

2.3 Biodiversität im Einfluss von Umweltpolitik und Klimawandel

RUTH MÜLLER & RÜDIGER BERGHAHN

***Biodiversität im Einfluss von Umweltpolitik und Klimawandel:** In diesem Kapitel wird an sechs Beispielen aus den Sektoren Energie, Transport & Verkehr, Landwirtschaft und Gesundheit gezeigt, wie Umweltveränderungen und Klimapolitik mitunter zu neuen Umweltproblemen führen oder – bei einer richtigen Politik – diese auch entschärfen können.*

***Biodiversity in the influence of environmental policy and climate change:** In this chapter, six examples from the sectors of energy, transport, agriculture and health show how environmental change and climate policy sometimes can lead to new environmental problems, but one may also counteract them with the right policy.*

Schädlingsvernichtung mit Umweltchemikalien im Haus und auf dem Acker sowie Habitatzerstörung durch direkte Eingriffe des Menschen in die Natur, wie z.B. Bejagung, Übernutzung von Ressourcen oder die Zersiedelung der Landschaft, wurden Anfang der 1990er Jahre als Hauptgefahr für den Rückgang der Biodiversität angesehen - vor allem in der Bevölkerung der Industrieländer. Der Klimawandel rückte damals gerade erst in das öffentliche Bewusstsein.

Nicht einmal 20 Jahre zuvor hatten Experten noch vor einer neuen Eiszeit gewarnt (MAXEINER & MIERSCH 2014). Überhaupt war Umweltschutz Anfang der 1970er Jahre in Deutschland kein großes Thema und Naturschutz noch stark vom Naturverständnis des 19. und frühen 20. Jahrhunderts mit Waldromantik und der entsprechenden Vorstellung des Bewahrens geprägt. Schließlich waren jedoch die Spuren des „Wirtschaftswunders“ der Nachkriegszeit vor allem in Form von stark Abwasser belasteten, mit Waschmittelschaum gekrönten Gewässern und Smog in Ballungsgebieten nicht mehr zu übersehen. Angetrieben von der jungen Umweltschutzbewegung und Jahrzehnte langer, immer neuer Schreckensmeldungen (Tab. 2.3-1) wurde mit den nunmehr zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln politisch gehandelt und innerhalb von nur 2 Jahrzehnten die öffentliche Meinung in Deutschland stark auf das Thema Umweltschutz und Biodiversität fokussiert.

Außerdem reagierte die Politik zum Einen mit neuen Gesetzen, zum Anderen mit der Schaffung von neuen Behörden. Das Bundesimmissionsschutzgesetz 1974 richtete sich gegen Luftverschmutzung, Lärm und Erschütterungen, das Abwasserabgabengesetz 1976 beförderte die Investition in Abwasserbehandlungstechniken und damit Einführung des Verursacherprinzips nach dem Motto: »Wer gemessen am Stand der Technik verschmutzt, bezahlt für die eingeleitete Stoffmenge, und zwar je nach in normierten Testverfahren festgestellter Gefährlichkeit«. Mit der Gründung des Umweltbundesamtes in Jahre 1974 – mehr als 10 Jahre vor der Einrichtung des Bundesumweltministeriums - und der Schaffung entsprechender Ämter auf Ländere-

bene wurden schnell für alle sichtbare Erfolge erzielt. Kläranlagen und neue Waschmittel haben Flüsse und Seen klarer und wieder artenreicher (vgl. Kap. 2.4 - LOZÁN et al.) und Luftfilter die Luft in Deutschland sehr viel „sauberer“ gemacht. In einigen Fällen wurden Probleme allerdings nur verlagert, z.B. durch die Sondermüll-Entsorgung in Entwicklungsländer. Einige Umweltbelastungen wurden nur scheinbar verringert, sondern haben vielmehr qualitativ zugenommen. Zum Beispiel wird die Luft in Großstädten nunmehr mit sehr Lungen-gängigem und damit gefährlichem Feinstaub aus den sparsameren, aber nur unvollständig verbrennenden Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung belastet. Dabei könnte, wie bei Dieselfahrzeugen schon der Fall, ein Filter sofort Abhilfe schaffen; einige Autobauer setzen entsprechende technische Lösungen bereits ab 2017 ein. Es gab und gibt bei umweltpolitischen Maßnahmen also immer wieder Kehrseiten, Dinge die zunächst nicht bedacht wurden oder sich erst später offenbart haben. In diesem Kapitel soll an sechs Beispielen aus den Sektoren Energie, Transport & Verkehr, Landwirtschaft und Gesundheit (Abb. 2.3-1) gezeigt werden, wie Umweltveränderungen und Klimapolitik zu neuen Umweltproblemen führen oder – vor allem bei einer richtigen Politik – diese auch entschärfen könnten.

ENERGIE

Beispiel 1: Beleuchtung

Die gute alte Edison-Glühlampe hat so gut wie ausgeglüht – bei dieser Lichtproduktion ginge zu viel Energie als Wärme verloren, wurde argumentiert. Alternativ wurden massenhaft miniaturisierte, wenig Energie verbrauchende Neonröhren auf den Markt gebracht. Diese gibt es endlich quecksilberfrei. In Ländern der gemäßigten Breiten muss nun im Winter der Wärmeverlust bei der Beleuchtung mit stärkerem Heizen kompensiert werden. Bedenklich ist zudem, dass die neuen Leuchtmittel als Sondermüll entsorgt werden müssen. Die Aufarbeitung findet unter katastrophalen Arbeitsbedingungen und mit bedenklichen Folgen für die Biodiversität in Ländern wie Bangladesch statt. Die sich derzeit rasant entwickelnden Beleuchtungstech-

Tab. 2.3-1: Beispiele für Umweltkatastrophen, Folgen für die Biodiversität und Bewusstsein für Umweltrisiken. ▼ negative Folgen, ► gesellschaftliche Konsequenzen.

Jahr-zehnt	Stoff	Umweltkatastrophen und Folgen
1950-er	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DDT 	<p>▼ Gestörte Fortpflanzung bei Greif- und Wasservögeln, ► erstmalig Bewusstsein für Umweltrisiken durch Chemikalien (Buch " Silent Spring", Carson 2002)</p>
1960-er	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fäkalabwasser ▪ Detergentien ▪ Schwermetalle ▪ Schwefeldioxid ▪ Dioxin 	<p>Ungeklärte Abwassereinleitungen, ▼ Biodiversitätsverlust, ► Abwasserabgabengesetz Schaumberge auf den Flüssen, ▼ Biodiversitätsverlust, ► Waschmittelverordnung lokale Quecksilber- und Cadmiumverseuchung, ▼ Minamata-Krankheit, ▼ Itai-Itai-Krankheit Smogkrise im Ruhrgebiet, Beginn der Kohlekrise, ► Bundes-immissionsschutzgesetz Einsatz von Agent Orange (Herbizide verunreinigt mit Dioxinen) im Vietnamkrieg, ▼ bioakkumulativ, fruchtschädigend, krebserregend</p>
1970-er	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radionuklide ▪ Rohöl ▪ Polychlorbiphenyle ▪ Dioxine 	<p>Atomunfall AKW Harrisburg, ► erstmalig Bewusstsein für Risiken der Atomwirtschaft Tanker-Unfall Amoco Cadiz, Unfall auf Ölbohrinsel Bravo, ▼ Zusammenbruch von marinen Ökosystemen, ► erstmalig Bewusstsein für Risiken der Ölwirtschaft ▼ Gestörte Reproduktion bei Meeressäugern, ► Stockholmer Konvention Seveso-Katastrophe in Italien, Boehringer-Skandal in Hamburg, ▼ bioakkumulativ, fruchtschädigend, krebserregend, ► Stockholmer Konvention</p>
1980-er	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radionuklide ▪ saurer Regen ▪ Chemikalien, die persistent, bioakkumulativ und toxisch sind ▪ Rohöl ▪ Fluorkohlenwasserstoffe 	<p>Atomkatastrophe in Tschernobyl, ▼ Strahlenkrankheit, fruchtschädigend, krebserregend, psychosoziale Auswirkungen, ► Gründung des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ▼ „Waldsterben“, ► Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung Chemiebrand mit Schadstoffwelle im Rhein, ► Online-Biomonitoring des Rheins Chemiekatastrophe in Bhopal, ▼ Fischsterben, ► SVHC-Liste der Europäischen Chemikalienagentur gemäß REACH Verordnung Tanker-Unfall der Exxon Valdez in Alaska, 20 Jahre später: ▼ Einbruch der Orca-Killerwal-Population, keine Wiederkehr der früher riesigen Heringsschwärme; ► MARPOL-Konvention Ozonloch, ► Montreal-Protokoll</p>
1990-er	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chemikalien mit Hormonwirkung ▪ Kohlendioxid ▪ Gentechnisch veränderte Organismen 	<p>TBT und Pestizideinsatz, ▼ Vermännlichung bei Wasserschnecken und Verweiblichung bei Fischen, ► relevantes Kriterium für Chemikalienzulassungsverfahren Erderwärmung, ▼ Artenverschiebungen und Biodiversitätsverlust durch Klimawandel, ► Pariser Klimaabkommen Risiken der Gentechnologie?, ► Gesetz zur Regelung der Gentechnik</p>
ab 2000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nanopartikel ▪ Mikroplastik ▪ Pharmaka ▪ Rohöl ▪ Radionuklide 	<p>Risiken der Nanotechnologie? Schadstoffanreicherung, ▼ Biodiversitätsverlust naheliegend ▼ Antibiotikaresistenzen krankheitsbedingter Bakterien, ▼ Verweiblichung von männlichen Schnecken und Fischen Ölpest nach Explosion auf Bohrinsel Deepwater Horizon, ▼ Biodiversitätsverlust, Schadstoffanreicherung in der Nahrungskette, Deformationen, ► MARPOL-Konvention Atomkatastrophe in Fukushima, ► Atomausstieg in Deutschland</p>

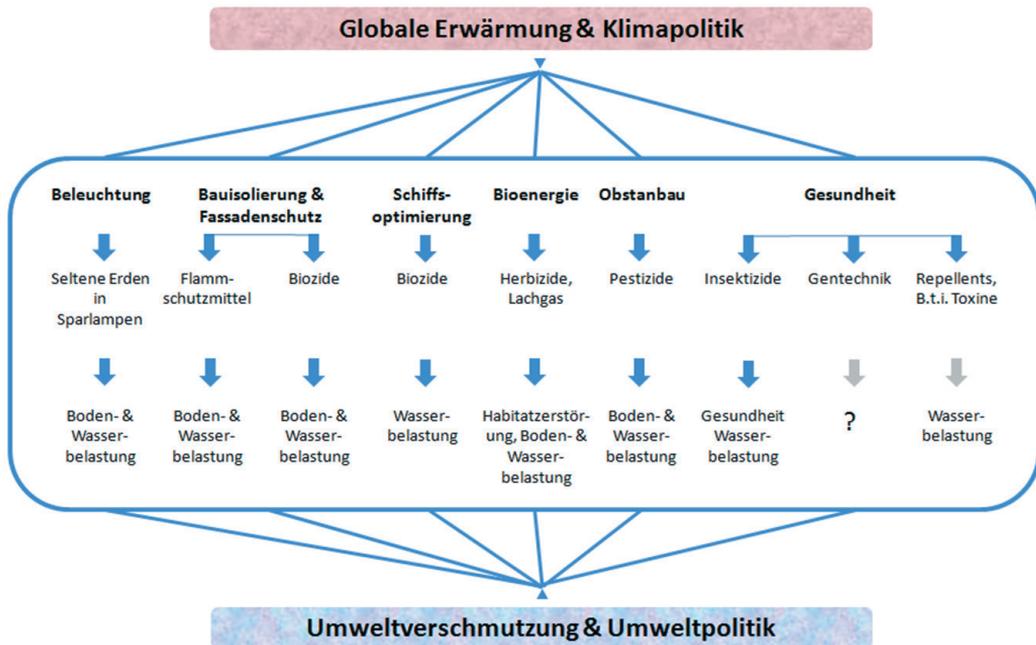


Abb. 2.3-1: Unausgereifte, isolierte oder fehlende Umwelt- bzw. Klimapolitik kann zu neuen Umweltbelastungen und -problemen führen (blaue Pfeile). In einigen Fällen sind die Folgen für die Biodiversität noch unklar (graue Pfeile).

nologien bieten Alternativen zur miniaturisierten Neonröhre. LEDs werden bisher allerdings mit seltenen Erden beschichtet, deren Gewinnung energieaufwendig und durch Giftschlamm, Rückstände und Radioaktivität sehr umwelt- und gesundheitsbelastend ist. Ressourcenmanagement, die Lösung der auch bei LEDs auftretenden Abwärmeprobleme und die Entsorgung sind dabei noch weitgehend ungelöst. Die neuen Gel-LEDs, die mit Proteinen beschichtet werden, könnten ein Ausweg sein – auch für den Biodiversitätsverlust aufgrund von Lichtverschmutzung (vgl. Kap. 2.7 - SCHROER). Mit LEDs ließe sich, wie schon in großen Gewächshäusern zur Förderung des Pflanzenwachstums praktiziert, z.B. die spektrale Zusammensetzung der Straßenbeleuchtung optimieren und so möglicherweise die hohe Sterberate von z.T. stark bedrohten Nachtfluginsekten reduzieren.

Beispiel 2: Fassadenisolierung und Biokorrosion

Ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz ist die Wärmedämmung an Häuserfassaden. Bei der Wärme-Isolierung von Häusern mit Styropor gilt es allerdings zu bedenken, dass es in den Wänden zu einer Verlagerung des Taupunktes kommen kann und die nunmehr völlig abgeschotteten Wohnungen ein Belüftungssystem brauchen, um gesundheitsgefährdende Schimmelbildung in den Räumen zu verhindern – wo Feuchtig-

keit, kann sich schnell eine entsprechende Biologie entwickeln. Wenn dabei Umluftanlagen eingesetzt werden, kann sich dieses Problem noch verschärfen. Die Schimmelbildung kann dann unkontrolliert in den Lüftungsrohren erfolgen. Auf diese Weise kann es zu einer schleichenden Kontamination mit Allergie-auslösenden Pilzsporen kommen, wenn die Systeme nicht regelmäßig gewartet und aufwendig gereinigt werden. Außerdem stellen Styropor-Isolierungen eine erhöhte Brandlast dar. Das Übergreifen der Flammen auf die gesamte Hauswand wird zwar nunmehr durch entsprechende mit Flammschutzmitteln behandelte Fensterstürze verringert. Im Fall von organischen Flammschutzprodukten kann hier aber die nächste Schadstofffalle in einem Material lauern, das kommende Generationen im Falle des Hausabbrisses ohnehin als Sondermüll werden entsorgen müssen. Spechte lieben allerdings diese Dämmung – gerade auch an mit Holz verschalteten Häusern. Sie hacken Löcher hinein und bauen so Lockräume für ihre Nährtiere. Später ziehen dann dort gern andere Vogelarten, z.B. Stare ein. Etliche Arten sind gerade in vom Menschen dicht besiedelten Räumen außerordentlich anpassungsfähig. Weitere Beispiele nennt REICHHOLF (2007).

In gedämmten Fassaden muss nicht nur Chemie gegen Feuerentwicklung eingesetzt werden, sondern auch gegen Biokorrosion. Dieser Begriff steht für jedwede

in der Regel unerwünschte Veränderung des Aussehens und/oder der Eigenschaften von Oberflächen bei Kontakt mit Feuchtigkeit durch die sich sogleich einstellende Bewuchs-Biologie in Form von Bakterien, Pilzen, Algen u.a. So werden im Außenputz und in Außenwandfarben organische Biozide wie z.B. das Triazin Cybutryn eingebracht, um als sogenanntes Antifouling zu verhindern, dass die neue Hauswand innerhalb der Gewährleistungszeit durch grüne Algen oder schwarzen Schimmel verunstaltet wird. Leider können diese Chemikalien – wie Untersuchungen der renommierten EAWAG in der Schweiz gezeigt haben - vor allem bei Schlagregenereignissen langsam aus den Wänden auswaschen. Messungen ergaben, dass die Auswaschungen besonders hoch in Neubaugebieten waren. Gerade in Neubaugebieten wird versucht, die Versiegelung von Böden möglichst gering zu halten, damit die oberflächennahen Grundwasserleiter durch ortsnahe Versickerung aufgefüllt werden können. Dort kann das Biozid also direkt Grundwasser verunreinigen. Was nicht versickert, gelangt über die Kanalisation in die Kläranlagen, wo diese Stoffe nur teilweise im Klärschlamm landen. Der Rest geht über die Abflüsse in die als Vorfluter bezeichneten angrenzenden Oberflächengewässer. Dort können diese biologisch schwer abbaubaren Chemikalien, die zudem nicht minder toxische Abbauprodukte haben können, ihre Giftwirkung zunächst direkt im Wasser auf die Pflanzen- und Tierwelt entfalten. Danach werden große Teile in den Sedimenten abgelagert und können unter Umständen von dort wieder rückgelöst werden. Damit sind Langzeiteffekte über Jahre mit entsprechenden Konsequenzen für die Biodiversität wahrscheinlich, wie das nächste Anwendungsbeispiel von Cybutryn zeigt.

TRANSPORT & VERKEHR

Beispiel 3: Bremsender Bewuchs auf Schiffrümpfen

Die Schifffahrt trägt durch den enormen Ölverbrauch zum Klimawandel bei. Jährlich werden etwa eine Mrd. Tonnen Kohlendioxid, weitere Treibhausgase wie Stickoxide und andere Schadstoffe in die Atmosphäre freigesetzt. Der Bewuchs auf Schiffrümpfen mit Algen und Tieren (vor allem Seepocken im Meer, Dreikantmuscheln im Süßwasser) erhöht in klimaschädlicher Weise den Treibstoffverbrauch. Mit dem mittlerweile weltweit verbotenen Antifouling-Vorläufer Tributylzinn (TBT) glaubte man in den 1980-er Jahren die perfekte Lösung des Bewuchsproblems gefunden zu haben, bis eigenartige Missbildungen an zweigeschlechtlichen Meeresschnecken auftauchten: Weiblichen Individuen wuchsen Penis und Samenleiter überwucherten die Vagina und machten sie so befruchtungsunfähig. Ein Begriff dafür war schnell gefunden: Imposéx. Diese Verände-

rungen waren im Laborexperiment schon bei geringsten TBT-Konzentrationen auszulösen, wie sie z.B. auf den »Schiffsautobahnen« in der Nordsee gemessen werden. Es ist nicht abwegig zu vermuten, dass der Rückgang der Wellhornschnecken-Bestände in der Nordsee oder das Verschwinden der Netzreusenschnecke im Wattenmeer seine Ursache in der hormonellen Wirkung von TBT gehabt hat. TBT wurde bereits 1986 für Schiffe >25 m und 2003 ganz verboten. Mit Cybutryn glaubte man zunächst, einen geeigneten Nachfolger für die Antifouling-Anstriche von Schiffrümpfen gefunden zu haben. Neben der enormen Giftwirkung auf Wasserpflanzen werden bei Cybutryn hormonelle Wirkungen vermutet, wie sie schon in besonders drastischer Weise bei TBT entdeckt worden waren. Hormonelle Wirkungen gelten heute als ein sehr starkes Argument, um die behördliche Zulassung von neuen bzw. die Verlängerung der Zulassung von bereits auf dem Markt befindlichen Chemieprodukten zu versagen. Aus diesem Grund wurde Cybutryn Anfang 2016 EU-weit verboten. Um Alternativen zu umweltschädlichen Unterwasseranstrichen bei Schiffen anzubieten, wird derzeit mit nicht haftenden Oberflächen experimentiert, auf denen sich Bewuchs sehr viel schlechter bilden und ggf. in speziellen mechanischen Unterwasser-Waschanlagen leicht entfernt werden kann.

LANDWIRTSCHAFT

Beispiel 4: Bioenergie

Biogas soll in ferner Zukunft neben Erdgas, Pumpspeicherwerken, vielleicht sogar elektrolytisch aus Wind- und Sonnenkraft erzeugtem Wasserstoff und den in Energie-Plus-Häusern geladenen Autobatterien in Deutschland einen Teil der Stromversorgung sicherstellen, wenn die Windräder mangels Wind sich nicht drehen und die Sonne nicht scheint, also vor allem nachts, und zur Sicherstellung der Versorgung im Bereich der sogenannten Grundlast (Aluminiumwerke, Stahlwerke etc.). Biosprit treibt schon jetzt unsere Autos an. Einmal davon abgesehen, dass die Politik für nachwachsende Rohstoffe die Pacht und Bodenpreise durch den Einstieg großer Firmen in dieses lukrative Geschäft verdreifacht hat, werden nun vornehmlich Mais und Raps großflächig angebaut. Diese Monokulturen sind alles andere als ein Hort der Biodiversität, im Falle der Maiser sehr durstig und bedürfen des starken Einsatzes von Herbiziden wie dem Chloracetamid Metazachlor. Die Herbizide können über Drainagen, Regenauswaschung (»Run-Off«) oder direkt bei der Ausbringung über »Spraydrift« und bei der Reinigung der Spritzgeräte über Kanalisation und Kläranlagen in die angrenzenden Oberflächengewässer gelangen und dort die Pflanzenwelt direkt und damit die Tierwelt indirekt schädigen (MOHR et al. 2007, Abb. 2.3-2).

Die herkömmliche Herstellung von Agrartreibstoffen führt zudem zu einer Verstärkung des Klimawandels, da bei dem hohen Einsatz von Stickstoffdünger Lachgas (Distickstoffmonoxid) entsteht, welches ein 300-mal stärkeres Treibhausgas als Kohlendioxid ist. Aufgrund der hohen Stickstoffdüngung ist die Produktion von brasilianischem Agrardiesel aus Soja und amerikanischem Agrarethanol aus Mais besonders klimaschädlich (CRUTZEN 2008). Vor allem auf wenig bindigen Niederertragsböden ist eine verstärkte Düngung erforderlich. In der biologischen Landwirtschaft kommt man über Fruchtwechsel mit den natürlichen Stickstofffixierern Klee und Luzerne mit weniger Düngung aus. Diese Form der Düngung ist für die Biogasgewinnung scheinbar weniger attraktiv.

Am schwerwiegendsten ist sicherlich die Umweltproblematik der Palmölproduktion in tropischen Ländern. Tropische Regenwälder, oft artenreichste Primärwälder, insbesondere in Kolumbien, Indonesien, Malaysia und Thailand werden in rasantem Tempo und gigantischem Ausmaß abgeholzt, um Palmölplantagen mit nur geringer Biodiversität anzupflanzen und Biosprit nach Europa zu liefern. Der Boom des »grünen Öls« zerstört nicht nur unablässig Hotspots der Biodiversität, sondern entzieht der lokalen Bevölkerung ihre Lebensgrundlagen (sauberes Wasser, Waldfrüchte, Einkommen) und heizt den Klimawandel weiter an. Biosprit ist also ein drastisches Beispiel für globale Auswirkungen von Klimapolitik gemäß der Devise »gut gemeint, aber schlecht gemacht«.

Beispiel 5: Schädlingsbekämpfung

Bereits heute wird Obst in den großen Anbaugebieten bis zum Pflücken an bis zu 25 Tagen in der Saison mit

über 50 Behandlungen gegen Pilzbefall (Fungizide), Insektenfraß (Insektizide und Pheromone) und andere Pflanzen (Herbizide) geschützt. Wenn mit dem Klimawandel eine Zunahme an Schädlingen und verlängerte Vegetationsperioden einhergehen, ist mit noch intensiverer Bekämpfung zu rechnen. Bei den Insektiziden gelten immer noch Nervengifte (Neonicotinoide wie Imidacloprid) als Mittel der Wahl. Sie sind speziell für das Nervensystem von Insekten entwickelt, für uns also weitgehend ungefährlich, sie sind effektiv und zudem im Labor lichtempfindlich, also nach kurzer Zeit kaum noch nachweisbar. Der Lichtabbau ist allerdings in Oberflächengewässern bei Wassertrübung und -färbung mitunter stark verlangsamt. Wenn die Stoffe über die schon in Beispiel 4 genannten Pfade in angrenzende Gewässer (Abb. 2.3-3) gelangen, können sie „Nichtzielarten“, vor allem Krebse und Wasserinsekten sowie ihre Larvalstadien schädigen bzw. töten.

In Fließgewässern kann es lange vor Erreichen der tödlichen Konzentrationen, d.h. bereits bei sehr geringen Schadstoffkonzentrationen zu einer Erhöhung der stromab gerichteten Drift von Wassertieren kommen (BERGHAHN et al. 2012). Diese Drift findet auch unter unbelasteten Verhältnissen statt, dann allerdings in sehr viel geringerem Umfang. Drift dient neben der Verbreitung der betreffenden Arten stromab dem Ausweichen vor ungünstigen physikalischen, chemischen oder biologischen Bedingungen, wie Temperatur, Sauerstoff- oder Nahrungsmangel. In verschiedenen Experimenten wie auch im Freiland hat sich gezeigt, dass die Empfindlichkeit art- und stadienspezifisch ist und mit der Höhe der Schadstoffkonzentration sowie der Dauer und Häufigkeit der Schadstoffwellen zunimmt. Bei bis zu



Abb. 2.3-2: Pflanzen in Versuchsteichen wenige Woche nach einmaliger Metazachlor-Zugabe. **Links:** 500 µg/L Metazachlor-Zugabe resultiert in einem fast vegetationsfreiem Ökosystem. **Rechts:** Unbehandelte Kontrolle weist eine üppige Unterwasserpflanzenwelt auf: Laichkraut, Ahriges Tausendblatt und fädige Algen (Foto: R. Berghahn)

25 Pestizid-Anwendungen in einer Saison, die zudem von verschiedenen Obstbauern entlang eines Fließgewässers durchgeführt werden, sind gerade bei Arten mit langen Entwicklungszeiten (Libellen, Köcherfliegen) Auswirkungen auf die Verbreitung in Gewässern zu erwarten. Diese »Spritz-Szenarien« sollten in den Anwendungs-Auflagen zum Schutz der Biodiversität stärker berücksichtigt werden.

GESUNDHEIT

Beispiel 6: Bekämpfung von Krankheitsüberträgern

Im Zuge des Klimawandels werden Stechmücken- und Zeckenpopulationen unter häufigeren feucht-warmen Sommerbedingungen größer (vgl. Kap. 3.4 - KREß et al.). Stechmücken und Zecken werden üblicherweise mit sogenannten Repellentien (Insektenabwehrmittel) daran gehindert, ihren Warmblüter zu finden. Neben chemischen Insektenabwehrmitteln wie Hydroxy-isobutyl-piperidin-carboxylat sind zahlreiche Naturöle (z.B. Lavendel) für ihre abschreckende Wirkung zumindest auf Stechmücken bekannt. Die Biodiversität hält sicherlich noch viele unentdeckte Repellentien bereit, welche ihrer Entdeckung harren.

Mittlerweile können einige Repellentien in unseren Oberflächengewässern nachgewiesen werden (NENDZA et al. 2013). Denkbar wäre, dass sie dort schon in äußerst geringen Konzentrationen Störungen des auch für Wassertiere außerordentlich komplexen und wichtigen chemischen Informationssystems hervorrufen könnten, wie es von anderen Umweltchemikalien wie zum Beispiel dem Antiepileptikum Carbamazepin bekannt ist. Es wurden bereits neue Testsysteme entwickelt, mit

denen man einen umweltrelevanten Infochemikalieffekt, z.B. erhöhte Drift in Fließgewässern, messen könnte (von ELERT et al. 2016, FINK et al. 2016). Glücklicherweise haben die Tests von Repellentien selbst im sehr geringen Konzentrationsbereich bisher keine Hinweise auf derartige Wirkungen in Gewässern gebracht. Es gibt also durchaus auch gute Nachrichten.

Um die Larven von Überschwemmungsmücken in Flussaue effizient abzutöten, werden häufig B.t.i. Toxine (Proteinkristalle eines Erdbakteriums) in großen Mengen ausgebracht. B.t.i. kann Zuckmücken, eine wichtige Nahrung für Fische, Fledermäuse und Vögel schädigen und nachhaltige Wirkungen auf höhere Stufen in der Nahrungskette verursachen (POULIN et al. 2010). Viele Langzeitstudien deuten an, dass bei einer mosaikartigen Bekämpfung mit B.t.i. keine Schäden für die Biodiversität zu erwarten sind (KABS 2016), jedoch ist ein abschließendes Urteil noch nicht zu fällen. Je kleinräumiger die Verbreitung von Stechmücken, desto personalaufwendiger wird die Bekämpfung und desto schlechter wird die Kosten-Nutzen-Bilanz für B.t.i.. Eine Beseitigung aller Brutstätten von der im städtischen Raum lebenden Asiatischen Tigermücke (vgl. Kap. 3.3 - BECKER) muss vorbeugend, engmaschig und regelmäßig erfolgen - eine Aufgabe, die bei fortschreitendem Klimawandel nur unter aktiver Beteiligung der Bevölkerung bewältigt werden kann.

Wenn Stechmücken-assoziierte Virusinfektionen in der Bevölkerung festgestellt werden, die nicht von Reiserückkehrern stammen, müssen eine Reihe von Insektiziden zum Schutz der öffentlichen Gesundheit eingesetzt werden (z.B. Malathion, λ -Cyhalothrin). Diese Chemikalien sind alle umweltschädlich (LEWIS et al. 2016). Stechmücken können zudem sehr schnell Resistenzen gegen viele Insektizide ausbilden. Es wird derzeit nach biologischen Alternativen gesucht. Der gezielte Besatz von Kleinstgewässern mit Wasserflöhen oder Ruderfußkrebs kann die Larvenentwicklung von Stechmücken stören. Die Ansätze sind vielversprechend.

Möglich wäre auch die Umwandlung der Stechmücken in ungefährliche Insekten (LEES et al. 2015): Der Pilz *Wolbachia* kann Stechmücken gegenüber Viren immunisieren und teilweise auch generationsübergreifend sterilisieren. Bei einer weiteren Steriltechnik werden männliche Stechmücken der Gattung *Aedes* mit Gamma-Strahlung sterilisiert und ins Freiland entlassen. Wenn auch mit einer Effizienz von 90% sehr vielversprechend, ist diese Technik sehr teuer und nicht nachhaltig: Es müssen immer wieder sterile Männchen hergestellt werden. Andere Bekämpfungstechniken (PiggyBac, CRISPR/Cas9) aus dem Labor widmen sich dem gezielten Abschalten oder Einbauen von Genen, welche die Viren-Immunität herstellen und die Fortpflanzungs-



Abb. 2.3-3: Graben im Obstanbaugebiet »Altes Land« bei Hamburg (Foto: R. Berghahn).

fähigkeit der Stechmücken einschränken. Das Freilassen von gentechnisch veränderten Organismen ist in Deutschland nur mit Ausnahmegenehmigung erlaubt und im Fall von Stechmücken aufgrund der Unkontrollierbarkeit eher unwahrscheinlich. In tropischen Ländern mit hohen Dengue-Infektionsraten ist die Bereitschaft zur Verwendung gentechnisch veränderter Stechmücken sehr viel größer, die Folgen für die Biodiversität jedoch nicht im Entferntesten abschätzbar.

WECHSELWIRKUNGEN VON UMWELT- UND KLIMAPOLITIK

Gemeinsam ist den vorangegangenen Beispielen, dass die negativen wie auch positiven Folgen für die Biodiversität oft nicht erwartet oder sogar ignoriert worden sind. Die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt können je nach Eingriff und Bewertungsmaßstab sehr unterschiedlich ausfallen. So war die wesentliche Voraussetzung für die heute viel beschworene bäuerliche Landwirtschaft die großflächige Rodung von Wäldern (vgl. Kap. 2.6 - KASANG et al.) oder die Trockenlegung von Mooren (vgl. Kap. 5.2 - TREPPEL). Eingriffe in den Naturhaushalt können Biodiversität zerstören, allerdings auch begünstigen, z.B. in neuen, vielfältigeren Habitaten wie Wallhecken (Knicks).

Allgemein bedeuten höhere Temperaturen höhere physiologische Leistung, erhöhte Anreicherung von Schadstoffen, aber auch erhöhte Entgiftungsprozesse und schnelleren Abbau von Stoffen sowohl thermisch als auch mikrobiell. Genaue, umfassende Vorhersagen sind dazu bisher so gut wie unmöglich. Ein erster Schritt ist eine klimagerechte Umweltrisikobewertung von Chemikalien. Das für die Zulassung von Chemikalien 2007 europaweit in Kraft getretene REACH-Verfahren (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) teilt die EU in 3 Zonen auf, um die Bewertung von Pestiziden an klimatische Bedingungen anzupassen. Diese Aufteilung orientiert sich derzeit allerdings mehr an politischen als an klimatischen Vorgaben.

Es wird für die Verantwortlichen in einer globalen und sich schneller entwickelnden Welt objektiv immer schwieriger, die richtigen Entscheidungen für die Zukunft zu fällen. Dogmen und Denkverbote sind dabei hinderlich. Allerdings müssen Entscheidungen auch greifen können, bevor ihre Folgen beurteilt werden. Das braucht mitunter Zeit. Ein häufiges Umschwenken in der Umweltpolitik (Beispiel Mülltrennung) verunsichert die gutwillige Bevölkerung wie auch die auf Planungssicherheit angewiesenen Investoren und damit die wirksame Umsetzung von Maßnahmen. Zu langes Zögern kann wiederum Handlungsoptionen kosten, vor allem auch

mit Blick auf den globalen wirtschaftlichen Wettbewerb.

Die Politik ist also nicht zu beneiden. In der Umwelt- und Klimapolitik ist es oft wie bei den Giftstoffen: »Allein die Dosis macht's, dass ein Ding kein Gift sei« (PARACELUS). Um Umweltschäden und den Klimawandel effektiv zu reduzieren und die Biodiversität zu schützen bedarf es also weit vorausschauender, kluger und zugleich flexibler Entscheidungen in beiden politischen Domänen. Der über viele Jahre im Rahmen der Sparpolitik betriebene und anhaltende Abbau von Personal mit Forschungs- und Kontrollkompetenzen in Bund, Ländern und Gemeinden gerade auch im Bereich Umweltschutz ist dabei sicher nicht zielführend.

LITERATUR

- BERGHAWN, R., S. MOHR, V. HÜBNER, R. SCHMIEDICHE et al. (2012): Effects of repeated insecticide pulses on macroinvertebrate drift in indoor stream mesocosms. *Aquat. Toxicol.* 122-123, 56-66.
- CARSON, R. (2002): *Silent spring*. Houghton Mifflin Harcourt.
- CRUTZEN, P. J. (2008): N₂O Release from Agro-Biofuel Production Negates Global Warming Reduction by Replacing Fossil Fuels. Chapter in: *A Pioneer in Atmospheric Chemistry and Climate Change in the Anthropocene*. (ed. CRUTZEN, P. J.), Volume 50 of the series SpringerBriefs on Pioneers in Science and Practice. 227-238.
- ELERT von, E., K. PREUSS & P. FINK (2016): Infodisruption of inducible anti-predator defenses through commercial insect repellents? *Environ. Pollution* 210, 18-26.
- FINK, P., J. MOELZNER, R. BERGHAWN & E. von ELERT (2016): Do insect repellents induce drift behaviour in aquatic non-target organisms? *Wat. Res.* (in press).
- KABS (2016): http://www.kabsev.de/1/1_7/1_7_1/index.php.
- KLASCHKA, U. (2008): The infochemical effect - a new chapter in ecotoxicology. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 15(6), 452-462.
- LEES, R. S., J. R. GILLES, J. HENDRICH, M. VREYSEN et al. (2015): Back to the future: the sterile insect technique against mosquito disease vectors. *Current Opinion in Insect Science* 10, 156-162.
- LEWIS, K.A., J. TZILIVAKIS, D. WARNER & A. GREEN (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 22(4), 1050-1064
- MAXEINER, D. & M. MIERSCH (2014): *Alles grün und gut?* Knaus, München, 384 pp.
- MOHR, S., R. BERGHAWN, M. FEIBICKE, S. MEINECKE et al. (2007): Effects of the herbicide metazachlor on macrophytes and ecosystem function in freshwater pond and stream mesocosms. *Aquat. Toxicol.* 82, 73-84.
- NENDZA, M., U. KLASCHKA & R. BERGHAWN (2013): Infochemical effects of repellents (PT 19 biocides) in surface waters: suitable test substances for proof of concept. *Environ. Sci. Europ.* 25:21.
- POULIN, B., G. LEFEBVRE & P. LEIRE (2010): Red flag for green spray: adverse trophic effects on breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 47 (4): 884-889.
- REICHHOLF, J. H. (2007): *StadtNatur*. Oekom, München, 320 S.

Kontakt:

Dr. Ruth Müller (ruthmueller@bio.uni-frankfurt.de)
Institut für Arbeitsmedizin. Goethe Universität Frankfurt am Main

Dr. habil. Rüdiger Berghahn (berghahn.ruediger@berlin.de)
Berlin

Müller, R. & R. Berghahn (2016): Biodiversität im Einfluss von Umweltpolitik und Klimawandel. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 75-81. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.12.