

Auswirkungen von Ölunfällen auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern



November 2008

Heinz Handschin, Sascha Kärcher, Daniel Küry

Autoren

Heinz Handschin, Gelterkinden

Sascha Kärcher, Basel

Daniel Küry, Basel

Layout

Daniel Küry

Bezug

Heinz Handschin, Baumgärtliring 12, 4460 Gelterkinden

Auflage 100 Exemplare

Auswirkungen von Ölnfällen auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern

Heinz Handschin, Sascha Kärcher, Daniel Küry

November 2008

Inhalt

Einleitung	5
Verhalten von Öl in Fließgewässern	6
Chemische Prozesse	7
Biologische Prozesse	7
Öl im Boden	8
Auswirkungen von Ölfällen auf Gewässerökosysteme	9
Häufigkeit und Auswirkungen von Ölfällen im Kanton Basel-Landschaft	10
Auswirkungen eines Ölfalles auf die Kleintiergemeinschaft im Homburgerbach 1989	11
Ölfälle: Auswirkungen und Regenerationsprozesse	16
Massnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung von Ölverschmutzungen	17
Literatur	18

Einleitung

Im Kanton Aargau ereignen sich jährlich mehr als 100 Havarien, bei denen wassergefährdende Flüssigkeiten in die Gewässer austreten (Schmid 2004). Im Kanton Bern wird von 200 meldepflichtigen Ölunfällen jährlich ausgegangen (Fischer 2005). In den übrigen Kantonen dürften diese Ereignisse in der gleichen Grössenordnung liegen. Eine Studie in Binnengewässern der USA zeigt für die Zeit zwischen 1987 und 1990 eine Maximalzahl von fast 2700 Ölunfällen pro Jahr, bei denen bis zu 37 Mio. Liter Öl in Gewässer gelangen (Vandermeulen & Ross 1995).

In ländlichen Gegenden der Schweiz kommt es regelmässig zu Unfällen mit Mitteldestillaten wie Heizöl EL und Dieselmotorkraftstoffen, welche die Gewässer verschmutzen. Gefährdungen der Gewässer durch Vergaserkraftstoffe wie beispielsweise Benzin sind in der Regel seltener, da sie rasch in die Atmosphäre entweichen. (Hellmann 1995)

Ursachen für die Havarien sind zu zwei Dritteln auf menschliches Versagen und zu einem Drittel auf technische Mängel zurückzuführen (Fischer 2005). Die häufigsten Fehler sind: Fehler beim Umfüllen der Flüssigkeiten, schadhafte Tankanlagen, Unfälle von Transportfahrzeugen. Die Folgen für die Gewässer sind einerseits eine gut sichtbare Verunreinigung der Wassers und eine Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften. Aufgrund der langsamen Abbaubarkeit der Substanzen ist aber auch eine lange anhaltende Kontamination der verschiedenen Gewässerbereiche möglich.

Die Havarien haben gravierende Folgen für die Lebensgemeinschaften der Gewässer. Die im Öl vorhandenen Substanzen haben einerseits eine toxische Wirkung,

andererseits verursachen sie eine Beeinträchtigung der Lebensräume. Die meisten Studien über die Folgen von Ölunfällen wurden in marinen Gewässern durchgeführt. Es wurden insbesondere die Auswirkungen auf das Überleben und die Mortalität von Algen, Vögeln, Walen, Schnecken und Fischen sowie die Folgen für wichtige Funktionen des Ökosystems im Bereich der betroffenen Küsten untersucht.

Studien über die Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in Binnengewässern gibt es nur wenige. In den meisten Fällen wird für Binnengewässer von den gleichen Auswirkungen ausgegangen wie bei marinen Lebensräumen (Vandermeulen & Ross 1995). Als Folge eines Kontakts mit verunreinigtem Sediment konnte bei Wasserinsektenlarven eine Erhöhung der Mortalität festgestellt werden (Ort et al. 1995). Verschmutzungen erhöhten aber auch die Konkurrenz zwischen zwei verschiedenen tropischen Süsswasserschilddröckenarten (Luiselli et al. 2006).

In der Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) wurden der Bau und der Betrieb der entsprechenden Anlagen geregelt. Trotzdem vermag dies das Auftreten von Ölunfällen nicht vollständig zu verhindern.

Die nachfolgende Darstellung gibt einen Überblick über das Verhalten der Erdölprodukte im Gewässer und ihre Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in Bächen und Flüssen. Sie zeigt am Fallbeispiel einer Havarie in Läuelfingen wie sich die Tiergemeinschaften der Gewässersohle (Makrozoobenthos) von einem Unfall wieder erholen.

Verhalten von Öl in Fließgewässern

Wenn Öl in Fließgewässer gelangt, reagiert es mit dem Wasser sowie mit dessen Inhaltsstoffen und Organismen. Es lassen sich dabei physikalische, chemische und biologische Prozesse unterschieden (Abb. 1). In einem physikalischen Prozess verdunstet das ausgelaufene Mineralöl teilweise. Andererseits breitet es sich auf der Wasseroberfläche aus und bildet eine Wasser-in-Öl-Emulsion, welche in Form eines Ölspiegels sichtbar wird. Bei leichten Rohölen kommt es gar nicht erst zu einer Ausbreitung auf dem Wasser, weil sie zuvor verdunsten.

Bei der ersten Phase der Ausbreitung von Öl auf Wasseroberflächen verteilt sich dieses aufgrund der geringeren Dichte in Form von Linsen auf dem schwereren Wasser. Die betroffene Fläche ist abhängig von der Menge des Öls. Die Ausbreitung und die Verdriftung werden gefördert durch Wasserbewegungen. Die unterschiedlichen Strömungsverhältnissen innerhalb eines Gewässers führen zur Auflösung der Schicht in kleine Ölflecken. Bei intensiver Durchwühlung des Wassers wie beispielsweise ein Gebirgsbach verteilt sich das Öl fein und bildet mit dem Wasser eine Öl-in-Wasser-Emulsion. In diesen Fällen ist das Öl nicht mehr gut sichtbar.

Nach einer zweiten Phase der Ausbreitung entstehen dünne Filme, die auch abgetrieben (verdriftet) werden können. Daran schließt der langsame Prozess der Auftrennung der Ölkomponenten an. Dieser ist von vielen Faktoren abhängig, weil verschiedene Möglichkeiten zur Verteilung und Reduktion in einem Gewässer existieren. Einzelne Komponenten können verdunsten oder sich im Wasser lösen. Andere bilden eine Emulsion oder werden an Schwebestoffe gebunden.

Die Verdunstungsrate wird von der Zusammensetzung des Öls, der Wassertemperatur, den Windbewegungen und der Höhe der Ölschicht beeinflusst. Leichte Öle mit einer Dichte von 0,82 – 0,85 g/ml bestehen aus einem hohen Anteil an Verbindungen mit tiefem Siedepunkt. Diese verdampfen bei höheren Lufttemperaturen. Auf dem Wasser schwimmendes Öl kann auf diese Weise im Laufe mehrerer Tage bis zu 30 Gew.% verlieren. Verschmutzungen von leichtem Benzin, werden daher nicht bekämpft, weil der Prozess der Verdunstung zum völligen Verschwinden führt. Öle mit einer Dichte über 0,92 g/ml verdunsten nur in kleinstmengen.

Die Löslichkeit von Öl in Wasser beträgt weniger als 5%. Es ist deshalb nur bei kleinen Verschmutzungen in gros-

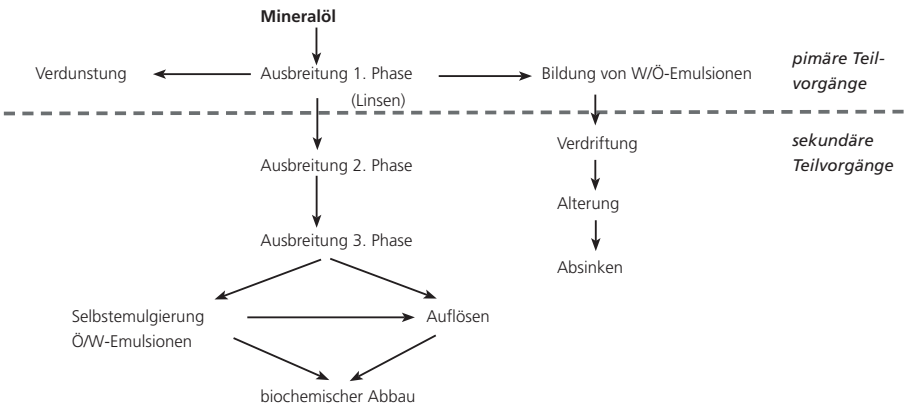


Abb. 1: Verhalten von Mineralölen auf Wasseroberflächen: Teil- und Folgeprozesse (aus Hellmann 1995).

sen Gewässern denkbar, dass die gesamte Ölmenge in Lösung geht.

Bei der Ausbreitung relativ kleiner Ölmenigen auf der Wasseroberfläche bildet sich eine Öl-im-Wasser-Emulsion. Die Grösse der Öltröpfchen liegt bei $\approx 20 \mu\text{m}$. Die Wasser-in-Öl-Emulsionen bestehen im Gegensatz dazu aus Wassertröpfchen, die von der ölhaltigen Komponente umschlossen werden.

Das in das Wasser eingedrungene Öl kann sich an kleinsten Schwebstoffe im Wasser anheften und mit diesen in Suspension gehen. Bei den Schwebstoffen handelt es sich meist um Gesteinstrümmer, Tone, Humuskolloide oder organisches Material (Zahner 1971). Mit der Strömung wird diese Suspension weiter bachabwärts verteilt. An Stellen mit geringer oder gar keiner Strömung lagern sich die Schwebepartikel ab. Ölhaltige Partikel können auf dem Gewässerboden auch in die sehr feinen und langgestreckten Hohlräume eindringen.

Bei der Annahme eines Austritts von Dieselöl in den Rhein wird z. B. davon ausgegangen, dass nach einer Verteilung des Ölfilms rund 90% innerhalb der nächsten zwei Tage verdunsten wird. Nach dem Auseinanderfallen in mehrere Fahnen ist eine Emulgierung und Dispergierung in die Tiefe des Wasserkörpers zu erwarten. Stromabwärts ist deshalb mit einer Erhöhung der Kohlenwasserstoffkonzentration um 0,1 bis 0,2 mg/l zu rechnen (Hellmann 1995).

Chemische Prozesse

Auf dem Wasser schwimmendes Öl wird bei Sonneneinstrahlung photochemisch abgebaut. Dies erfolgt umso rascher, je dünner die Schichten sind und je energiereicher die Sonneneinstrahlung ist. Bei der photochemischen Umwandlung können aber auch giftige Produkte entstehen (Zahner 1971).

Biologische Prozesse

Eine Gruppe von Bakterien hat sich darauf spezialisiert, Paraffine aus Ölgemischen aufzunehmen und in ihrem Stoffwechsel zu verwerten. Schätzungen zufolge werden auf diese Weise global etwa 20% der Erdölreserven aufgebraucht. In der Produktionskette des Erdöls wirken sich diese Bakterien teilweise störend aus, «weil ihre Tätigkeit zur verstärkten Korrosion an Treibstoff und Vorratstank führt.» (Hellmann 1995). Die dabei entstehenden Leckagen können zu Schädigungen im Untergrund und an Bauwerken führen.

Während die Aktivität der Bakterien in der Industrie als schädigend wahrgenommen wird, ist sie ein Chance bei der Regeneration nach Ölhavarien in Gewässern. Bei grossen Ölnfällen vor den Meeresküsten gibt es noch immer keine wirklich funktionierende Strategie einer raschen Bekämpfung der Schäden. Hoffnungen liegen beim Bakterium *Alcanivorax borkumensis*, das bis zu 80 % der gesamten Mikrobenpopulationen in einem Ölteppich ausmacht. *Alcanivorax borkumensis* könnte zu einem raschen Abbau der Ölteppiche nach grösseren Unfällen eingesetzt werden (Badenschier 2006).

In Tiefenbereichen von Seen mit einer Temperatur von etwa 4 °C kann der Abbau durch Bakterien viele Jahrzehnte dauern. Die Abbaurate wird aber auch von der Zusammensetzung des Öls, vom Chemismus des Wassers sowie von pflanzlichen und tierischen Stoffwechselprozessen beeinflusst. Am schnellsten werden unverzweigte Alkane abgebaut, gefolgt von einfachen Aromaten. Diese besitzen ein relativ geringes Molekulargewicht. Je komplexer ein Molekül aufgebaut ist, desto länger dauert dessen Abbau. So benötigen Isoalkane, Cycloalkane und kondensierten Aromate deutlich länger für die Zersetzung (Bernem & Lübke 1997).

In Gewässern mit geringer Tiefe kann das Öl je nach Beschaffenheit der Komponenten bereits nach wenigen

Tagen bis Monaten abgebaut sein. Zähflüssige Teile des Gemisches sind aber oft noch nach Jahren nachweisbar.

Die sogenannte Biodegradation wandelt das Öl in wasserlösliche Stoffwechselprodukte um. Die Abbaugeschwindigkeit wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst (Bernem & Lübbe 1997):

- hohe (Wasser-)Temperatur
- Oberfläche des Öls (Vergrößerung ggf. durch Einsatz von Dispersionsmitteln)
- ausreichende Sauerstoffversorgung
- Nährstoffversorgung der Bakterien
- geringe Menge an Fressfeinden

Allgemein gilt dabei, dass kurz nach einem Unfall der relative Anteil schneller Abbauprozesse wie z.B. Verdunstung größer ist, während der mikrobielle Abbau erst später an Bedeutung gewinnt (Bernem & Lübbe 1997).

Öl im Boden

Wenn bei Ölnfällen Böden beeinflusst werden, besteht je nach Situation eine akute Gefahr der Grundwasserverschmutzung. Aufgrund der Schwerkraft wandert das Öl in die porösen Boden- bzw. Gesteinsschichten und verdrängt dort die vorhanden lebensnotwendigen Gase. Dieser Prozess setzt sich in die Tiefe fort, indem das dort vorhandene Wasser verdrängt wird. Sind einmal alle Poren vom Öl aufgefüllt, kann dieses vom neu infiltrierenden Wasser verdrängt werden.

Ab einer Wassersättigung von 75-80% trifft das Öl im Boden auf eine Front, in der alle Kapillaren mit Wasser besetzt sind, und erreicht das Grundwasser. Hier wird das Öl mit dem Grundwasserstrom weiter verfrachtet. Solche Verschmutzungen können mit technischen Lösungen nur schwer behoben werden. Eine erfolgreiche und erfolgversprechende Lösung ist in diesen Fällen eine komplette Entfernung der belasteten Bodenschichten. Reicht dies nicht aus, müssen Sondierbohrungen die Ausdehnung der über dem Grundwasserspiegel liegenden Linse zeigen. Hinzu kommt die Kenntnis über die Richtung des Grundwasserstroms. Durch Einbau von Spundwänden um die Linse bzw. um deren Zentrum, kann die Ausbreitung verhindert werden. Letztlich ist nie eine 100%-ige Säuberung des Bodens möglich.

Gelangt Öl ins Grundwasser bleibt es dort in der Regel über Jahrzehnte zurück. Mit neukonzipierten Filteranlagen, kann heute ölverschmutztes Wasser in aufwendigen Verfahren wieder aufbereitet werden, wobei einwandfreies Trinkwasser entsteht. Unter dem Einsatz von Flockungsmitteln und mit Hilfe der Ozonung (Koagulation und Oxidation) wird das verunreinigte Wasser gereinigt. Anschliessend werden die kleinsten Teilchen durch Filtration entfernt. Nach passieren des (Sand)-Filters kann noch ein Aktivkohlefilter nachgeschaltet werden.

Auswirkungen von Ölnfällen auf Gewässerökosysteme

Die Folgen von Ölverunreinigungen in Gewässern sind physikalische Veränderungen, geschmackliche und geruchliche Beeinträchtigungen des Wasser sowie toxische Wirkungen auf wasserlebende Organismen.

Im Ökosystem Bach existiert ein komplexes Netzwerk von gegenseitigen Abhängigkeiten (Abb. 2). Die Schadensbilanz einer Verschmutzung infolge von Öl kann weitaus höher sein, als oftmals ersichtlich wird. Schädigende Faktoren sind die auf dem Wasser treibende Ölschicht sowie die Toxizität des Öls selbst.

Verklebte Gefieder von Wasservögeln und auf der Wasseroberfläche treibende Fische sind nur ein Teil der Folgen einer Verschmutzung. Die Sauerstoffaufnahme durch Mikroorganismen wird bei dicken Ölfilmen und ruhigen Wasserspiegeln sehr stark behindert oder sogar völlig unterbunden. Auch Fische, die oft durch die dünnen Schlieren von Öl schwimmen, können Schäden davon tragen. Dennoch spielt die treibende Ölschicht eine untergeordnete Rolle bei Verschmutzungen in kleinen Fließgewässern (Zahner 1971).

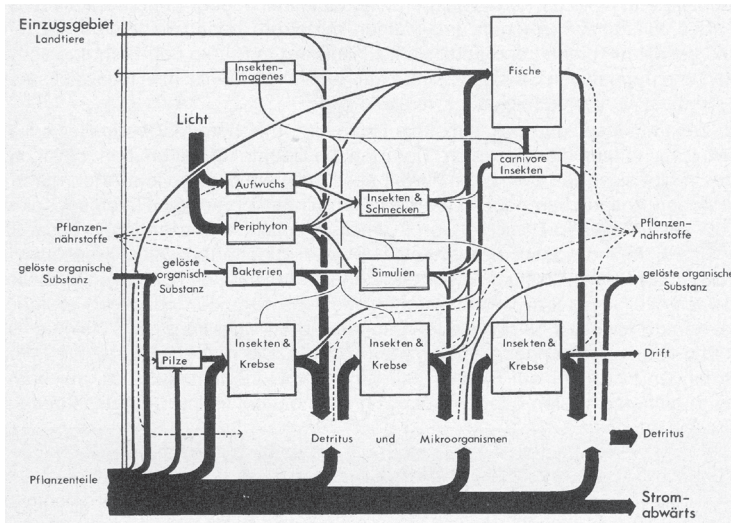


Abb. 2: Trophische Beziehungen im Ökosystem Bach (aus Brehm & Meijering 1996).

Bereits bei einem Öl-Wasser-Verhältnis von 1 : 1 Mio. ist Trinkwasser nicht mehr genießbar. Die Bestandteile des Öls sind aber auch für die Gewässerorganismen giftig. Als letale Dosis für Wasserorganismen, die in Kontakt mit gelösten oder dispergierten Öl kommen, gelten die folgenden Werte (Zahner 1971):

Mikroorganismen:	1 – 50 mg/l
Phytoplankton:	1 – 50 mg/l
Zooplankton:	10 – 150 mg/l
Fischnährtiere:	30 – 500 mg/l
Fische:	> 200 mg/l

Eine weitere Gefahr für Organismen, ist das Verkleben von Atemorganen oder das Überziehen der Körperoberfläche mit einem dünnen Ölfilm.

In extremen Fällen kann es zum Absterben ganzer Kulturen von Mikroben und Bakterien kommen, die wesentlich am Selbstreinigungsprozess der Fließgewässer beteiligt sind. Ebenso wie die Fauna kann auch die Flora empfindlich geschädigt werden (Zahner 1971).

Häufigkeit und Auswirkungen von Ölunfällen im Kanton Basel-Landschaft

Die Zahl der Unfälle, bei denen Öl entwichen ist, war im Kanton Basel-Landschaft zwischen 1972 und 1991 mit 42 bis 154 jährlichen Ereignissen etwa gleich hoch wie in anderen Kantonen der Schweiz (Tab. 1). In der Mehrzahl der Fälle waren Oberflächengewässer nicht direkt beeinträchtigt. In welchen Fällen eine Bedrohung oder eine Beeinträchtigung für das Grundwasser bestand, wurde nicht rapportiert. Es ist aber anzunehmen, dass die Zahl der Havarien mit einer Verschmutzung des Grundwassers mindestens in der gleichen Grössenordnung liegt.

Tab. 1: Schadenfälle gemäss Schadenkataster im Kanton Basel-Landschaft 1972-2007. Nur beien Teil davon sind auch Gewässer betroffen.

Jahr	Schadenfälle	Jahr	Schadenfälle
1972	110	1990	58
1973	122	1991	124
1974	124	1992	135
1975	111	1993	139
1976	117	1994	175
1977	102	1995	169
1978	97	1996	132
1979	97	1997	166
1980	69	1998	144
1981	68	1999	174
1982	57	2000	157
1983	77	2001	147
1984	82	2002	134
1985	74	2003	151
1986	91	2004	144
1987	99	2005	127
1988	118	2006	123
1989	113	2007	153

Die Tabelle zeigt, dass die Zahl der Schadenfälle mit stark schwankt. Aufgrund von Unterschieden bei der Erfassungsmethode wurden in früheren Jahren die Fälle nicht unterschieden, bei denen Gewässer beeinträchtigt sind. Laut Auskunft des zuständigen Mitarbeiters im Kanton Basel-Landschaft waren zwischen 2003 und 2008 bei 30 Fällen unmittelbar Gewässer betroffen (Spanne 25 – 35). Bei durchschnittlich 5 Fällen wurden Fisch- oder Kleintiersterben beobachtet (Spanne 2 – 6). Besonders einschneiden war das Trockenjahr 2003 mit 13 Fällen von Fisch- und Kleintiersterben. Die Auswirkungen einer Havarie mit wassergefährdenden Flüssigkeiten sind nicht in allen Gewässern gleich. Während im Rhein aufgrund des hohen Verdünnungsverhältnisses keine ernsthaften Beeinträchtigungen der natürlichen Lebensgemeinschaften resultieren dürften, ist davon auszugehen, dass die Ereignisse in kleinen Gewässern wie dem Marchbach, dem Orisbach oder dem Eibach viel gravierender sind.

In der Regel wird bei Ölunfällen der Schaden an der Fischpopulation ermittelt und die betroffenen Pächter werden für den entstandenen Ertragsausfall entschädigt. Weitergehende Untersuchungen finden allenfalls dann statt, wenn Gebiete mit Grundwasserfassungen betroffen sind. Eine Untersuchung der Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften der Kleintiere oder Pflanzen in den Gewässern wurden bisher jedoch erst selten durchgeführt. Aus der Schweiz sind uns keine entsprechenden Studien bekannt. Dies bildete den Anlass für eine detaillierte Studie der Auswirkungen eines Ölunfalls auf das Ökosystem eines Bachlauf.

Auswirkungen eines Ölunfalls auf die Kleintiergemeinschaft im Homburgerbach 1989

Ein Ölunfall hat am 1. September 1989 den Oberlauf des Homburgerbachs in Läufelfingen auf einer Länge von 1,6 km mit rund 2500 Liter Heizöl kontaminiert (Abb. 3). Das Fließgewässer ist in diesem Bereich 1,5–2,0 m breit und weist mehrere Gefällstufen, eine hohe Fließgeschwindigkeit und eine steinige Gewässersohle auf. Eine Erhebung des Äusseren Aspekts zeigt fünf Tage nach dem Unfall starke geruchliche und geschmackliche Gewässerbeeinträchtigungen. Die Steine in der Gewässersohle waren mit schwarzem Ölschlamm überzogen. Beim Durchwaten des Gewässers zeigten sich deutliche Abgänge von Öl in Form von spektralfarbigem Flecken



Abb. 4: Auswirkungen des Ölunfalls vom 1. September 1989 im Homburgerbach. Verendete Kleintiere auf der Gewässersohle (oben) und unter der Binokularlupe (rechts).



Abb. 3: Perimeter der durch den Ölunfall vom 1. September 1989 beeinträchtigten Strecke des Homburgerbaches.

auf der Oberfläche. Die auffälligste Folge war ein Fischsterben. Es waren Bachforellen aller Alterstadien betroffen und der berechnete fischereiliche Schaden betrug rund Fr. 3'000.-. Von der Verschmutzung waren alle Habitate und Mikrohabitate der Kleintiergemeinschaft auf der Gewässersohle (Makrozoobenthos) tangiert.

Das Öl wirkte auf alle taxonomischen Gruppen letal (Abb. 4 und 5). Fünf Tage nach der Havarie konnten tote Individuen von insgesamt acht Taxa des Makrozoobenthos beobachtet werden (Tab. 2).

Bei den monatlichen Besuchen des beeinträchtigten Fließgewässerabschnitts wurden während 11 Monaten Ölschlieren beobachtet (Tab. 3). Nach 33 Tagen setzte die Besiedlung mit Kieselalgen ein (Abb. 6) und 105 Tage nach der Havarie wurden die ersten Larven von Chironomidae (Zuckmücken) festgestellt (Abb. 7 und 8). Im Januar (142 Tage nach dem Unfall) wurden Stichproben der Kleintierarten oberhalb und innerhalb der verschmutzten Strecke entnommen. Auf der beeinträchtigten Strecke kam nur ein Taxon aus der Fauna der oberliegenden Strecke vor (Tab. 4). Im Frühling, 185 Tage nach dem Unfall, wurden erstmals fädige Grünalgen der Gattung *Cladophora* beobachtet. Erst nach 345 Tagen

Tab. 2: Taxa, von denen 5 Tage nach dem Ölunfall im Homburgerbach tote Tiere beobachtet werden konnten.

Taxa	Entwicklungsstadien
Turbellaria (Strudelwürmer)	
- <i>Dugesia gonocephala</i>	Imagines und Kokkoneis
Oligochaeta (Wenigborster)	
- <i>Eiseniella tetraedra</i>	Imagines
Amphipoda (Flohkrebse)	
- <i>Gammarus fossarum</i>	alle Stadien
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)	
- <i>Baetis</i> sp.	Larven
- <i>Ephemerella ignita</i>	Larven
Coleoptera (Käfer)	
- <i>Elmis</i> sp.	Imagines
Trichoptera (Köcherfliegen)	
- <i>Hydropsyche</i> sp.	Larven
Diptera (Zweiflügler)	
- Chironomidae	Larven
Pisces (Fische)	
- <i>Salmo trutta</i> f. <i>fario</i> (Forelle)	alle Entwicklungsstadien



Abb. 5: Ölsperre am Homburgerbach in Läfelfingen (links) und Stein auf der Gewässersohle mit sichtbaren Ölablagerungen (rechts), 5. September 1989.

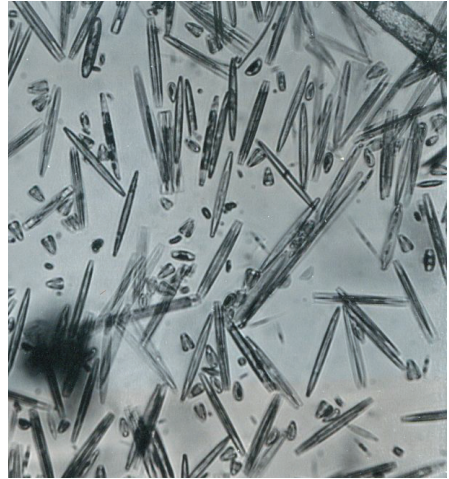


Abb. 6: Gewässersohle im kontaminierten Abschnitt mit Rückständen von Öl (links). Als erste Besiedler haben sich Kieselalgen eingefunden (rechts).

Tab. 3: Entwicklung der beeinträchtigten Strecke des Homburgerbaches zu unterschiedlichen Terminen nach dem Ölunfall vom 1. September 1989. Nach Hochwassern mit >1000 l/s wurden jeweils Ausschwemmungen des abgelagerten Öls festgestellt.

tauchten in den Proben erstmals weitere Kleintierarten auf: der Bachflohkrebs *Gammarus fossarum* und Tiere der Eintagsfliegengattungen *Baetis* und *Ephemerella*. Die Wiederbesiedlung schien in ihrem Ablauf jeweils durch die Hochwasserereignisse beschleunigt zu werden. Das kleine Hochwasser nach 105 Tagen ermöglichte die Ansiedlung der relativ unempfindlichen Zuckmückenlarven (Chironomidae, Abb. 7 und 8) und im Anschluss an die beiden Hochwassern nach mehr als 300 Tagen konnten sich aufgrund der stattfindenden Sohlenumschichtung Taxa mit höheren Habitatansprüchen ansiedeln (Abb. 9). Nach diesem Termin wurden die Auswirkungen nicht mehr weiter verfolgt.

Datum	Tage nach Unfall	Abfluss (l/s)	Äusserer Aspekt
01.09.89	1	160	Ölunfall
05.09.89	5	200	Starker Ölgeruch
04.10.89	34	50	Ölschlieren
28.11.89	88	300	Ölschlieren
15.12.89	105	1200	Ölausschwemmungen
22.01.90	142	100	Ölschlieren
20.02.90	170	400	Ölschlieren
05.03.90	185	400	Ölschlieren
15.04.90	225	900	Ölschlieren
20.05.90	260	100	Ölschlieren
21.06.90	291	2800	Ölausschwemmungen
29.07.90	329	2200	Ölausschwemmungen
15.08.90	345	400	Sohlenumschichtung

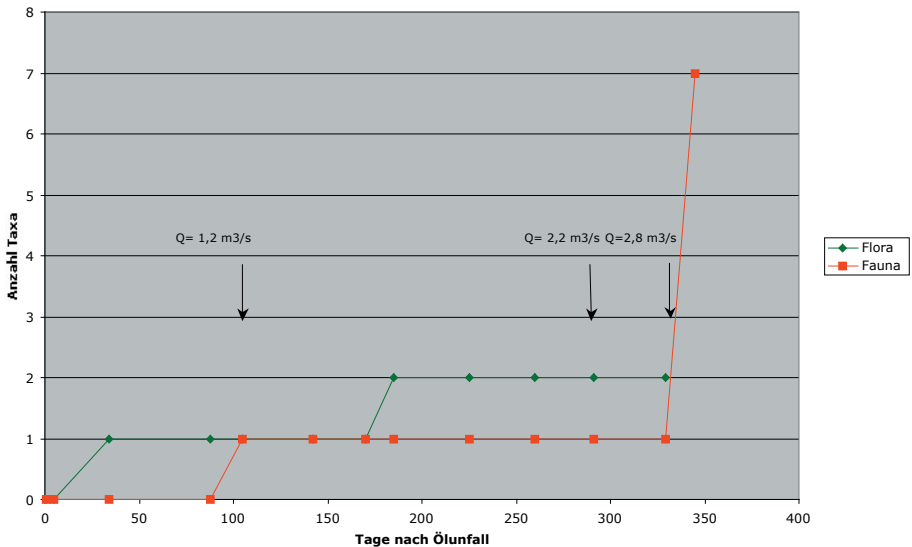


Abb. 7: Entwicklung der Taxazahl der Flora (Algen) und Fauna des Homburgerbach zu unterschiedlichen Terminen nach dem Ölunfall vom 1. September 1989. Pfeile zeigen Hochwasserereignisse mit Angabe des Abflusses (Q).

Die Auswirkungen einer starken Ölverschmutzung in einem kleineren Fließgewässer verursacht aufgrund der Toxizität ein Absterben der Fische und der Kleintiere der Gewässersohle. Dies entspricht den Beobachtungen von

Ort et al. (1995), welche eine Erhöhung der Mortalität bei Eintagsfliegenlarven nachweisen konnten. Abschnitte, in denen sich suspendiertes Öl abgelagert hat, werden nur sehr langsam wieder besiedelt.

Tab. 4: Vorkommen von Kleintieren der Gewässersohle (Makrozoobenthos) oberhalb und innerhalb der verschmutzten Strecke im Homburgerbach 142 Tage nach dem Ölunfall. +++: sehr häufig, ++: häufig, +: selten

Taxa	Vorkommen oberhalb	beeinträchtigte Strecke
<i>Dugesia gonocephala</i>	++	
<i>Gammarus fossarum</i>	+++	
<i>Pisidium</i> sp.	+	
<i>Baetis</i> sp.	+	
<i>Drusus annulatus</i>	+	
Chironomidae	++	+++



Abb. 8: Hochwasser vom 15. Dezember 1989 (105 Tage nach dem Ölnfall) mit Ausschwemmungen von Öl (links) und Erstbesiedlung mit Zuckmückenlarven (Chironomidae, rechts) am 22. Januar 1990 (142 Tage nach dem Unfall).



Abb. 9: Dichter Aufwuchs von fädigen Grünalgen (Cladophora) im Mai 1990 (260 Tage nach dem Ölnfall, links) und Besiedlung des kontaminierten Abschnitts mit Bachflohkrebsen und Wasserinsekten wie Eintagsfliegenlarven und Hakenkäfer im August 1990 (345 Tage nach dem Ölnfall, rechts).

Ölunfälle: Auswirkungen und Regenerationsprozesse

Der bakterielle Abbau der Rückstände scheint unter den vorherrschenden Bedingungen in einem Fließgewässer nur sehr langsam voranzuschreiten und benötigt mehr als ein Jahr.

Die nach grösseren Hochwasserereignissen deutlich beschleunigte Wiederbesiedlung deckt sich mit den Beobachtungen von Poulton et al. (1997), die nachwies, dass die Geschwindigkeit der Regeneration der aquatischen Lebensgemeinschaften grosse Unterschiede zwischen rasch- und schwachströmenden Bereichen in Fließgewässern aufweist.

Eine Beurteilung der Auswirkungen von Ölhavarien in Fließgewässern auf die aquatische Lebensgemeinschaft kann aufgrund der vorliegenden Untersuchungen nach folgenden Faustregeln erfolgen:

- Tiere, die mit dem Öl in direkten Kontakt kommen, werden in der Regel getötet.
- Der bakterielle Abbau von Ölablagerungen geht nur langsam vor sich und scheint auch nach einem Jahr noch nicht abgeschlossen zu sein.

- Die Regeneration der Lebensgemeinschaften ist in erster Linie von den Abflussverhältnissen im Fließgewässer abhängig.
- Die Wiederbesiedlung der Kleintiergemeinschaft der Gewässersohle (Makrozoobenthos) kann beschleunigt werden, wenn die Ablagerungen von Ölresten auf der Gewässersohle entfernt werden.
- Im Zusammenhang mit der Diskussion um die Förderung des Einsatzes von Biotreibstoffen wurde auch die Gefährlichkeit der biogenen Öle untersucht. Diese zeigten ähnliche Eigenschaften bezüglich des Aufschwimmens und Absinkens in Gewässern. Die ermittelte LC50 (Konzentration bei der 50% der Testorganismen sterben) lag mit 190 mg /m³ etwa um einen Faktor 1000 tiefer als für Mineralöle. (Quelle: <http://www.umweltbundesamt.de/wgs/fg-biogene-oele.htm>)

Massnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung von Ölverschmutzungen

Typische Unfälle in Verbindung mit Öl treten beim Transport, Umschlag und Lagern sowie bei Betriebsstörungen an Anlagen und in Brandfällen auf. Eine regelmässige Kontrolle der Anlagen, Gerätschaften und Verbindungsteile trägt dazu bei, den Austritt von Öl aus den Transport- oder Lagergefässen zu verhindern. Auffangeinrichtungen auf gefährdeten Plätzen halten austretendes Öl zurück und verhindern, dass es ins Gewässer gelangt. Wichtig ist auch eine Einschränkung der Anwendungsbereiche von Mineralölen oder deren Ersatz durch weniger umweltgefährdende Stoffe (Meyer 2005).

Öl- und Chemiesperren verhindern die Ausbreitung von Verschmutzungen auf der Wasseroberfläche. Die Barrieren müssen in ausreichender Distanz zum Schadensort errichtet werden, damit nicht bereits bei der Installation grosse Mengen des Öls oder der Chemikalien die Stelle passiert haben. Schwierig hingegen gestaltet sich die Wahl der Stelle in turbulenten Gewässern.

Für die Bekämpfung von Unfällen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten wurden verschiedene Handlungsanweisungen entwickelt, die das Vorgehen in einem Havariefall optimieren sollen (IKSR o. J., Regierungspräsidien 2006). Ein Beispiel ist in Abb. 9 wiedergegeben.

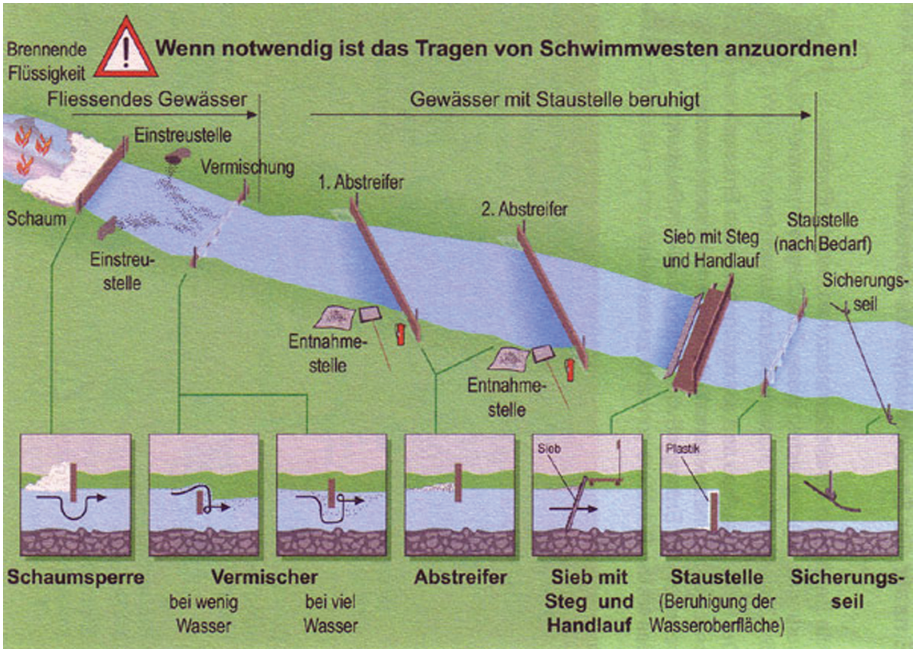


Abb. 9: Schematische Darstellung von Massnahmen zur Elimination von wassergefährdenden Flüssigkeiten aus einem Fliessgewässer. *Schaumsperrre*: dient zum Löschen von brennenden Flüssigkeiten. Verschmutztes Wasser fliesst unter der Sperre durch. *Vermischer*: verbessert den Kontakt zwischen Einstreu (z.B. Ölbinder) und Flüssigkeit. *Abstreifer*: zur Entfernung der vollgesogenen Einstreu. *Sieb*: zum Auffangen von Kleinstteilen. *Staustelle*: beruhigt das Fliessverhalten des Gewässers. *Sicherungsseil*: Zur Sicherung der an Sperre arbeitenden Personen. Quelle: Bild aus <http://www.feuerwehr-uster.ch> > ausbildung > downloads > oelsperre.zip.

Literatur

- Badenschier F. 2006: Bakterien sollen Dreckbrühe verputzen. Spiegel online 31.7.2006, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,428979,00.html> (19.8.2008)
- Bernem v. C. & T. Lübke (1997): Öl im Meer - Katastrophen und langfristige Belastungen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Brehm J. & M. P. D. Meijering 1996: Fliessgewässerkunde – Einführung in die Ökologie der Quellen; Bäche und Flüsse. Quelle & Meyer Verlag Wiesbaden, 302 pp.
- Fischer R. 2005: Ein Restrisiko bleibt bestehen. Vielfältige Umweltauflagen regeln den Umgang mit dem Gefahrengut Erdöl. Gewässerschutzamt Kanton Bern, GSA Infobulletin 3/2005: 56–61
- Hellmann H. (1995): Umweltanalytik von Kohlenwasserstoffen. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 260 pp.
- IKSR o. J.: Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zur Störfallvorsorge und Anlagensicherheit, Koblenz, 1–22.
- Krutz M. 2008: Massnahmen bei Ölunfall. Sachverständigenbüro für Anlagentechnik und Gewässerschutz, Dortmund 2 pp.
- Luiselli L., G. C. Akani & E. Politano 2006: Effects of habitat alteration caused by petrochemical activities and oil spills on the habitat use and interspecific relationships among four species of Afrotropical freshwater turtles. *Biodiversity and Conservation* (2006) 15:3751–3767
- Meyer A. 2005: «Ölquellen in der Schweiz» ... ein Fall für den Pikettdienst des AWEL. *Umweltpraxis* 42(10): 41–44
- Ort M. P., S. E. Finger & J. R. Jones 1995: Toxicity of Crude Oil to the Mayfly, *Hexagenia bilineata* (Ephemeroptera: Ephemeridae), *Environmental Pollution* 90(1), 105–110
- Poulton B. C., S. E. Finger & S. A. Humphrey 1997: Effects of a Crude Oil Spill on the Benthic Invertebrate Community in the Gasconade River, Missouri. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 33, 268–276
- Regierungspräsidien Baden-Württemberg (Hrsg.) 2006: Merkblatt über Maßnahmen nach Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen. Stand Oktober 2006, 11 S.
- Schmid M. 2004: Der Gewässerschutz im Kanton Aargau – ein Resümee. *Umwelt Aargau* 24:9–16.
- Vandermeulen J. H. & C. W. Ross 1995: Oil Spill Response in Freshwater: Assessment of the Impact of Cleanup as a Management Tool. *Journal of Environmental Management* (1995) 44, 297–308
- Zahner R. 1971: Öl im Gewässer. In: Fachtagung «Behandlung ölhaltiger Abwässer in der Industrie am Beispiel der Firma AG Adolph Saurer, Arbon, TG», *Gesundheitstechnik* 2/71: 20–21.

