösung, chemischer und biochemischer Abbau, siehe Abbildung 5) verändern; damit können sich wiederum die Eigenschaften verändern. Auf diese Weise kann sich z.B. ein leichtflüchtiges und dünnflüssiges Öl in ein zähflüssiges Öl verwandeln, das nur noch wenig flüchtige Bestandteile enthält. Dieses zähflüssigere Öl tendiert dazu, bei Kontakt mit Oberflächen stärker an diese zu binden und diese permanent zu benetzen. Vor allem für Vögel und Säugetiere kann dies problematisch sein, da dies die Wärmeregulierung beeinträchtigt in dessen Folge die Organismen an Unterkühlung sterben können (Söding et al. 2010).

Von toxikologischer Bedeutung sind insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe, wobei leichter flüchtige und leichter wasserlösliche Aromaten mit 1 bis 3 Ringen meist eine hohe akute Toxizität aufweisen, während höher kondensierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit 4 bis 6 Ringen häufig krebserregend und persistent sind. Die mengenmäßig wichtigsten Kohlenwasserstoffe sind die kettenförmigen gesättigten Aliphate mit 5 bis 50 Kohlenstoffatomen. Sie sind jedoch wenig toxisch und können relativ leicht durch Mikroorganismen biologisch abgebaut werden.

Avifauna

Ein Abschlussbericht über das Gesamtausmaß der Ölverschmutzung von Vögeln durch den Deepwater Horizon-Unfall wurde noch nicht veröffentlicht. Der US Fish & Wildlife Service

veröffentlichte jedoch Übersichten der durch Öl betroffenen Vögel im Internet (US FWS 2011a, US FWS 2011b).

Die genaue Dokumentation der verölten Vögel ist in den USA unerlässlich für die Vorbereitung von Gerichtsverfahren, die eingeleitet werden, um die für den Unfall verantwortlichen Organisationen für die Wiederherstellung von Lebensräumen und Arten, die durch den Unfall geschädigt wurden, zur Rechenschaft zu ziehen. Zusätzlich werden die Daten zur Quantifizierung der Beeinträchtigung der Vogelbestände verwendet, die für den US Fish & Wildlife Service, die Golfstaaten und die Öffentlichkeit als wichtig einzustufen sind. Letztlich werden die Daten gebraucht, um das Ausmaß der Auswirkungen der Ölpest auf die Vogelbestände zu ermitteln und um ggf. geeignete Wiederherstellungsmaßnahmen einzuleiten. Die Gesamtkosten, die dem Verursacher in Rechnung gestellt werden, setzen sich aus den Kosten für die durchgeführten Säuberungen, Wiederherstellungsmaßnahmen und weiteren möglichen Folgekosten zusammen. Sind die Verantwortlichen nicht bereit für den entstandenen Schaden zu zahlen, werden entsprechende Gerichtsverfahren eingeleitet.

Laut Berichten des US Fish & Wildlife Service hat eine vollständige Erfassung der betroffenen Tiere in den ersten Tagen der Katastrophe nicht stattgefunden. Erst nach wenigen Tagen wurde ein Erfassungssystem mit integrierter Verifizierung der Meldungen aufgebaut. Die Daten werden durch autorisierte Zähler, aber auch durch die Bevölkerung gesammelt, die Vögel findet und an Rehabilitationszentren abgibt. Art, Fundort, Fundumstände, Zustand des Vogels und Verölungsgrad werden registriert. Bevor die Daten in einer zentralen Datenbank gespeichert werden, wird überprüft, ob sie für die o.a. Zwecke wissenschaftlich, rechtlich und qualitativ ausreichend sind. Dieser Verifizierungsprozess dauert ca. zwei Wochen. Berichte über verifizierte Funde werden täglich angefertigt.

Die folgenden Angaben über die durch den Unfall betroffenen Tiere sind der Übersicht des US Fish & Wildlife Service vom 20. April 2011 entnommen (US FWS 2011a). Die erfassten Vögel entsprechen, wie bei Ölundfällen üblich, nicht der Gesamtzahl der betroffenen Tiere. Eine meist unbestimmte Anzahl verölter Organismen kann nicht erfasst werden, da Vogelkadaver z.B. im Meer versinken, durch Strömungen verdriftet werden oder nicht gefunden werden (z.B. Meeresvögel die in unwegsamen Gegenden verenden oder deren Kadaver von anderen Tieren gefressen werden).

Bis zum 20. April 2011 sind insgesamt 8233 Vögel an den Küsten des Golfs von Mexico aufgesammelt worden, davon waren 53% (4389 Individuen) verölt. 37% (3046) der Vögel wurden lebend geborgen, davon waren 68% (2086) sichtbar verölt. Damit waren 25% der insgesamt gefundenen Vögel sichtbar verölt und noch am Leben. Interessanterweise ist die Mehrzahl (62%) der tot geborgenen Vögel äußerlich nicht verölt gewesen. Inwieweit innerliche Verölungen bei diesen Tieren vorlagen, wurde noch nicht veröffentlicht. Die gezielte Suche nach Ölopfern führt in den meisten Fällen auch zu vermehrten Funden von Vögeln, die an natürlichen Ursachen gestorben sind.

Die Daten zur Artenzusammensetzung der betroffenen Vögel werden vom US Fish & Wildlife Service noch im Mai 2011 als provisorisch und unvollständig angesehen. Das Artenspektrum der sichtbar verölten Vögel aus dem Bericht für Mai 2011 umfasst ca. 75 Arten. Sowohl Sing- als auch Greif-, See- und Wasservögel sind betroffen. Das Artenspektrum umfasst Hochseearten wie

Sturmtaucher und Tölpel sowie Küstenarten wie Pelikane, Limikolen und Reiher. Die Aztekenmöwe (*Larus atricilla*) wurde mit 45% aller Funde am häufigsten als verölt registriert. Insgesamt wurden Möwen am stärksten betroffen (48%), gefolgt von Pelikanen (13%), hier vor allem Braunpelikane (*Pelecanus occidentalis*), Seeschwalben (12%) und Tölpel (11%), vor allem Baßtölpel (*Morus bassanus*). Nur eine der in den Staaten Mississippi, Louisiana, Florida und Alabama, als gefährdet eingestufte Vogelart ist durch den Unfall betroffen: 49 Individuen der als gefährdet eingestuften Unterart der Amerikanischen Zwergseeschwalbe (*Sterna antillarum athalassos*) wurden als Ölopfer aufgelistet.

Inwieweit der Einsatz von Dispergatoren und anderen Faktoren, wie Strömung, Wassertemperatur, Beschaffenheit der Küste, Größe und Verteilung der Vogelbestände Einfluss auf die Anzahl der verölten Vögel im Golf von Mexiko hatte, wurde noch nicht geklärt bzw. veröffentlicht.

Meeressäuger

Im Golf von Mexiko kommen 21 Arten mariner Säugetiere vor, von denen sechs Arten entsprechend des Gesetzes Gefährdeter Tierarten (Endangered Species Act) als gefährdet eingestuft sind. Im Zuge der Erfassung und Dokumentation verölter Vögel werden durch den US Fish & Wildlife Service auch Meeressäuger, Fische und andere Meerestiere berücksichtigt. Hierbei wird noch mal darauf hingewiesen, dass die Zahl der erfassten Tiere, nicht der Gesamtzahl der aller betroffenen Tiere entspricht. Eine meist unbestimmte Anzahl verölter Organismen kann nicht erfasst werden, da die Kadaver z.B. im Meer versinken, durch Strömungen verdriften oder nicht gefunden werden.

Die dargestellten Daten zu den durch den Unfall betroffenen Tiere sind der Übersicht vom 20. April 2011 des US Fish & Wildlife Service entnommen (US FWS 2011a). Demnach wurden insgesamt 13 marine Säugetiere, einschließlich Delphine, lebend gefunden. Davon zeigten zwei Tiere sichtbare Spuren von Verölung. Insgesamt konnten nach durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen 5 Tiere wieder freigesetzt werden. Die Gesamtzahl der tot aufgefundenen Säugetiere entlang der Golfanrainerstaaten lag bei 157 Individuen. Sichtbare Spuren von Verölung wiesen dabei nur zehn Tiere (ca. 10%) der Totfunde auf. 130 Tiere zeigten äußerlich keine sichtbare Verölung, bei 17 Tieren stand die genaue Analyse zur Todesursache noch aus.

Auch hier wird in den Berichten des US Fish & Wildlife Service darauf hingewiesen, dass nicht alle Totfunde oder gefangenen verletzten Tiere ursächlich auf die Deepwater Horizon Havarie zurückzuführen sind. Genaue Ursachen werden meist zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt. Bestandteil der ausstehenden Bewertungen ist die genaue Ermittlung der Todesursachen der Wildtiere im betroffenen Gebiet.

Fische und andere Wildtiere

Berichte zum Ausmaß und den Auswirkungen auf betroffenen Fischarten und die Lebensgemeinschaften in der Wassersäule liegen zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht vor. Die Erfahrungen aus vorangegangenen Ölundfällen im Golf von Mexiko wiesen jedoch nicht auf eine dauerhafte Schädigung der Fischbestände hin. In Folge der Havarie der Deepwater Horizon

wurden große Bereiche um den Unfallort und an den Küsten für die Fischerei gesperrt, dies betraf vor allem Fanggebiete für Shrimps, Zackenbarsche und Schnapper (Söding et al. 2010). Ein großer Anteil der im Zuge der Untersuchungen des US Fish & Wildlife Service erfassten und dokumentierten Wildtiere betrifft die Meeresschildkröten. Vier Arten dieser gefährdeten bzw. bedrohten Meeresschildkröten leben im Golf von Mexiko. Für eine Art (Kemp's ridley turtle) liegen im westlichen Golf sogar die einzigen Nestvorkommen weltweit. Wie dem Bericht vom 20. April 2011 (US FWS 2011a) zu entnehmen ist, wurden insgesamt 536 lebende und 613 tote Schildkröten eingesammelt. Von den lebend gefangenen Tieren zeigten 456 sichtbare Verölungsspuren. Der Anteil der toten und gleichzeitig verölten Schildkröten lag bei nur 18 Tieren (ca. 3%). 517 der tot gefundenen Schildkröten zeigten keine sichtbaren Ölsuren. Es konnten 469 Schildkröten nach erfolgten Rehabilitationsmaßnahmen wieder freigesetzt werden. Um die Nester der Meeresschildkröten vor möglichen Verölungen an den Küsten der betroffenen Regionen zu schützen, wurden insgesamt 278 Nester in Sicherheit gebracht. 14676 geschlüpfte Schildkröten konnten daraufhin wieder freigesetzt werden.

Reinigung verölter Vögel und anderer Tiere

Es wurden Rehabilitationsstationen in Mississippi, Louisiana, Florida und Alabama betrieben. Von den 3046 bis April 2011 lebend geborgenen Vögeln wurden insgesamt 1252 Individuen aus den Stationen wieder freigelassen. Das entspricht ca. 41% der lebend gesammelten Vögel. Inwieweit die freigelassenen Vögel alle direkte Opfer der Ölverschmutzung waren, ist noch unklar. Detaillierte Informationen über Rettungsmaßnahmen und ihre Erfolge liegen ebenfalls nicht vor.

8. Mikrobiologische Abbauprozesse

Das in Folge der Havarie durchgeführte Monitoring sowie einzelne begleitende Prozessstudien waren im Hinblick auf die Beschreibung der mikrobiologischen Komponenten sehr detailliert und umfangreich. Bereits 2010 und 2011 wurden erste Publikationen (Hazen et al., 2010, Camili et al., 2010, Hamdan & Fulmer, 2011) veröffentlicht, die die herausragende Bedeutung dieser trophischen Ebene für den Ölabbau unterstreichen. Gleichwohl wird deutlich, dass aufgrund der Komplexität des Schadensgeschehens zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine abschließende Einschätzung noch nicht möglich ist. Gerade der massive Einsatz des Dispergators Corexit EC9500A führte sehr wahrscheinlich zu einer Veränderung der am Ölabbau beteiligten mikrobiellen Gemeinschaft. So konnten Hamdan & Fulmer (2011) anhand von Sedimentproben zeigen, dass Corexit sehr spezifisch auf einzelne Bakterienpopulationen wirkt. Vibrionen wurden im Wachstum grundsätzlich begünstigt. Da zu den Vibrionen auch viele pathogene Spezies gehören (*V. cholerae*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*), muss dringend geklärt werden, ob der Dispergatoreinsatz im warmen Oberflächenwasser des Golfs möglicherweise Pathogene im Wachstum begünstigt hat. Dass dies tatsächlich der Fall gewesen sein könnte, zeigt eine kürzlich veröffentlichte Metagenom Studie von Widger et al. (2011), in der in US-Küstengewässern des

Golfs von Mexico in Folge der Verölung eine massive Zunahme von *V. cholerae* verwandten DNA Sequenzen nachgewiesen wurde.

Welche Auswirkungen der Einsatz von Corexit und das Öl im kalten Tiefenwasser des Golfs hat bzw. noch haben wird, bleibt gegenwärtig noch offen. Hazen et al. (2010) konnten zeigen, dass im Tiefenwasser fein verteiltes Öl vorlag, welches zu einem starken Wachstum ölabbauender γ -Proteobakterien führte und der Prozess des Ölabbaus grundsätzlich schneller von statten ging, als angenommen. Gleichwohl beschreibt Samantha Joye (University of Georgia), die kürzlich eine Tauchexpedition in das Gebiet durchführte, den Tiefseeboden in der Nähe der Austrittsstelle als „Friedhof“, der mit einer „dicken Schicht braunem Schleim“ überzogen ist.

Bis ein abschließendes Urteil über die ökosystemaren Folgen der Verölung und der zur Bekämpfung umfangreich eingesetzten Dispergatoren möglich ist wird es noch Jahre benötigen. Im Golf wurde durch die Havarie der Deepwater Horizon eine der bislang größten Ölverschmutzungen der Geschichte ausgelöst. Durch den Einsatz von Dispergatoren auch Unterwasser in einem nicht vergleichbaren Ausmaß wurde ein „Freilandexperiment“ initiiert, mit zunächst noch unklaren Folgen für Natur und Umwelt.

9. Monitoringuntersuchungen

Nach der Havarie der Deepwater Horizon wurden durch Universitäten, Behörden, Nichtregierungsorganisationen und private Stellen zahlreiche Untersuchungen initiiert. Diese dienen der Ermittlung negativer Auswirkungen durch die Ölkatastrophe, gleichzeitig können sie in Gerichtsverhandlungen Verwendung finden (s. Kapitel 7). Die Untersuchungen umfassen alle potentiell beeinträchtigten Fachaspekte der Meeresbiozönose (vgl. Abbildung 17).

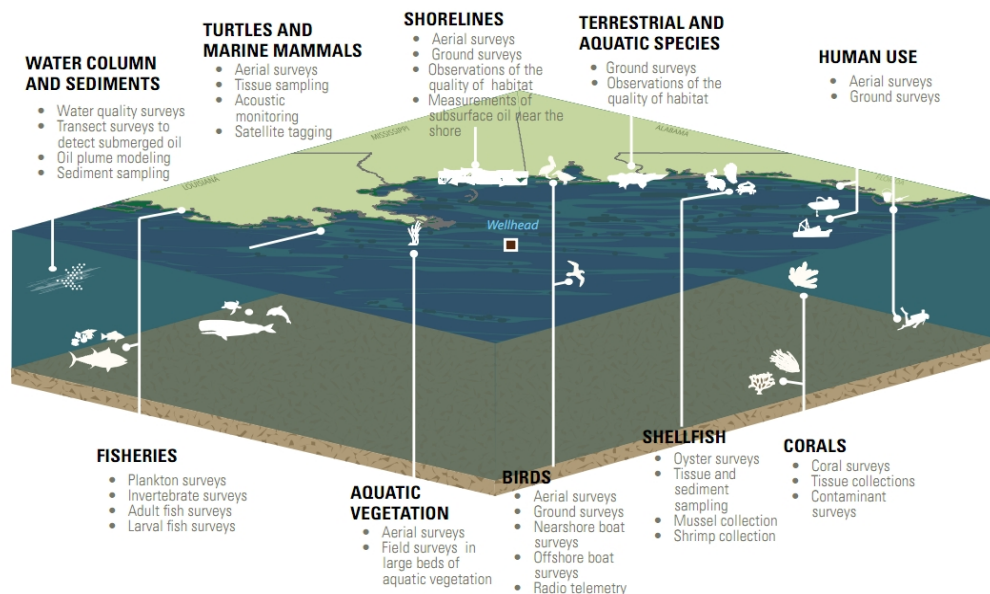


Abbildung 17: Nach dem Untergang der Deepwater Horizon gestartete Untersuchungen zu den verschiedenen Aspekten der Meeresbiozönose (US NC 2011a).

Auf der Internetseite der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) „GeoPlatform - Gulfresponse“⁴ ist eine Übersicht über die Monitoringprogramme einsehbar. Im Bericht an den Präsidenten der USA wird in Bezug auf das Monitoring festgestellt, dass direkt nach dem Unfall viele unabhängige Wissenschaftler bereit waren Untersuchungen durchzuführen, welche die regierungseigenen Untersuchungen ergänzen. Jedoch kam es aufgrund von Unklarheiten in der Finanzierung zu einem verzögerten Beginn der Untersuchungsaktivitäten (US NC 2011a).

Generell hängen Art, Umfang und Tiefe eines Monitoringprogramms von den Zielen des Monitorings ab. Diese können sich im Verlauf eines Unfalls auch stark verändern. Im Folgenden sind die Überlegungen in Deutschland zur Gestaltung entsprechender Monitoringprogramme skizziert.

Anfangsuntersuchungen

Zu Beginn und während der Eintragsphase sind vor allem Fragen nach der Menge, der Art des Öls sowie dessen Ausbreitung und zum voraussichtlichen Transport und Verbleib von Interesse. Das Monitoring sollte, wann immer es notwendig oder sinnvoll erscheint, durch Modellierungen ergänzt und unterstützt werden. Teure Messungen können dadurch evtl. wesentlich gezielter und effektiver eingesetzt werden (BSH, FZG).

Fernerkundungs-Verfahren

Zur Gewinnung eines schnellen und flächenhaften Überblicks eignen sich am besten Remote Sensing-Verfahren, die z.B. von Flugzeugen oder Hubschraubern aus eingesetzt werden. Entsprechendes Equipment ist in Deutschland (Marine, HK) und den Nachbarstaaten vorhanden und einsatzbereit.

Chemische Monitoringuntersuchungen

Die stoffspezifischen Eigenschaften des Öls können zum großen Teil von den Verursachern bezogen werden. Trotzdem sollte das ausgetretene Öl sorgfältig mittels GC- und GC/MS-Verfahren charakterisiert werden.

Zu Beginn der Untersuchungen sind insbesondere schnelle quantitative oder halbquantitative Verfahren von Interesse, um die mengenmäßige Belastung des Wassers und der Küsten zu erfassen. Hierfür eignen sich fluoreszenzspektroskopische Verfahren. Sowohl Spot-Beprobungen mit Untersuchungen im Labor als auch kontinuierliche *in situ* Verfahren mit entsprechenden Sensoren stehen zur Verfügung. Letztere erlauben einen raschen halbquantitativen Überblick über größere Wasserkörper und können im Gegensatz zu den Remote Sensing-Verfahren auch in größeren Wassertiefen Öl nachweisen.

Je länger der Zeitraum und je weiter das Untersuchungsgebiet von dem Austrittsort und – geschehen entfernt ist, desto wichtiger wird auch ein qualitativer Nachweis, dass Verschmutzungen vom ursprünglichen Unfall und nicht von anderen Quellen stammen.

⁴ <http://www.geoplatform.gov/gulfresponse/>

Quantitative Ergebnisse können anfangs mittels summarischer Größen (UV-VIS-F) erfasst und Gesamtölmengen abgeschätzt werden. Im Verlauf der Alterung des Öls (durch Verdampfung, Lösung und Abbau) wird die Einzelstoff-spezifische Analyse mittels GC-MS wichtiger.

Folgende Ziele stehen hier im Vordergrund:

1. Qualitative und quantitative Bestimmung toxischer Bestandteile (insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe: alkylierte und nicht alkylierte Aromaten), um die toxische Belastung von Wasser, Sediment und Biota zu erfassen und zu bewerten
2. Nachweis der Identität des Öls mit dem primären Unfall-Öl durch Mustervergleich
3. Bestimmung der räumlichen Ausdehnung der Umweltbelastung – wichtig für Schadensermittlung und -dokumentation sowie Regressforderungen
4. Beobachtung und Dokumentation der zeitlichen Veränderung (Alterung und Abbau des Öls, Erholung des Ökosystems)

Einige der Untersuchungen können von Umweltlaboren der Länder und des Bundes und auch von Handelslaboren durchgeführt werden. Die größten Erfahrungen für diese Untersuchungen liegen in Deutschland im BSH vor, das daher hier federführend beteiligt werden sollte.

Biologische Untersuchungen

Die Untersuchungen von Flora und Fauna lassen sich grundsätzlich in drei unterschiedliche Untersuchungsbereiche trennen:

1. Physikalische Verschmutzung, wie z.B. Verschmutzung und Beeinträchtigung von Gefieder oder Kiemen
2. Aufnahme und Anreicherung von Öl, Ölderivaten und Detergentien und Erfassung möglicher toxischer Effekte
3. Berücksichtigung von Sekundäreffekten und Beeinträchtigungen auf Populationsebene, sowie auf die gesamte Biozönose

Fazit Monitoringuntersuchungen

Kommt es zu einem Unfall in den nationalen Gewässern, erhöht eine bereits bestehende Planung die Handlungssicherheit und die Reaktionsgeschwindigkeit. Besonders bei der Erfassung der Ausgangssituation ist die zur Verfügung stehende Zeit limitiert.

In einer Vorsorgeplanung für den Havariefall sollte ein Monitoringkonzept implementiert sein. In die Erstellung sollte die Umweltexpertengruppe (UEG) eingebunden sein, ggf. ist dies auch von dieser zu koordinieren. Vorarbeiten hierzu sind u.a. auf Initiative der Umweltexpertengruppe (UEG) auf den Weg gebracht worden.

10. Informationstransfer

Die Information der Öffentlichkeit erfolgte in den USA über verschiedene Kanäle. Neben den klassischen Medien fand ein wesentlicher Informationstransfer über das Internet statt. Hierbei ergeben sich Hürden, wenn eine Flut von Informationsquellen bereitgestellt wird und die gesuchten Informationen nicht einfach zu finden sind. Dies erfordert, dass offizielle Portale zur Verfügung stehen, die verlässliche, übersichtliche und strukturierte Unterlagen, Informationen und Daten bereitstellen. Im Falle der Deepwater Horizon erfolgt eine zentralisierte Bereitstellung der offiziellen Daten verschiedener Behörden über die Webseite <http://www.geoplatform.gov/gulfresponse>. Sehr gut gelöst ist hier, das Geoinformationsmodul mit der Möglichkeit, die verschiedenen Informationsebenen zu verknüpfen.

Die Analyse in den USA zeigte das Fehlen eines staatlichen Krisenkommunikationsplanes, was das Informationsmanagement, die direkte Informationsweitergabe und das Bewältigen einer effektiven Krisenkommunikation während der Organisation der Bekämpfung deutlich behinderte (ISPR 2011).

Bezogen auf die Vorbereitung eines Schadstoffunfalls in deutschen Küstengewässern ist zu erwägen, ob nicht auch neben der Erstellung von Untersuchungskonzepten und Monitoringuntersuchungen vorab, auch Konzepte für einen Informationstransfer für die interessierte Öffentlichkeit entwickelt und eventuell vorbereitet werden können. Im Einsatzfall würde z.B. die Pressearbeit im Havariekommando gebündelt werden, hierfür besteht bereits ein entsprechendes Konzept. Aktuelle Informationen zum Unfallgeschehen würden auf der Internetseite des Havariekommandos veröffentlicht werden. Wichtig bei der Bereitstellung der Informationen ist eine gute Strukturierung und eine Aufbereitung der Daten -sowohl für die allgemeine Öffentlichkeit als auch für interessierte Kreise. Ebenso ist zu erwägen, ob eine solche Informationsplattform bereits im Vorfeld, d.h. vor einem Schadensfall bereitgestellt werden kann oder sollte. Somit könnten die umfangreichen Aktivitäten, die im Vorfeld für die Untersuchungen, die zur Vorsorge notwendig sind, einem breiten Publikum nähergebracht werden.

Bezogen auf die Monitoringuntersuchungen im Vorwege eines Schadstoffunfalls, könnten das entwickelte Konzept und möglicherweise auch Ergebnisse der Vorsorgeuntersuchungen präsentiert werden. Hierbei würde sich auch eine Verknüpfung mit dem derzeit im Umbruch befindlichen BLMP+ (erweitertes Bund-Länder-Messprogramm) anbieten. Eine Basis für eine Präsentationsplattform stellt der Vorsorge Plan Schadstoffunfallbekämpfung (VPS) dar, in dem z.B. auch schon Daten aus biologischen Untersuchungen eingebunden sind. Dieses ist allerdings nicht für die Öffentlichkeit zugänglich, sondern dient zur Information der Behörden, die sich mit der Schadstoffunfallbekämpfung beschäftigen.

11. Zusammenfassung

Die angeführten Ergebnisse spiegeln den derzeitigen Stand des Wissens wieder. Viele der z.T. längerfristig konzipierten Untersuchungsprogramme sind noch nicht abgeschlossen. Obwohl bereits die ersten Abschlussberichte und Publikationen vorliegen, wird das tatsächliche ökologische Ausmaß erst in ein paar Jahren beurteilt werden können. Viele der Aspekte und der Ergebnisse werden gegenwärtig in der Fachwelt noch sehr kontrovers diskutiert.

Eine direkte Übertragung der im Golf von Mexiko gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse auf Nord- und Ostsee ist nicht möglich, da sich die Gewässer sowohl in ihrer Topographie und den natürlichen Bedingungen als auch in Bezug auf die regulatorischen Hintergründe der Anrainerstaaten unterscheiden. Es ergeben sich aber trotzdem Anregungen, das derzeitige Handeln und die Vorbereitungen für einen möglichen Unfall zu überdenken und zu optimieren.

Auch für die deutschen Hoheitsgebiete in Nord- und Ostsee bestehen durch den dichten Schiffsverkehr und durch Ölbohrplattformen anderer Staaten Risiken eines großen Ölunfalls. Trotz stetig steigender Sicherheitsstandards sind Unfälle nie gänzlich auszuschließen. Für eine effektive Unfallbekämpfung ist daher eine umfassende Vorsorgeplanung erforderlich. Beginnen die Planungen erst im Ereignisfall, so fehlt unter Umständen wertvolle Zeit - oder es werden Fehlentscheidungen getroffen.

Bei der Unfallbekämpfung der Deepwater Horizon hat sich z.B. gezeigt, dass die vorhandene regionale Vorsorgeplanung der USA für kleinere Vorfälle zwar ausreichend ist, jedoch eine strategische Planung auf nationaler Ebene und realistische Worst-Case-Szenarien fehlen. Teilweise enthielten die qualitativ sehr unterschiedlichen Vorsorgepläne sogar offensichtliche Bearbeitungslücken. Die Vorsorge- und Bekämpfungsstrategien für große Ölmengen sind regional übergreifend zu konzipieren. Für Deutschland ist dies bereits durch bi-, tri- und multilaterale Abkommen umgesetzt (Bonn Übereinkunft, Helsinki-Übereinkommen, DenGerNeth, SweDenGer etc., s. Abbildung 18).

Zudem hat sich bei Deepwater Horizon erneut gezeigt, wie wichtig eine klare Regelung der Hierarchien, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten ist. Die Auswertungen weisen darauf hin, dass z.B. die Kommunikation zwischen den Einsatzkräften und den lokalen Verwaltungen verbessert werden muss. Für Deutschland sind die Verantwortlichkeiten und Kompetenzen seit Einrichtung durch das Havariekommandos (HK) und durch das Maritime Lagezentrum (MLZ) geregelt.

Dass eine verlässliche und gebündelte Information der Presse und der Öffentlichkeit enorm wichtig für die öffentliche Akzeptanz ist, wurde ebenfalls deutlich. Hierzu gehören der richtige Umgang mit den Medien und ein abgestimmter Informationstransfer. Die Informationspolitik bei einem solchen Unfall sollte daher die Grundregeln der medialen Kommunikation berücksichtigen (z.B. „one voice“, „keine Salamitaktik“ etc.). Eventuell kann für die nationale Strategie ein grundsätzliches Konzept bzw. ein geeignetes Informationsportal vorbereitet werden.

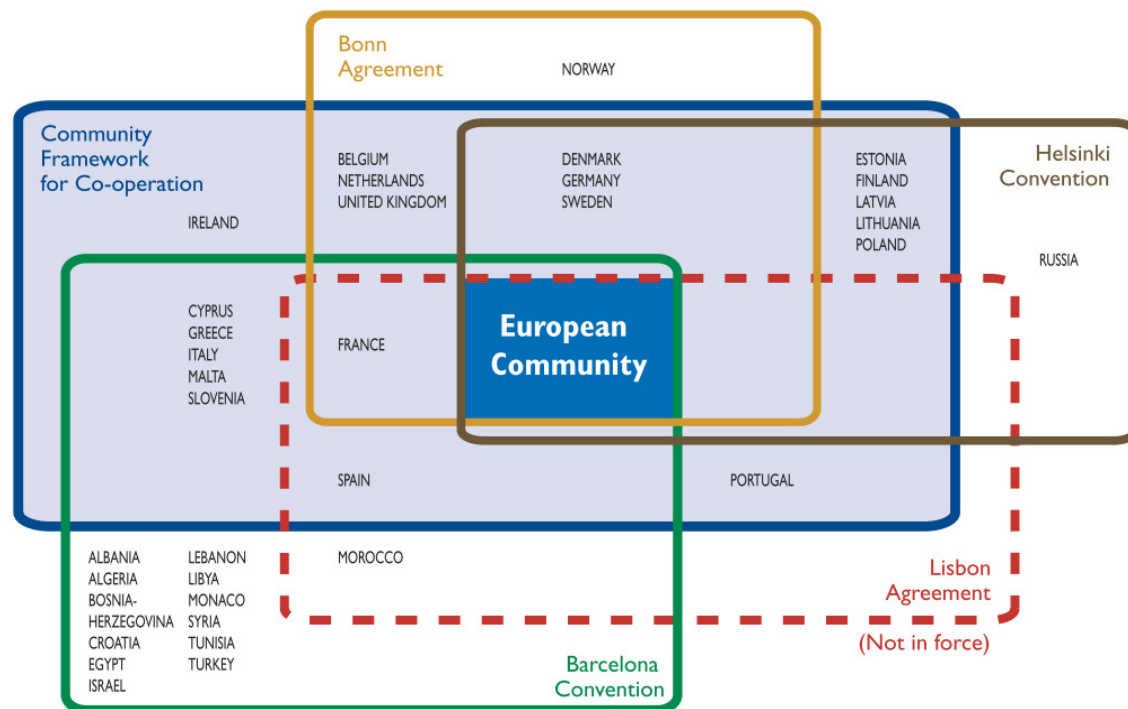


Abbildung 18: Internationale Abkommen und Übereinkünfte zum Meeresschutz (EMSA 2004).

Die mechanischen Bekämpfungsstrategien können im Fall der Deepwater Horizon grundsätzlich als erfolgreich eingestuft werden, auch wenn der Schutz einiger schützenswerter Gebiete als ungenügend beurteilt wurde. Die Anwendung der *in situ* Verbrennung wird unter den richtigen Konditionen als effektiv bewertet. Jedoch wird bei der Beurteilung der Folgen der *in situ* Verbrennung, ebenso bei der Beurteilung des Dispergatoreinsatzes weiterer Forschungsbedarf gesehen.

Die katastrophale Ölverschmutzung durch den Untergang der Deepwater Horizon hat zu einer aktuellen Debatte der Vorsorge- und Bekämpfungsstrategien geführt. Diese und die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sollten für eine Validierung und ggf. eine Entwicklung der nationalen Strategien genutzt werden. Unabhängig von der Havarie der Deepwater Horizon besteht fortwährend die Erfordernis, neue wissenschaftliche Erkenntnisse und neue Entwicklungen in einem stetigen Prozess in Vorsorge- und Bekämpfungskonzepte zu integrieren. Weiteres Verbesserungspotential wird in den USA im Krisenmanagement, bei der Mittelvergabe für die Untersuchungen und bei den nachfolgenden Sanierungsmaßnahmen gesehen. Hier sollte auch von deutscher Seite geprüft werden, ob national diesbezüglich Aufgaben bestehen.

Um die Auswirkungen eines Unfalls zu ermitteln, ist die Kenntnis der Situation vor der Belastung erforderlich. Eine solche Datenbasis kann nur durch regelmäßige Monitoringuntersuchungen geschaffen werden. Es sollte geprüft werden, ob mögliche Untersuchungskonzepte bereits in der Vorsorgeplanung berücksichtigt werden können. Dies wird derzeit in der UEG vorbereitet, und umfasst auch die Abstimmung mit anderen nationalen Monitoringprogrammen.

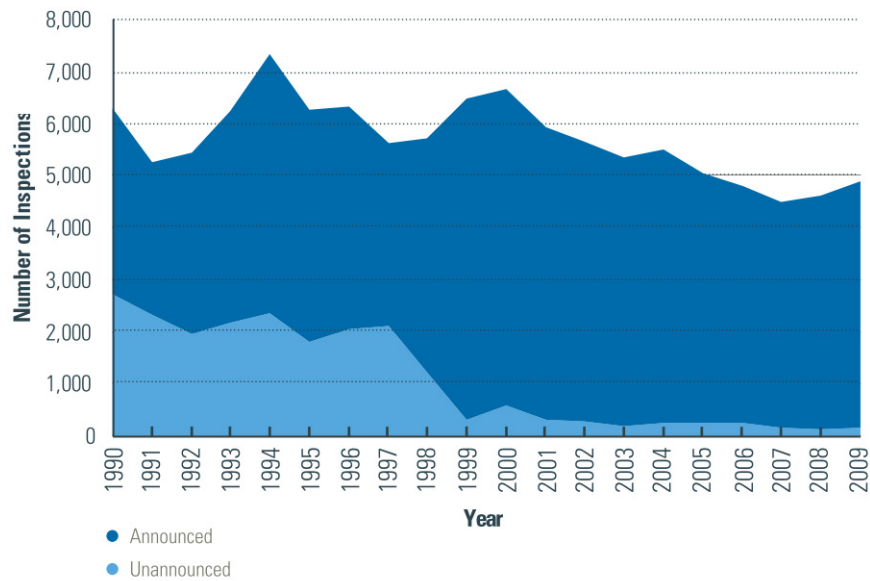


Abbildung 19: Anzahl angekündigter und unangekündigter Inspektionen auf Ölbohrplattformen im Golf von Mexiko von 1990 bis 2009 (US NC 2011a).

In Abbildung 19 ist die Anzahl angekündigter und nicht angekündigter Kontrollen im Golf von Mexiko dargestellt. Obwohl die Gesamtanzahl der durchgeführten Kontrollen in etwa gleich bleibt, nimmt die Anzahl der unangekündigten Kontrollen ab 1999 deutlich ab. Ausschlaggebend für die Sicherheit sind die regulatorischen Vorgaben, qualifizierte Kontrollen und ggf. signifikante Konventionalstrafen bei Nichterfüllung. Kommt es zu einem Unfall, kann lediglich versucht werden, die Situation zu verbessern und den Schaden zu begrenzen. So gilt z.B. bei einem Ölunfall bereits die Aufnahme von 10 Prozent des freigesetzten Öls als Erfolg. Der Schlüssel zum Meeresschutz liegt daher in der Vermeidung von Unfällen durch ein umfassendes Sicherheitskonzept und dessen Umsetzung trotz Routine, Zeitmangel und monetärem Aufwand.

12. Literatur

- Adcroft A., R. Hallberg, J. P. Dunne, B. L. Samuels, J. A. Galt, C. H. Barker & D. Payton (2011): Simulations of underwater plumes of dissolved oil in the Gulf of Mexico, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2010GL044689, in press
- BSH (2011): Nordsee: Plattformen, Leitungen, Sedimentgewinnung, Marikultur, CONTIS-Informationssystem: <http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/CONTIS-BSH2011Informationssystem/ContisKarten/NordseeLeitungenSedimentEinbringung.pdf>, BSH Juni 2011
- Camilli, R, Reddy, CM, Yoerger, DR, Van Mooy, BAS, Jakuba, MV, Kinsey, JC, McIntyre, CP, Sylva, SP, Maloney, JV (2010): Tracking Hydrocarbon Plume Transport and Biodegradation at Deepwater Horizon. *Science* 330 (6001): 201-204
- EPA & US CG (2010): Dispersant Monitoring and Assessment Directive for Subsurface Dispersant Application, 10. Mai 2010; Dispersant Monitoring and Assessment Directive for Subsurface Dispersant Application – Addendum 1, 14. Mai 2010; Dispersant Monitoring and Assessment Directive – Addendum 2, 20. Mai. 2010; Dispersant Monitoring and Assessment Directive – Addendum 3, Environmental Protection Agency & U.S. Coast Guard, 2010
- EMSA (2004): Action Plan for Oil Pollution Preparedness and Response, European Maritime Safety Agency, EMSA 2004
- Flottenkommando (2010): Fakten und Zahlen zur maritimen Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland, Jahresbericht 2010, 23. Auflage, Marine Verlag
- Hamdan, LJ, Fulmer, PA (2011): Effects of COREXIT® EC9500A on bacteria from a beach oiled by the Deepwater Horizon spill. *Aquat. Microb. Ecol.* 63: 101–109, 2011
- Hazen, TC, Dubinsky, EA, DeSantis, TZ, Andersen, GL, Piceno, YM, Singh, N, Jansson, JK, Probst, A, Borglin, SE, Fortney, JL, Stringfellow, WT, Bill, M, Conrad, ME, Tom, LM, Chavarria, KL, Alusi, TR, Lamendella, R, Joyner, DC, Spier, C, Baelum, J, Auer, M, Zemla, ML, Chakraborty, R, Sonnenthal, EL, D’haeseleer, P, Holman, HYN, Osman, S, Lu, Z, Van Nostrand, JD, Deng, Y, Zhou, J, Mason, OU. (2010): Deep-Sea Oil Plume Enriches Indigenous Oil-Degrading Bacteria. *Science* 330 (6001): 204-208

- ISPR (2011): BP Deepwater Horizon Oil Spill - Incident Specific Preparedness Review (ISPR), Final Report; R. Rufe, C. Moore, D. Behler, J. Cunningham, L. Dietrick, A. Joves, D. Moore, B. Parker, G. Pollock, R. Shaneyfelt, J. Tarpley, J. Ayers, B. Johnson, B. House; Januar 2011
- ITOPF (2002): Technical Information Paper No. 2 - Fate of Marine Oil Spills, ITOPF - The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, 2002
- ITOPF (2010): ITOPF Handbook 2010/2011, ITOPF - The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, 2010
- IVL-Report (2001): Oil Spill Dispersants – Risk assessment for Swedish Waters, IVL-report B1439, 2001
- Söding E., Balzereit F., Schäfer K. (2010): Die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko – was bleibt?, Kieler Exzellenzcluster “Ozeane der Zukunft”, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Online PDF, 44 S., letzter Zugriff 27.09.2011.
http://www.futureocean.org/fileadmin/user_upload/pdf/oilspill.pdf
- Kujawinski E. B., Soule M. C. K., Valentine D. L., Boysen Angela K., Longnecker K., Redmond M. C. (2011): Fate of dispersants associated with the Deepwater Horizon oil spill, *Environmental Science & Technology*, 2011, 45 (4), pp 1298-1306
- NOAA (2010): BP Deepwater Horizon Oil Budget: What Happened To the Oil?, J. Lubchenco, M. McNutt, B. Lehr, M. Sogge, M. Miller, S. Hammond, W. Conner, National Oceanic and Atmospheric Administration, Aug. 2010
- OSAT2 (2010): Gary Shigenaka, Summary Report for Fate and Effects of Remnant Oil Remaining in the Beach Environment - Annex M: Net environmental Benefits Analysis, Operational science Advisory Team 2, 2010
- Thibodeaux L. J., K. T. Valsaraj, V. T. John, K. D. Papadopoulos, L. R. Pratt & N. S. Pesika (2010): Marine Oil Fate: Knowledge Gaps, Basic Research, and Development Needs – a Perspective Based on the Deepwater Horizon Spill. *Environmental Engineering science*, Volume 28, number 2, 2011, DOI: 10.1089/ees.2010.0276
- US Coast Guard (2010): National Incident Commander's Report: MC252 Deepwater Horizon, National Incident Command, Deepwater Horizon Response, Thad W. Allen – National Incident Commander, United States Coast Guard, Oktober 2010
- US FWS (2011a): Deepwater Horizon Bird Impact Data from the DOI-ERDC NRDA Database, 12 Mai 2011, <http://www.fws.gov/home/dhoilspill-/pdfs/Bird%20Data%20Species%20Spreadsheet%2005122011.pdf>

- US FWS (2011b): Deepwater Horizon Response Consolidated Fish and Wildlife Collection Report, 20. April 2011, <http://www.fws.gov/home/dhoilspill-/pdfs/ConsolidatedWildlifeTable042011.pdf>
- US NC (2011a): Deep Water - The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling, report to the President, B. Graham, Mitglieder: W. K. Reilly, F. Beinecke, D. F. Boesch, T. D. Garcia, C. a. Murray, F. Ulmer, National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, Januar 2011
- US NC (2011b): Macondo - The Gulf Oil Disaster, Chief Counsel's Report 2011, National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, 2011
- Widger, WR, Golovko, G, Martinez, AF, 1, Ballesteros, EV, Howard, JJ, Xu, Z, Pandya, U, Fofanov, VY, Rojas, M, Bradburne, C, Hadfield, T, Olson, NA, Santarpia, JL, Fofanov, Y (2011): Longitudinal Metagenomic Analysis of the Water and Soil from Gulf of Mexico Beaches Affected by the Deep Water Horizon Oil Spill. Nature Precedings. [hdl:10101/npre.2011.5733.1](https://doi.org/10.10101/npre.2011.5733.1)

13. Anlagen

Anlage 1: Nordsee: Plattformen, Leitungen, Sedimentgewinnung, Marikultur (BSH 2011).

