

Späte Lehren aus frühen Warnungen: Wissenschaft, Vorsorge, Innovation

Zusammenfassung



Späte Lehren aus frühen Warnungen: Wissenschaft, Vorsorge, Innovation

Zusammenfassung



Einbandgestaltung: EUA
Titelfotos © EUA
Layout: EUA/Pia Schmidt

Copyright-Vermerk

© EUA, Kopenhagen, 2016

Die Vervielfältigung ist bei Angabe der Quelle gestattet, wenn diese nicht anderswo angegeben ist.

Informationen über die Europäische Union sind im Internet erhältlich. Sie können über den Europa-Server (www.europa.eu) aufgerufen werden.

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2016

ISBN 978-92-9213-720-5

DOI:10.2800/066323

Diese Version wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes Deutschland übersetzt und am 11. Februar 2016 veröffentlicht. Die Verantwortung für die Übersetzung und deren Genauigkeit obliegt dem Umweltbundesamt.



Europäische Umweltagentur
Kongens Nytorv 6
1050 Copenhagen K
Dänemark
Tel.: +45 33 36 71 00
Fax: +45 33 36 71 99
Internet: eea.europa.eu
Anfragen: eea.europa.eu/enquiries

Inhalt

Danksagung	5
Vorwort.....	6
1 Einleitung.....	9
Teil A Lehren aus Gesundheitsgefährdungen	
2 Das Vorsorgeprinzip und Fehlalarme – gezogene Lehren	13
<i>Steffen Foss Hansen und Joel A. Tickner</i>	
3 Blei im Benzin ‚zwingt den Verstand in die Knie‘	14
<i>Herbert Needleman und David Gee</i>	
4 Zu viel zu schlucken: PCE-Kontamination des Leitungswassers	15
<i>David Ozonoff</i>	
5 Minamata-Krankheit: Eine Herausforderung für Demokratie und Gerechtigkeit	16
<i>Takashi Yorifuji, Toshihide Tsuda und Masazumi Harada</i>	
6 Das „PR-Problem“ von Beryllium	17
<i>David Michaels und Celeste Monforton</i>	
7 Tabakindustrie manipuliert die Forschung	18
<i>Lisa A. Bero</i>	
8 Vinylchlorid: Eine Legende von geheimen Machenschaften	19
<i>Morando Soffritti, Jennifer Beth Sass, Barry Castleman und David Gee</i>	
9 Das Pestizid DBCP und Unfruchtbarkeit beim Mann.....	20
<i>Eula Bingham und Celeste Monforton</i>	
10 Bisphenol A: Umstrittene wissenschaftliche Erkenntnisse, abweichende Sicherheitsbewertungen	21
<i>Andreas Gies und Ana M. Soto</i>	
11 DDT: fünfzig Jahre seit dem Stummen Frühling	22
<i>Henk Bouwman, Riana Bornman, Henk van den Berg und Henrik Kylin</i>	
Teil B Neue Lehren aus Ökosystemen	
12 Booster-Biozid-Bewuchshemmer: Wiederholt sich die Geschichte?	23
<i>Andrew R. G. Price und James W. Readman</i>	
13 Ethinylestradiol in der aquatischen Umwelt	24
<i>Susan Jobling und Richard Owen</i>	

14 Klimawandel: Wissenschaftliche Erkenntnisse und das Vorsorgeprinzip	25
<i>Hartmut Grassl und Bert Metz</i>	
15 Hochwasser: Lehren über Frühwarnsysteme.....	26
<i>Zbigniew W. Kundzewicz</i>	
16 Systemische Insektizide für die Saatbeize und Honigbienen	27
<i>Laura Maxim und Jeroen van der Sluijs</i>	
17 Ökosysteme und Kontrolle der Dynamik des Wandels	28
<i>Jacqueline McGlade und Sybille van den Hove</i>	

Teil C Neu aufgetretene Probleme

18 Späte Lehren aus Tschernobyl, frühe Warnungen aus Fukushima	29
<i>Paul Dorfman, Aleksandra Fucic und Stephen Thomas</i>	
19 Innovationshungrig: Von GV-Kulturpflanzen zur Agrarökologie	30
<i>David Quist, Jack A. Heinemann, Anne I. Myhr, Iulie Aslaksen und Silvio Funtowicz</i>	
20 Invasive fremde Arten: Eine wachsende, aber vernachlässigte Bedrohung?	31
<i>Sarah Brunel, Eladio Fernández Galiano, Piero Genovesi, Vernon H. Heywood, Christoph Kueffer und David M. Richardson</i>	
21 Mobiltelefone und Hirntumorrisiko: Frühe Warnungen, frühe Maßnahmen?	32
<i>Lennart Hardell, Michael Carlberg und David Gee</i>	
22 Nanotechnologie – Frühe Lehren aus frühen Warnungen	33
<i>Steffen Foss Hansen, Andrew Maynard, Anders Baun, Joel A. Tickner und Diana M. Bowman</i>	

Teil D Kosten, Gerechtigkeit und Innovation

23 Die Kosten für unterlassenes Handeln verstehen und nachweisen	34
<i>Mikael Skou Andersen und David Owain Clubb</i>	
24 Frühwarner und späte Opfer schützen	35
<i>Carl Cranor</i>	
25 Warum hat die Wirtschaft nicht mit Vorsorge auf frühe Warnungen reagiert?	36
<i>Marc Le Menestrel und Julian Rode</i>	

Teil E Auswirkungen auf Wissenschaft und Politik

26 Wissenschaftliche Erkenntnisse für vorsorgende Vorsorgeentscheidungen	37
<i>Philippe Grandjean</i>	
27 Mehr oder weniger Vorsorge?	38
<i>David Gee</i>	
28 Zum Abschluss	39

Die Vollversion dieses Berichts finden Sie unter:
<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>

Danksagung

Dieser Bericht wurde von der Europäischen Umweltagentur (EUA) erstellt. Zahlreiche externe Autoren leisteten einen wesentlichen Beitrag. Ein besonderer Dank der EUA gilt jenen Autoren, welche die Kapitel über die Fallstudien verfasst haben.

Urheber des Projekts *Späte Lehren aus frühen Warnungen* bei der EUA war David Gee.

Großer Dank gebührt auch dem Redaktionsteam: David Gee, Philippe Grandjean, Steffen Foss Hansen, Sybille van den Hove, Malcolm MacGarvin, Jock Martin, Gitte Nielsen, David Quist und David Stanners.

Die EUA möchte auch Beiratsmitgliedern, die dem Projekt über viele Jahre hinweg mit ihren Erfahrungen zur Seite gestanden haben, ihren Dank aussprechen: Joan Martinez Alier, Philippe Bourdeau, Sylvaine Cordier, Sven Dammann, Michael Depledge, Frans Evers, Silvio Funtowicz, Thomas Jakl, Martin Kraymer von Krauss, Owen McIntyre, Jerome Ravetz, Nicolas de Sadeleer, László Somlyódy, Sofia Vaz und Theo Vermeire.

Produktionsunterstützung: Mike Asquith, John James O'Doherty, Peter Saunders, Pia Schmidt und Bart Ullstein.

Die Autoren: Jeroen Aerts, Maria Albin, Mikael Skou Andersen, Iulie Aslaksen, Anders Baun, Constança Belchior, Henk van den Berg, Lisa A. Bero, Keith Beven, Eula Bingham, Riana Bornman, Henk Bouwman, Diana M. Bowman, Sarah Brunel, Michael Carlberg, Argelia Castaño, Barry Castleman, David Owain Clubb, Charlie Clutterbuck, Carl Cranor, Paul Dorfman, Eladio Fernández-Galiano, Gary Fooks, Aleksandra Fucic, Silvio Funtowicz, David Gee, Piero Genovesi, Andreas Gies, Anna Gilmore, Philippe Grandjean, Hartmut Grassl, Tee

L. Guidotti, Nigel Haigh, Steffen Foss Hansen, Mazazumi Harada, Lennart Hardell, Jack A. Heinemann, Vernon H. Heywood, Sybille van den Hove, James Huff, Susan Jobling, Bill Kovarik, Christoph Kueffer, Zbigniew W. Kundzewicz, Henrik Kylin, Malcolm MacGarvin, Laura Maxim, Andrew Maynard, Jacqueline McGlade, Owen McIntyre, Marc Le Menestrel, Bert Metz, David Michaels, Erik Millstone, Celeste Monforton, Anne I. Myhr, Herbert Needleman, Joy Onasch, Richard Owen, David Ozonoff, Andrew R.G. Price, David Quist, James W. Readman, Johnny Reker, David M. Richardson, Julian Rode, Christina Rudén, Jennifer Beth Sass, Richard Schmuck, Noelle E. Selin, Jeroen van der Sluijs, Katherine Smith, Morando Soffritti, Ana M. Soto, Hans von Storch, Stephen Thomas, Joel A. Tickner, Klement Tockner, Toshihide Tsuda, Pier Vellinga und Takashi Yorifuji.

Die Kapitel der Fallstudien wurden unter verschiedenen Blickwinkeln genauestens geprüft. Die EUA möchte allen Institutionen und Sachverständigen ihren Dank aussprechen, die während dieser Begutachtung ihre Zeit und ihr Wissen so großzügig zur Verfügung gestellt haben.

Die EUA möchte sich an dieser Stelle auch bei Domingo Jiménez Beltrán, Philippe Bourdeau, Jane Keys, Malcolm MacGarvin, Andy Stirling und Brian Wynne bedanken, die den gesamten Prozess der Erstellung der beiden Bände des Berichts *Späte Lehren aus frühen Warnungen* mit ihren nie versiegenden Anregungen und Ideen begleitet haben.

In großer Dankbarkeit gedenkt die EUA des Vorsitzenden des Redaktionsteams des ersten Bandes der Publikation *Späte Lehren aus frühen Warnungen*, Poul Harremoes, und des Mitverfassers von Kapitel 5 zur Minamata-Krankheit, Masazumi Harada, der seine gesamte Karriere dem Thema Quecksilberschmutzung gewidmet hat.

Vorwort

Eine Investition in Wissen bringt immer noch die besten Zinsen – Benjamin Franklin ‚Der Weg zum Reichtum‘ (1758).

Es ist etwas grundlegend falsch an unserer heutigen Lebensweise. Überall um uns machen sich zerstörerische Kräfte der Ungleichheit bemerkbar – sei es beim Zugang zu einer sicheren Umwelt, Gesundheitsfürsorge, Bildung oder zu sauberem Wasser. Diese werden noch verschärft durch kurzfristige politische Maßnahmen und einen Sprachgebrauch, der die Gesellschaft spaltet und auf einer Verherrlichung des Wohlstands basiert. Für eine weitsichtige Antwort bedarf es nicht nur größeren Wissens über den Zustand des Planeten und seiner Ressourcen, sondern es muss auch klar sein, dass viele Aspekte unbekannt bleiben werden. Wir müssen den öffentlichen Entscheidungsprozess stärker auf eine ethische Grundlage stellen und eine Sprache verwenden, die unsere moralischen Instinkte und Bedenken besser zum Ausdruck bringen kann. Dies sind die allgemeinen Ziele des zweiten Bandes des Berichts *Späte Lehren aus frühen Warnungen*.

Band 1 des Berichts *Späte Lehren aus frühen Warnungen* wurde zu einer Zeit veröffentlicht, als die Welt einen konjunkturellen Einbruch erlebte, China der Welthandelsorganisation beigetreten und Westeuropa noch eine Union mit 15 Mitgliedsländern war. Die Weltgetreideproduktion war zum dritten Mal in vier Jahren zurückgegangen, vor allem durch Dürren in Nordamerika und Australien. Weltweit kam es zu umfangreichen Rückrufaktionen von kontaminiertem Fleisch, zu Ausbrüchen der Maul- und Klauenseuche und der bovinen spongiformen Enzephalopathie (Rinderwahnsinn). Die globalen Temperaturen stiegen weiter an und viele Vogelpopulationen gingen zurück. Trotzdem hatten die USA das Kyoto-Protokoll abgelehnt. Wir sahen uns durch die Brille der ersten Sequenz des Humangenoms, versuchten aber auch Chemikalien die erwiesenermaßen für Menschen und Ökosysteme schädlich sind, durch internationale Konventionen und Abkommen wie das Baseler Übereinkommen über den Umgang mit Giftmüll in Entwicklungsländer sowie die beiden Meeresschutzabkommen OSPAR und HELCOM zur Reduzierung von Schadstoffeinträgen, -emissionen und -verlusten ins Meer und schließlich das Montrealer Protokoll zur schrittweisen Abschaffung von Stoffen, die

zu einem Abbau der Ozonschicht führen, in den Griff zu bekommen. Die Zerstörung des World Trade Centers hatte gerade erst stattgefunden.

Seitdem haben wir eine Zeit außerordentlicher Selbstüberschätzung erlebt. Die finanziellen Ausschweifungen des ersten Jahrzehnts unseres Jahrhunderts haben dabei zwangsläufig zu den Krisen der Jahre 2007-2009 geführt, als wesentliche Teile des internationalen Finanzsystems durch Verschuldung, fehlbewertete Produkte, eine laxe Währungspolitik und falsch konzipierte Maßnahmen zum Schutz gegen Risiken und Unsicherheiten extrem geschwächt wurden. Statt geringerer wirtschaftlicher Schwankungen erlebte die Welt ein höheres Maß an Volatilität. Politischen Systemen wurden durch Einzelinteressen und das Bestreben der Bürger Vermögenswerte, welche sie in leichteren Zeiten angesammelt hatten, zu schützen, Sand ins Getriebe gestreut. Dazu kam noch eine tiefer liegende Umweltkrise, die sich im Klimawandel und im Verlust biologischer Vielfalt manifestierte.

Es kam zudem zu einem gravierenden Vertrauensverlust nicht nur in die Kreditinstitute, sondern auch in die Großkonzerne, die sich ihrer Belegschaft sowie ihrer Altersrenten- und Gesundheitsvorsorgesysteme entledigten. Untersuchungen aus der Sozialpsychologie haben kürzlich belegt, dass ungeachtet eines höheren Bildungsniveaus und innovativer Produkte und Leistungen die Menschen viel eher Personen vertrauen, die ihnen bekannt sind, als solchen, die ihnen fremd sind. Wie Stephen Green im Jahr 2009 in *Wahre Werte: Über Moral, Geld und die Zukunft* anmerkte:

„Es hat einen massiven Vertrauensverlust gegeben: das Vertrauen in das Finanzsystem, das Vertrauen in die Wirtschafts- und Unternehmensführungen, das Vertrauen in die Politiker, das Vertrauen in die Medien, das Vertrauen in den gesamten Globalisierungsprozess – dies alles hat einen schweren Schaden erlitten, und zwar in den reichen und in den armen Ländern gleichermaßen.“

Auch wissenschaftliche Eliten haben langsam an öffentlicher Unterstützung verloren. Dies liegt zum Teil daran, dass in einer wachsenden Anzahl von Beispielen eine falsche Sicherheit über das Nichtvorhandensein

von Gefahren verbreitet wurde, wodurch - trotz vorhandener Beweise, die das Gegenteil besagten - vorbeugende Maßnahmen zur Verringerung der Risiken verzögert wurden.

Plötzlich haben sich unsere Probleme zu etwas entwickelt, was Charles W. Churchman im Jahr 1967 als *wicked problems* bezeichnet hat, also „heimtückische“ Probleme, die auf Grund unvollständiger, widersprüchlicher oder veränderlicher Anforderungen schwer oder unmöglich zu lösen und zudem schwer zu erkennen sind und die sich auf Grund der Komplexität ihrer Verflechtungen einer Lösung widersetzen und deren Behandlung daher nicht nur eine, sondern mehrere Formen sozialer Macht erfordert. Die Lösung dieser Probleme erfordert eine neue Kombination aus hierarchischer Macht, Solidarität und Individualismus. Was könnte dies zum Beispiel für die hunderttausend Chemikalien bedeuten, die derzeit kommerziell genutzt werden?

Zum einen gibt es heute mehr Konventionen und Abkommen als vor zehn Jahren: das Rotterdamer Übereinkommen über das Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkennzeichnung für 24 Pestizide, vier besonders gefährliche Pestizidformulierungen und 11 Industriechemikalien im internationalen Handel (PIC-Übereinkommen) aus dem Jahr 2004 sowie das Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe aus dem Jahr 2004 zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor Stoffen, die hochgiftig und schwer abbaubar sind und gleichzeitig bioakkumulieren und zudem in der Umwelt über weite Distanzen transportiert werden. Beispiele dafür sind DDT, PCB, verschiedene Industriechemikalien und einige unerwünschte chemische Nebenprodukte wie Dioxin. Allerdings gehen diese beiden Übereinkommen einzig und allein von einem hierarchischen „top-down“-Ansatz der Machtausübung aus.

Zum Zweck einer globalen, ordnungspolitischen Einflussnahme hat Europa gleichzeitig weitere Rechtsvorschriften erlassen wie etwa die EU-Kosmetikrichtlinie, welche die Verwendung von Chemikalien verbietet, deren karzinogene, reproduktionstoxische oder mutagene Wirkung bekannt ist oder wo ein starker Verdacht besteht, dass sie Krebs, Mutationen oder Geburtsschäden verursachen, sowie die EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe, welche den Gebrauch gefährlicher Stoffe bei der Herstellung von elektronischen und elektrischen Geräten verschiedener Art beschränkt (z. B. Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, die flammenhemmende polybrominierte Biphenyle und polybrominierte Diphenylether) und die Substitution durch sichere (oder sicherere) Alternativen in der Elektro- und Elektronikindustrie anstrebt. Eng damit verbunden sind die EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte

aus 2006, welche die Sammlung, das Recycling und die Verwertung von Elektrogeräten regelt und das Strategische Konzept für das internationale Chemikalienmanagement (SAICM) aus dem Jahr 2006 sowie die EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien aus dem Jahr 2007, gemeinhin als REACH bekannt. Da Ziel von REACH ist es, der Industrie eine größere Verantwortung beim Umgang mit den von Chemikalien ausgehenden Gefahren und bei der Bereitstellung von Sicherheitsinformationen über Stoffe zuzuweisen. Die Wirkungen dieser ordnungspolitischen Instrumente werden in den einzelnen Kapiteln beschrieben, richten sich jedoch nicht unbedingt an einzelne Bevölkerungsgruppen oder Einzelpersonen, sondern an die wirtschaftlichen Akteure.

Im Verlauf der letzten zehn Jahre ist eines klar geworden: Bestimmte Chemikalien sind in der Natur überaus stabil und können lang anhaltende und weitreichende Wirkungen haben, bevor sie zu einer unschädlichen Form abgebaut werden. Die Gefahr einer stabilen Verbindung besteht darin, dass sie im Fettgewebe in höheren Konzentrationen als in der Umwelt bioakkumuliert werden kann. Von Raubtieren wie beispielsweise Eisbären, und auch von Fischen und Robben ist bekannt, dass sie bestimmte Chemikalien zu noch höheren Konzentrationen - mit verheerenden Folgen für Mensch und Umwelt - biomagnifizieren. Eine Exposition gegenüber giftigen Chemikalien und bestimmten Lebensmitteln kann somit Schäden verursachen. Dies betrifft besonders gefährdete Gruppen wie Föten im Mutterleib oder Kinder, bei denen sich das endokrine System noch im Aufbau befindet. Selbst bei geringer Dosis können die Folgen einer Exposition in manchen Fällen verheerend sein und von Krebs und schweren Beeinträchtigungen der menschlichen Entwicklung bis zu chronischen Erkrankungen und Lernbehinderungen reichen. Hier könnte die Handlungsvollmacht besser bei sachkundigen Personen und Bevölkerungsgruppen aufgehoben sein.

Das Verhältnis von Wissen und Macht bildet den Kern dieses zweiten Bandes. In vielen Kapiteln werden die impliziten Verknüpfungen zwischen den Quellen wissenschaftlicher Erkenntnisse, sei es zu Schadstoffen, Veränderungen in der Umwelt und neuen Technologien sowie zu starken Einzelinteressen sowohl ökonomischer als auch paradigmatischer Natur, dargestellt. Eine Reihe von Autoren widmet sich eingehend der Kurzsichtigkeit der Regelungstheorie und ihrer Rolle bei der Erkennung, Bewertung und Beherrschung natürlicher Ressourcen sowie physikalischer und chemischer Gefahrenquellen. Es bleibt zu hoffen, dass dieser Berichtband, der ein besseres Verständnis für diese normalerweise unsichtbaren Aspekte schaffen soll, Bevölkerungsgruppen und auch Einzelpersonen in die Lage versetzen wird, als Interessensvertreter und Teilnehmer im Rahmen der Gestaltung von

Innovationen und wirtschaftlichen Aktivitäten effektiver im Hinblick auf die damit verbundenen Gefahren für den Menschen und unseren Planeten auftreten zu können.

Vieles von dem, was wir jetzt aus der Geschichte früherer Fehlentscheidungen im Bereich Umwelt und öffentliche Gesundheit lernen können, lässt sich auch direkt auf eine bessere Regulierung und Steuerung globaler Institutionen sowie finanzieller und wirtschaftlicher Risiken anwenden. Robin G. Collingwood argumentierte in seiner Autobiographie (*Autobiography*, 1939):

„Geschichte kann etwas ganz anderes bieten als [wissenschaftliche] Regeln, nämlich Einsicht. Die wahre Funktion der Einsicht besteht darin, die Menschen über die Gegenwart zu informieren ... wir studieren Geschichte, um klarer auf die Situation blicken zu können, in der wir zum Handeln aufgefordert sind ... die Ebene, auf der letztlich alle Probleme entstehen, ist die Ebene des ‚wirklichen‘ Lebens: und jene, auf die wir für deren Lösung verwiesen werden, ist jene der Geschichte.“

In diesem Band gehen wir noch weiter. Auch wenn wir immer noch die Lehren aus weithin bekannten Katastrophen ziehen - wie etwa durch verbleites Benzin,

die Quecksilbervergiftung in der Minamata-Bucht in Japan und ältere Pestizide, die bei vielen Männern, die sie verwendet haben, zur Unfruchtbarkeit geführt haben, sind wir bereits in die Ungewissheit möglicher, aber bestrittener Gefährdungen vorgedrungen - von genetisch veränderten Produkten über Nanotechnologien und Chemikalien wie z. B. Bisphenol A bis zu neuen Pestiziden und Mobiltelefonen. Desweiteren werden ungefähr 80 ‚falsch-positive‘ Beispiele untersucht, bei denen es Anzeichen einer Gefährdung gegeben hat, später aber behauptet wurde, dass eigentlich keine Gefahr bestünde, die es zu vermeiden gelte. Auch diese Fälle können Informationen liefern, die zu einer Verbesserung künftiger Entscheidungen über Innovationen und aufkommende Technologien beitragen können.

Wesentlich für einen effektiven Entscheidungsprozess ist die Art, wie die Probleme dargestellt werden. Im Fall des Klimawandels besteht die vorrangige Frage darin, ob es überhaupt lohnt, sich darüber Sorgen zu machen. US-Vizepräsident Al Gore befand während seiner Amtszeit, dass es sich bei dieser Frage um eine persönliche Entscheidung handle, ob man sich zu den Befürwortern oder den Zweiflern zähle. Zu Problemen

kam es erst, als die Öffentlichkeit dazu aufgefordert wurde, eine wissenschaftliche Entscheidung zu treffen, und sich herausstellte, dass zu wenige Menschen über entsprechende Qualifikationen verfügten, um ein begründetes Urteil abzugeben. Sie wurden eigentlich dazu aufgefordert, eine falsche Entscheidung zu treffen. Stattdessen hätte sich die Frage darauf beziehen sollen, in welchen Bereichen die Öffentlichkeit und die Regierungen Entscheidungen treffen und welche Bereiche an Experten delegiert werden sollten.

Letztlich gibt es in Disziplinen wie der Ökologie und Biologie, der Ökonomie, Psychologie, Soziologie sowie in der Politik nur wenige sichere und bleibende Wahrheiten, mit denen wir versuchen können diese Bereiche zu steuern oder zu lenken. Eine Wahrheit jedoch entstammt dem Werk von Elinor Ostrom, einer verstorbenen und von vielen schmerzhaft vermissten Kollegin. Sie hat in ihrer Arbeit zum Umgang mit der Fischerei und den Ökosystemen gezeigt, dass komplexe Probleme gelöst werden können, wenn die Kommunikation transparent und offen ist, wenn Visionen gemeinsam getragen werden, ein hohes Maß an Vertrauen herrscht und Bevölkerungsgruppen sowohl mit Hilfe eines *bottom-up*- als auch eines *top-down*-Ansatzes zu einer aktiven Mitwirkung motiviert werden.

Um uns in jenem Zeitalter, das nach dem Einfluss benannt ist, den wir Menschen auf unseren Planeten haben, nämlich dem Anthropozän, zurechtzufinden, müssen wir uns bemühen, immer mehr Menschen in die Lösung der *wicked problems* unserer Zeit einbeziehen. Ob durch die Erhebung lokaler Daten oder das Erkennen der Unsicherheiten und der fehlenden Möglichkeit der Vorhersagbarkeit in unserer Umgebung - die Machtstrukturen des Wissens werden sich ändern müssen. Und wenn wir verantwortungsbewusster auf die frühen Warnzeichen von Änderungen reagieren wollen, so müssen wir unseren Führungsstil so umgestalten, dass die Zukunft auf lokaler Ebene spezifisch gestaltet und nicht nur vom globalen Trend und Durchschnitt bestimmt wird. Wir hoffen, dass der zweite Band des Berichts *Späte Lehren aus frühen Warnungen* mit seinen zahlreichen Lehren und Einsichten uns allen eine Hilfestellung bieten kann, damit wir uns einer solchen Herausforderung stellen können.

Professor Jacqueline McGlade,
Exekutivdirektorin

1 Einleitung

Warum noch mehr *späte Lehren aus frühen Warnungen*?

Der Bericht *Späte Lehren aus frühen Warnungen* 2013 ist der zweite Bericht dieser Art, der von der Europäischen Umweltagentur (EUA) in Zusammenarbeit mit zahlreichen externen Autoren und Fachgutachtern erstellt wurde.

Der 2001 veröffentlichte erste Band des Berichts *Späte Lehren aus frühen Warnungen: das Vorsorgeprinzip 1896 – 2000* befasste sich mit der Geschichte ausgewählter Gefährdungen im Beruf sowie im Bereich der öffentlichen Gesundheit und der Umwelt und warf die Frage auf, ob es uns nicht hätte besser gelingen können, Maßnahmen zur Verhinderung von Gefahren rechtzeitig genug zu ergreifen. Aus Fällen, in denen öffentliche Politik vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Unsicherheiten und auf Grund von „Überraschungen“ formuliert wurde – wobei klare Beweise für eine Gefährdung von Mensch und Umwelt oft ignoriert wurden (siehe Kasten auf Seite 14) – wurden zwölf Lehren für eine bessere Entscheidungsfindung gezogen.

Die 14 Fallstudien und die 12 wichtigsten Lehren des Berichts aus dem Jahr 2001 sind bis heute in höchstem Maße relevant und untermauern die vier wichtigsten Beweggründe für das Zustandekommen des zweiten Berichts. Zunächst geht es um eine Ausweitung des *Späte-Lehren-Ansatzes*, sodass lang bekannte, wichtige zusätzliche Probleme von besonderer gesellschaftlicher Tragweite - wie beispielsweise Blei im Benzin, Quecksilber, Tabakrauch in der Umgebungsluft und DDT - berücksichtigt werden können - ebenso wie Probleme, aus denen erst in jüngerer Zeit Lehren hervorgegangen sind. Ein Beispiel dafür sind die Auswirkungen der Antibabypille auf die Verweiblichung von Fischen und die Auswirkungen von Insektiziden auf Honigbienen.

Zweitens galt es, eine Lücke zu schließen, die der Bericht 2001 aufgeworfen hatte - und zwar durch eine genaue Prüfung der sogenannten „falsch-positiven“ Ergebnisse, wo der Staat Vorsichtsmaßnahmen ergreift, die sich

später als unnötig erwiesen. Bei den meisten der in den *Späten Lehren aus frühen Warnungen* untersuchten Fälle handelt es sich allerdings um „falsch-negative“ Beispiele, bei denen Frühwarnungen existierten, aber keine Vorsorgemaßnahmen getroffen wurden.

Drittens sollen die sich rasch entwickelnden neuen gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen aufgegriffen werden - wie etwa die von Mobiltelefonen ausgehende Strahlung, genetisch veränderte Produkte, Nanotechnologien und invasive gebietsfremde Arten sowie die Frage ob, wie und wo Vorsorgemaßnahmen eine Rolle spielen können.

Schließlich geht es noch um die Frage, wie Vorsorgeansätze dazu beitragen können, die vielfachen, sich rasch wandelnden systemischen Herausforderungen, mit denen die Welt heute konfrontiert ist, in den Griff zu bekommen. Welche neuen Einsichten können in diesem Zusammenhang gewonnen werden und wie können diese Einsichten Möglichkeiten für nachhaltige Innovationen eröffnen sowie eine stärkere öffentliche Teilnahme an der Auswahl solcher Möglichkeiten mit Hilfe der Informationstechnologie unterstützen.

Allgemeines Vorgehen

Wie bereits der erste Band umfasst auch der zweite Band dieses Berichts eine Reihe relevanter Fallstudien externer Autoren sowie Kapitel, die von Mitgliedern des Redaktionsteams verfasst wurden (siehe Abschnitt „Danksagungen“ für weitere Details). Die einschlägigen Themen für die Fallstudien wurden auf Anraten des Redakteurs gemeinsam vom Redaktionsteam und von einem beratenden Gremium, Mitgliedern des Wissenschaftlichen Ausschusses der EUA und des Collegium Ramazzini ⁽¹⁾ ausgewählt.

Die Kapitel in Band 2 sind in fünf Teile gegliedert:
A. Lehren aus Gesundheitsgefährdungen;
B. Neue Lehren aus Ökosystemen;

⁽¹⁾ Das Collegium Ramazzini ist eine unabhängige internationale Akademie, die 1982 von Irving J. Selikoff, Cesare Maltoni und anderen bedeutenden Wissenschaftlern gegründet wurde. Das Leitbild dieser Einrichtung besteht darin, das Studium berufs- und umweltbedingter Gesundheitsprobleme zu fördern und eine Brücke zu schlagen zwischen der Welt der wissenschaftlicher Entdeckungen und den sozialen und politischen Stellen, die zum Schutz der öffentlichen Gesundheit auf die Entdeckungen der Wissenschaft reagieren müssen.

- C. Neu aufgetretene Probleme;
- D. Kosten, Gerechtigkeit und Innovation; und
- E. Auswirkungen auf Wissenschaft und Regierung.

Die Kapitel wurden von Autoren verfasst, die alle ein starkes Engagement unterschiedlichen Ausmaßes für den jeweils behandelten Themenbereich vorweisen konnten. Man wäre auch nicht an sie herangetreten, wenn sie den zu beschreibenden Fall nicht bereits im Vorfeld umfassend recherchiert hätten. Als anerkannte Sachverständige auf ihrem jeweiligen Gebiet und im Einklang mit ihrer wissenschaftlichen Berufsbildung erwartete man sich von ihnen, dass sie die von der EUA gestellten Fragen so objektiv wie möglich beantworten. Um dies zu unterstützen und die Einheit der Kapitel zu wahren, wurden den Autoren Gliederungsfragen gestellt, denen sie bei der Gestaltung ihres Kapitels folgen sollten.

Die Fallstudien wurden einer genauen Begutachtung durch anerkannte Sachverständige auf den jeweiligen Gebieten unterzogen. Diese Sachverständigen stellten ihre Zeit frei zur Verfügung und gaben ihr Feedback anhand redaktioneller Richtlinien, die von EUA zur Verfügung gestellt wurden.

Geltungsbereich

Der vorliegende Bericht wurde dahingehend gegliedert, konzipiert, und erstellt, um unter anderem Politikern, Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit eine Hilfestellung in folgenden Punkten zu bieten:

- i ein besseres Verständnis für die Art und Weise zu vermitteln, wie **wissenschaftliche Erkenntnisse** bei der rechtzeitigen und vorsorglichen Entscheidungsfindung über Möglichkeiten der Reduzierung von Gefahren bei gleichzeitiger Förderung von positiven Innovationen und der Schaffung von nützlichen Arbeitsplätzen finanziert, gewonnen, beurteilt, ignoriert sowie verwendet bzw. missbräuchlich verwendet werden;
- ii Lehren aus einigen **sehr teuren ‚Fehlern‘ der Vergangenheit zu ziehen**, um der Gesellschaft dabei zu helfen, jetzt und in Zukunft weniger Fehler zu machen. Das gilt besonders für die relativ neuen - größtenteils unbekannt - , aber bereits weit verbreiteten Technologien wie Nanotechnologie und Mobiltelefone;
- iii ein klares Bewusstsein in Bezug auf weniger sichtbare, nicht minder wichtige Faktoren zu schaffen - wie etwa die verzerrte Art und Weise, wie die **Kosten von Handlungen und Unterlassungen** im Bereich gefährlicher Technologien geschätzt wurden und die

Rolle, die **manche Unternehmen** beim Nichtbeachten von Frühwarnzeichen und beim Konstruieren von Zweifeln an wissenschaftlichen Erkenntnissen, die solche Warnzeichen belegt hatten, gespielt haben;

- iv Möglichkeiten aufzeigen, wie Gesetze oder administrative Vorkehrungen besser eingesetzt werden könnten, um **jenen Menschen (und Ökosystemen) Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, die** durch schlecht konstruierte oder umgesetzte Innovationen **geschädigt wurden oder Schaden erleiden könnten**;
- v erkunden, wie **die Öffentlichkeit am besten in strategische Entscheidungen über Innovationen** sowie die damit verbundenen technologischen und sozialen Entwicklungen einbezogen werden kann; sowie die Einbeziehung der Öffentlichkeit in **das Ökosystem-Management** und langfristiges Monitoring im Rahmen von *Citizen Science*-Projekten.

Teil A des Berichts beginnt mit einer Analyse der „falsch-positiven“ Ergebnisse und zeigt auf, dass diese im Vergleich zu den falschen Negativergebnissen eher selten sind sowie das sorgfältig konzipierte vorbeugende Maßnahmen Innovationen anregen können - auch dann, wenn sich eine Gefahr als nicht vorhanden oder als nicht so ernst wie zunächst befürchtet herausstellt. Die übrigen neun Kapitel behandeln falsche Negativergebnisse – Blei im Benzin, Wasserverunreinigung mit Perchloroethylen, die Minamata-Krankheit, die Berufserkrankung Berylliose, Tabakrauch in der Umgebungsluft, Vinylchlorid, Dibromchlorpropan (DBCP), Bisphenol A und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), aus denen man drei Dinge ablesen kann: Es gab durchaus ausreichende Beweise, die für ein viel früheres Handeln gesprochen hätten; träges und mitunter auch obstruktives Verhalten von Unternehmen, deren Produkte eine Gefährdung für die Belegschaft, die Öffentlichkeit und die Umwelt darstellten. Und schließlich: welcher Wert einer unabhängigen wissenschaftlichen Forschung und Risikobewertung zukommt.

Teil B konzentriert sich in breiterem Umfang auf neu gewonnene Lehren aus der Zerstörung natürlicher Systeme und deren Konsequenzen für die Gesellschaft – Booster-Biozide, die Antibabypille und die Verweiblichung von Fischen, der Klimawandel, Überschwemmungen, Insektizide und Honigbienen sowie die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen im weiteren Sinn. Wie bereits der vorangegangene Teil widmet sich Teil B der Frage des wissenschaftlichen Nachweises als Grundlage für Handeln bzw. Untätigkeit sowie der Vielzahl der dabei wirkenden, oft komplexen Faktoren und Rückkopplungsschleifen, von denen viele noch nicht vollständig geklärt sind. Auch die Schnittstellen zwischen

Wissenschaft, Politik und Gesellschaft und die Frage, wie sich alle Akteure vor dem Hintergrund erhöhter systemimmanenter Risiken und weitgehend unbekannter Faktoren gemeinsam auf notwendige Maßnahmen einigen können, werden betrachtet.

Teil C analysiert einige neu auf den Markt gekommene und verbreitete Produkte sowie Technologien und Trends, mit denen ein großer Nutzen erzielt werden kann, die aber möglicherweise den Menschen und Ökosystemen - und damit auch der wirtschaftlichen Entwicklung - beträchtlichen Schaden zufügen könnten. Zu den Fällen, auf die hier eingegangen wird, zählen die nuklearen Unfälle von Tschernobyl und Fukushima; die genetisch veränderten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und die Agrarökologie; die wachsende Bedrohung durch invasive gebietsfremde Arten; die Mobiltelefone und die Gefahr von Hirntumoren sowie die Nanotechnologien. Oft stehen uns nur wenige wissenschaftliche Grundlagen und direkte Einsichten zur Verfügung, die uns im Umgang mit diesen neu entstehenden Technologien unterstützen können. Dennoch sollten die Lehren, die wir aus den historischen Fallstudien gewonnen haben, berücksichtigt werden, wenn Gefahren vermieden werden sollen.

Aus den Kapiteln in Teil C geht hervor, dass sich die Gesellschaften die kostspieligen Lehren aus ihrer jeweiligen Vergangenheit im Großen und Ganzen nicht optimal zunutze machen. Eine wesentliche Frage ist daher, wie hier eine Verbesserung erreicht werden kann - angesichts der vielen Gründe für ein verspätetes Handeln, welche die Fallstudien aufzeigen, z. B die neue und anspruchsvolle Art der Probleme selbst; schlecht oder uneinheitlich bewertete Informationen; starker Widerstand der Unternehmen und der wissenschaftlichen Einrichtungen zum entscheidenden Zeitpunkt; und die Tendenz von Institutionen, Kultur und Praxis, bei der Entscheidungsfindung im Status quo und einer kurzfristigen Sichtweise zu verharren. Dieser Abschnitt verdeutlicht auch, wie wichtig es ist, an Innovationen mit einer Vorgehensweise heranzugehen, die sowohl einen *bottom-up* als auch einen *top-down*-Ansatz beinhaltet, um abzusichern, dass die Richtungen der technologischen Entwicklung, die gerechte Verteilung der Vorteile, die Kosten und Eigentumsrechte an Kenntnissen, die Vielfalt technologischer Möglichkeiten (unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten), von Bedeutung für die Nahrungsmittel-, Energie- und Ökosystemkrise sind.

Zwölf späte Lehren

Auf der Grundlage der Fallstudien in Band 1 von Späte Lehren aus frühen Warnungen (EUA, 2001) wurden zwölf Hauptlehren für bessere Entscheidungsprozesse gezogen:

- | | |
|----|---|
| 1 | Unkenntnis, Unsicherheit sowie Risiken bei der Beurteilung von Technologien und in der öffentlichen Politik erkennen und ihnen entgegentreten |
| 2 | Eine angemessene langfristige Überwachung der Umwelt und Gesundheit und Erforschung von frühen Warnsignalen gewährleisten |
| 3 | Schwachpunkte und Lücken in der Wissenschaft erkennen und an deren Abbau arbeiten |
| 4 | Interdisziplinäre Hindernisse in der Bildung erkennen und beseitigen |
| 5 | Sicherstellen, dass die realen Bedingungen bei der Beurteilung durch Regulierungsbehörden angemessen berücksichtigt werden |
| 6 | Angeführte Rechtfertigungen und Vorteile systematisch überprüfen und gegen potentielle Risiken abwägen |
| 7 | Eine Anzahl alternativer Möglichkeiten zur Befriedigung von Bedürfnissen neben der zu beurteilenden Option bewerten und stabilere, vielfältigere und anpassungsfähigere Technologien fördern, so dass die Kosten unangenehmer Überraschungen minimiert und die Vorteile von Innovationen maximiert werden |
| 8 | Sicherstellen, dass bei der Beurteilung das Wissen von „Laien“ sowie lokal verfügbares Wissen neben dem Fachwissen von Sachverständigen herangezogen wird |
| 9 | Die Werte und Ansichten unterschiedlicher sozialer Gruppen vollständig berücksichtigen |
| 10 | Die Unabhängigkeit von Regulierungsbehörden gegenüber Interessengruppen bewahren und gleichzeitig ein umfassendes Konzept zur Sammlung von Informationen und Meinungen verfolgen |
| 11 | Institutionelle Hindernisse für Bildung und Handlungsmöglichkeiten erkennen und beseitigen |
| 12 | Vermeiden, dass eine „Paralyse durch Analyse“ entsteht, und stattdessen so handeln, dass potentielle Risiken gesenkt werden, wenn ein begründeter Anlass zur Besorgnis besteht |

Quelle: EEA, 2001, *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1986–2000*, Environmental issues report No 22, European Environment Agency.

Die historischen Kapitel veranschaulichen zahlreiche Schäden, die zum größten Teil von verantwortungslosen Unternehmen verursacht wurden. Diese Tatsache wird gemeinsam mit den Mängeln der Entscheidungsprozesse von Regierungen zum Zeitpunkt des Handelns in den drei Kapiteln von Teil D des Berichts analysiert. Jedes Kapitel analysiert die Gründe für die herrschende Praxis und bietet Lösungsvorschläge. Zum Beispiel wie Kostenrechnungen verbessert werden können; wie Versicherungssystemen zur Entschädigung von künftigen Opfern genutzt werden können und warum Unternehmen häufig frühe Warnzeichen ignorieren.

Die in den Teilen A – D enthaltenen Fälle, bilden die Grundlage für die Betrachtung der Schlussfolgerungen für die Führungsstrukturen in Wissenschaft, öffentlicher Politik und öffentlichem Engagement. Weiterhin werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie die derzeitige Praxis verbessert werden kann, um aus Innovationen

den maximalen Nutzen für die Gesellschaft bei gleichzeitiger Minimierung der Schäden zu ziehen. Zu den Haupteckdaten gehört, dass die Wissenschaft stärker in Vorsorgeentscheidungen einbezogen werden sollte, dass eine umfassendere Anwendung des Vorsorgeprinzips Schäden abwenden und Innovationen stimulieren kann. Darüber hinaus sind die späten Lehren und Vorsorgeansätze von nachhaltiger Bedeutung für die zahlreichen und miteinander verknüpften Krisen von heute – wie sie aus den Finanz- und Wirtschaftssystem, der Nutzung von Ökosystemen, dem Klimawandel und der Nutzung von sowie der Versorgung mit Energie und Nahrungsmitteln erwachsen.

Letztendlich veranschaulichen viele der Studien zurückliegender und gegenwärtiger Fälle, den Wert der Einbeziehung der Öffentlichkeit für die Verbreiterung der Wissensbasis und die Anregung von widerstandsfähigen Innovationen.

2 Das Vorsorgeprinzip und Fehlalarme – gezogene Lehren

Steffen Foss Hansen und Joel A. Tickner

Die meisten in den Berichten *Späte Lehren aus frühen Warnungen* untersuchten Fälle waren „falsch-negative“ Beispiele – Beispiele, bei denen Frühwarnungen existierten, aber keine Vorsorgemaßnahmen getroffen wurden. In den Debatten um das Vorsorgeprinzip wird häufig behauptet, dass eine weit verbreitete Anwendung zu einer Reihe von falsch-positiven Beispielen führen wird – zu einer Überregulierung geringfügiger und zur Regulierung nicht vorhandener Gefahren, oftmals aufgrund von unbegründeten „Ängsten“ der Öffentlichkeit. Falsch-positive, sowie auch falsch-negative, Ereignisse der Vergangenheit zu verstehen und aus ihnen zu lernen ist wesentlich für eine bessere Entscheidungsfindung in den Bereichen öffentliche Gesundheit und Umwelt.

In diesem Kapitel werden „falsch-positive“ Vorfälle betrachtet, bei denen vorsorglich eine staatliche Regulierung erfolgt ist, die sich später als unnötig erwies. Insgesamt wurden 88 Fälle als mutmaßlich falsch-positive Beispiele identifiziert, jedoch erwiesen sich viele nach einer genauen Analyse entweder als reale Gefahren, als Fälle, wo ein Urteil noch aussteht, als Warnzeichen ohne bestehende Regelung oder als Kompromisse aus der Abwägung verschiedener Gefahren statt als tatsächlich falsch-positive Beispiele.

Die Analyse ergab vier falsch-positive Beispiele von Behördenregulation: die Schweinegrippe in den USA, Saccharin, Lebensmittelbestrahlung und Blattbrand beim Mais (SLCB). Aus jedem dieser Fälle lassen sich zahlreiche wichtige Lehren ziehen, wenngleich es ein paar Parallelen zwischen ihnen dahingehend gibt, wann und warum die jeweilige Gefahr fälschlicherweise für echt gehalten wurde. Dies ist eine Lehre für sich: Jede Gefahr ist so einzigartig wie die darauf bezogene Forschung und Politik, weswegen ein flexibles Herangehen erforderlich ist, das auf den Charakter des Problems zugeschnitten ist. Die Kosten der falsch-positiven Beispiele waren hauptsächlich wirtschaftlicher Art, allerdings führten die Maßnahmen gegen die Schweinegrippe im Jahr 1976 zu

einigen unbeabsichtigten Todesfällen und menschlichem Leid und Mittel wurden von anderen potentiell ernstesten Gesundheitsgefährdungen abgezogen. Die Ermittlung der Nettokosten für falsches regulatorisches Handeln erfordert jedoch eine vollständige Beurteilung der Auswirkungen der jeweiligen Anordnung, darunter auch von Kosten und Nutzen des Einsatzes alternativer Technologien und Ansätze.

Alles in allem zeigt die Analyse, dass die Furcht vor falsch-positiven Beispielen unangebracht ist und nicht als Begründung für die Unterlassung berechtigter Vorsorgemaßnahmen dienen sollte. Falsch-positive Beispiele kommen im Vergleich zu falschen-negativen Ergebnissen nur vereinzelt vor und sorgfältig konzipierte Vorsorgemaßnahmen können Innovationen fördern, selbst wenn sich die Gefahr als nicht vorhanden oder nicht so ernst wie zunächst befürchtet herausstellt. Es besteht Bedarf an neuen Ansätzen zur Charakterisierung und Verhinderung von komplexen Gefahren, die die Debatte von der „Problemseite“ auf die „Lösungsseite“ verlagern. Die aus diesem Kapitel gezogenen Lehren werden in der Zukunft effektivere, vorbeugende Entscheidungen ermöglichen.

Die Seltenheit echter falsch-positiver Beispiele im Vergleich zu der großen Anzahl an „irrtümlichen falsch-positiven“ Beispielen könnte zum Teil die Folge einer bewussten Strategie in der Risikokommunikation sein. Mehrere Hinweise und an die Öffentlichkeit gelangte Dokumente zeigen, dass manche der behördlichen Auflagen unterliegenden Beteiligten bewusst renommierte Wissenschaftler, Medienexperten und Politiker rekrutiert haben, an die sie appellieren können, wenn ihre Produkte mit einer möglichen Gefährdung in Verbindung gebracht werden. Das Säen von Zweifeln, das Missachten wissenschaftlicher Nachweise von Risiken und die Beanstandung einer übermäßigen Regulierung scheinen für manche Industriekonzerne und Think Tanks eine bewusste Strategie zur Untergrabung von vorsorglichen Entscheidungen darzustellen.

3 Blei im Benzin „zwingt den Verstand in die Knie“

Herbert Needleman und David Gee

Dieses Kapitel behandelt den weit verbreiteten Einsatz von Blei im Benzin. Es konzentriert sich auf den Zeitraum von 1925 – 2005, als verbleites Benzin zunächst weitreichend in den USA vertrieben wurde und sich dann im Rest der Welt durchsetzte, bis es ab den 1970er Jahren nach und nach abgeschafft wurde. In Europa leitete das Aarhus-Protokoll (www.unece.org/env/pp/treatytext.html) die Auslaufphase von verbleitem Benzin im Zeitraum von 1998 – 2005 ein.

Die neurotoxischen Wirkungen von Blei wurden bereits im alten Rom erkannt. Und 1925 warnten viele Experten bei dem so genannten „eintägigen Prozess“ gegen verbleites Benzin in den USA vor den wahrscheinlichen gesundheitlichen Auswirkungen durch den Bleizusatz im Benzin. Doch trotz der Verfügbarkeit des gleichermaßen wirksamen Alkoholzusatzes, den Experten als sauberer einschätzten, wurde in den USA der „bleihaltige“ Weg zur Kraftstoffeffizienz gewählt und dann in den Rest der Welt exportiert.

Nach Einführung des verbleiten Benzins wurde über mehrere Jahrzehnte praktisch keine unabhängige Forschung durchgeführt und die Kraftstoffbranche selbst und von ihr finanzierte Forscher waren die Hauptinformationsquelle. Erst in den 1960er und 1970er Jahren wiesen unabhängige Wissenschaftler zum Beispiel

nach, dass die aus menschlicher Tätigkeit hervorgehende Belastung des Körpers mit Blei nicht „normal“ war, wie es die Industrie behauptete, sondern hundertmal höher als vor der industriellen Revolution und daher wahrscheinlich schädlich war.

Zu seiner Spitzenzeit in den 1970er Jahren setzte verbleites Benzin jährlich etwa 200.000 Tonnen Blei in die Atmosphäre frei – sowohl in den USA als auch in Europa. Nach der darauf folgenden Auslaufphase sanken die Bleiwerte im Blut von Kindern (der empfindlichsten Gruppe) rasch – im Einklang mit dem Rückgang der Konzentrationen in der Luft. Die Lehren daraus sind bis heute von weltweiter Bedeutung. Obwohl nahezu alle Länder der Welt verbleites Benzin bis zum Jahr 2012 vom Markt genommen hatten, bleiben die Bleikonzentrationen in Böden und Sedimenten weiterhin hoch. Inzwischen verursachen Elektronikabfälle und andere Schadstoffe ebenfalls erhöhte Bleiwerte im Blut.

Ergänzende Textboxen konzentrieren sich auf die Ereignisse, die 1925 in den USA dazu geführt haben, dass verbleites Benzin als primäre Kraftstoffquelle gewählt wurde und enthalten jüngere Berichte zur EU-Politik in Bezug auf Blei im Benzin und den Weg zum Ausstieg in Deutschland und im Vereinigten Königreich.

4 Zu viel zu schlucken: PCE-Kontamination des Leitungswassers

David Ozonoff

PCE (Perchlorethylen, auch als Perchlor oder Tetrachlorethylen bezeichnet) wurde zur Herstellung der Kunststoffauskleidung für Trinkwasserleitungen in den späten 1960er und in den 1970er Jahren eingesetzt. Diese neue und bis dahin relativ ungeprüfte Art von Leitungsrohr wurde auf über 700 Meilen des Wasserversorgungsnetzes von Neuengland eingesetzt. Erst 1976 wurde entdeckt, dass PCE von der Rohrauskleidung ins Wasser ausgewaschen wurde, was zu einer weit verbreiteten Kontamination der Wasserversorgung führte, deren Beseitigung bis heute andauert.

Bevor die Leitungsrohre produziert wurden, waren bereits umfangreiche wissenschaftliche Informationen über die potentiellen Gefahren von PCE erhältlich. Auch wenn diese zwar noch nicht die gegenwärtigen Bedenken hinsichtlich der Karzinogenität, Teratogenität und sonstiger gesundheitlicher Folgen bei bereits relativ geringer Exposition enthielten, mahnten viele Frühwarnungen dennoch zur Vorsicht bei der Einführung von Hauptrohrauskleidungen auf PCE-Basis.

PCE wurde zur Behandlung von Hakenwürmern eingesetzt und Daten über Nebenwirkungen waren in der Literatur vorhanden. Später wurde eine Reihe von verschiedenen beruflichen Anwendern untersucht, darunter Flugzeugbauer, Kleinunternehmen in Ländern, in denen eine biologische Überwachung erforderlich war, und chemische Reinigungsbetriebe. Es wurden auch mehrere Umweltstudien durchgeführt, um zu ermitteln, ob Trinkwasser, das mit PCE oder mit der eng verwandten Substanz TCE (Trichlorethylen) kontaminiert ist, mit Krebs in Verbindung zu bringen ist. Die Ergebnisse

fielen unterschiedlich aus, wobei die chemische Industrie durchgängig bestritt, dass PCE ein Humankarzinogen ist.

Die vorliegende Fallstudie untersucht die frühe Geschichte der Erforschung der Toxizität dieser Chemikalie (vor 1970). Sie betrachtet insbesondere einen Hersteller, die Johns-Manville Corporation, der die Warnzeichen im Umgang mit einem vermutlich giftigen Stoff nicht erkannt hat. Sie untersucht warum ein neues Produkt vertrieben wurde, ohne an die Folgen für die öffentliche Gesundheit zu denken, und warum Beweise für eine potentielle Gefahr ignoriert wurden.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse waren nicht verborgen. Aber sie haben nicht zur Steuerung und Auslösung von Handlungen geführt. Ob das Problem nun in fehlender Sorgfalt oder Unklarheit darüber, welche Nachweise zu Handlungen führen, liegt, der heutige Streit über die Interpretation von wissenschaftlichen Belegen kann nicht durch die Wissenschaft selbst gelöst werden. Es gibt keine übergreifenden Kriterien aus der Wissenschaftsphilosophie, die eine Lösung vorschreiben können.

Dieses Kapitel enthält auch zwei zusätzliche Texte. In einer Textbox werden die Unterschiede zwischen den Schlussfolgerungen von Risikobewertungen, die auf den gleichen Daten beruhen, analysiert, wobei der Schwerpunkt auf Beurteilungen von PCE und TCE liegt. Eine weitere Textbox beschreibt die Möglichkeiten des Wechsels zu Nassreinigungstechnologien, um den derzeitigen Gebrauch von PCE bei der chemischen Reinigung zu reduzieren.

5 Minamata-Krankheit: Eine Herausforderung für Demokratie und Gerechtigkeit

Takashi Yorifuji, Toshihide Tsuda und Masazumi Harada

Die Minamata-Krankheit, die letale oder schwere geistige und körperliche Behinderungen zur Folge haben kann, wurde durch mit Methylquecksilber kontaminierte Abwässer hervorgerufen. Diese wurden von Chisso, dem größten Chemieunternehmen Japans, in die Minamata-Bucht freigesetzt. Sie führte zu einem weit verbreiteten Leiden bei jenen, die unwissentlich die kontaminierten Fische gegessen haben. Dieses Kapitel dokumentiert die Geschichte in drei Phasen.

Die Krankheit trat erstmals in den 1950er Jahren auf. Sie wurde offiziell im Jahr 1956 erkannt und Fabrikabwässern zugeschrieben, doch die Regierung unternahm nichts, um die Kontamination zu stoppen oder den Konsum von Fisch zu verbieten. Dem Unternehmen Chisso war bekannt, dass es Methylquecksilber abließ, und es könnte gewusst haben, dass dies ein wahrscheinlicher Einflussfaktor war, doch entschied man sich gegen eine Zusammenarbeit und behinderte aktiv Forschungen. Die Regierung stimmte mir diesem Vorgehen überein und wies dem industriellen Wachstum eine höhere Priorität zu als der öffentlichen Gesundheit. 1968 beendete Chisso die Nutzung des Verfahrens, das die Methylquecksilberschmutzung verursachte und die japanische Regierung räumte ein, dass Methylquecksilber der Erreger der Minamata-Krankheit war.

Der zweite Teil der Geschichte handelt von der Entdeckung, dass Methylquecksilber über die Plazenta übertragen wird, was die Entwicklung von Kindern im Mutterleib beeinträchtigt und in deren späterem Leben zu schweren geistigen und körperlichen Problemen führt. Fachleuten war dies zunächst entgangen, weil sich die Mediziner einig waren, dass eine Übertragung über die Plazenta nicht möglich wäre.

Der Schwerpunkt der dritten Phase liegt auf dem Kampf um Entschädigung. Chisso leistete zunächst nach stark eingeschränkten Kriterien eine symbolische „Mitgeföhlszahlung“. 1971 beschloss die japanische

Regierung ein großzügigeres Herangehen, doch nachdem Entschädigungsansprüche und Kosten in die Höhe schossen, wurde 1977 eine engere Definition eingeführt, die durch kontroverse „Gutachten“ gerechtfertigt wurde. Nach juristischen Erfolgen der Opfer wurde die Position der Regierung unhaltbar, so dass 1995 – 1996 eine politische Lösung erzielt wurde. Im Jahr 2003 wurden die „Gutachten“ für fehlerhaft befunden und das Oberste Gericht erklärte die Definition im Jahr 2004 für ungültig.

Im September 2011 gab es 2.273 offiziell anerkannte Patienten. Aber da noch immer nicht untersucht wurde, welche Gebiete und Gemeinden betroffen waren, ist der geographische und zeitliche Geltungsbereich der finanziellen Abgeltung noch immer nicht ordnungsgemäß bestimmt. Neben tiefgreifenden Problemen hinsichtlich der Transparenz von Entscheidungsprozessen und der Weitergabe von Informationen zeigt dies auf, dass Japan noch immer ein grundlegendes Demokratiedefizit beim Umgang mit von Menschen verursachten Katastrophen hat.

Auf dieses Kapitel folgen drei kurze Aktualisierungen zu den Wirkungen der Quecksilbervergiftung seit Minamata; zu Versuchen ihrer Eindämmung - darunter das globale Abkommen von 2009 über den Ausschluss von Quecksilber aus der wirtschaftlichen Tätigkeiten - und zu der Notwendigkeit besserer Informationen über Schadstoffexpositionen. Dies soll Entscheidungsträger befähigen, eine bewusste Auswahl treffen zu können, bei der die Vorteile des Fischkonsums den angenommenen unerwünschten Wirkungen einer geringfügigen Methylquecksilberexposition gegenübergestellt werden.

6 Das „PR-Problem“ von Beryllium

David Michaels und Celeste Monforton

Bei zahlreichen Arbeitern in der Kernwaffenproduktion wurde die chronische Berylliumkrankheit (CBD) diagnostiziert, eine progressive und irreversible Lungenerkrankung. Dieses Kapitel stellt die Geschichte des Wissensstandes und der öffentlichen Strategie zur Verhinderung von Berylliumerkrankungen dar. Dabei liegt der Hauptschwerpunkt auf der Rolle der Berylliumindustrie in den USA bei der Beeinflussung der Ordnungspolitik in den USA.

Über mehrere Jahrzehnte hinweg wurden überzeugende Beweise dafür gesammelt, dass CBD assoziiert wurde mit Berylliumexpositionen in Konzentrationen, die unter der bestehenden Norm lagen. Die Berylliumindustrie hatte ein starkes finanzielles Interesse an der Anfechtung dieser Daten und beschloss, proaktiv Einfluss auf die Interpretation der wissenschaftlichen Literatur zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Beryllium zu nehmen. Sie beauftragte PR- und Beratungsfirmen für „Produktschutz“, die die Beweise, dass die Norm unzureichend ist, widerlegen sollten. Als die wissenschaftlichen Nachweise so gut wurden, dass nicht mehr abgestritten werden konnte, dass Arbeiter trotz zulässiger Belastungsgrenzen an CBD erkrankt sind, reagierte die Berylliumindustrie mit einer neuen Taktik, die den Beschluss einer neuen, besseren Schutz bietenden Belastungsgrenze hinauszögern sollte.

Die vorliegende Fallstudie unterstreicht, wie wichtig es ist, von Giftstoffen ausgehende Gefährdungen

über den gesamten Lebenszyklus des Produkts zu berücksichtigen. Während die primären Hersteller von Berylliumprodukten in der Lage sein mögen, die Belastung in ihren eigenen Einrichtungen unter Kontrolle zu halten, ist es unwahrscheinlich, dass viele sekundäre Anwender und Recycling-Firmen über die Sachkenntnis, die Mittel und das notwendige Wissen zur Verhinderung der Berylliumkrankheit bei exponierten Arbeitern und den Anwohnern der umliegenden Gemeinden verfügen.

Die Hauptlehren aus diesem Kapitel sind weithin auf viele Kontroversen in der Umwelthygiene anwendbar. Insbesondere veranschaulicht das Kapitel die Praxis des „Fabrizierens von Unsicherheit“ – eine von manchen Umweltverschmutzern und Herstellern von Gefahrstoffen genutzte Strategie zur Verhinderung oder Verzögerung von Bestimmungen oder der Entschädigung von Opfern.

An das Kapitel schließt sich eine Analyse des Grundprinzips für das Verhalten von Unternehmen bei der Regulierung von Beryllium an. Es wird argumentiert, dass gelegentliche und begrenzte Gelegenheiten für einen Kurswechsel für Unternehmen ohne drückende Konsequenzen diese dazu anregen würden, ihre Haltung zu überdenken und die Aktionäre dazu verpflichten würden, einen verantwortungsbewussten Kurs einzuschlagen. Obwohl man meinen könnte, man ließe sie so „davonkommen“, könnte das Endergebnis eine bessere öffentliche Ordnung und ein höheres Verantwortungsbewusstsein der Unternehmen sein.

7 Tabakindustrie manipuliert die Forschung

Lisa A. Bero

Dieses Kapitel unterscheidet sich in zweierlei Hinsicht von den anderen in Band 2 von *Späte Lehren aus frühen Warnungen*. Die Geschichte von „Rauch aus zweiter Hand“, „Passivrauchen“ oder „Tabakrauch in der Umgebungsluft“, dem Nichtraucher ausgesetzt sind, fällt mit der Geschichte des Aktivrauchens zusammen. Zu den Betroffenen gehören die Partner und Kinder von Rauchern sowie Barkeeper und andere Personen, die in verrauchten Umgebungen arbeiten müssen.

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf den Strategien, mit denen die Tabakindustrie die zunehmenden Beweise, dass Passivrauchen - genau wie Aktivrauchen - bei Nichtrauchern zu Lungenkrebs und anderen Wirkungen führt, leugnet, herunterspielt, zu verfälscht und abtut. Es beschäftigt sich nicht mit der Geschichte der wissenschaftlichen Erkenntnisse über Tabak und wie diese zur Verringerung von Lungenkrebs und anderen schädlichen Wirkungen von Tabakrauch genutzt oder nicht genutzt wurden. Dazu gibt es viel Literatur und eine Tabelle am Ende des Kapitels fasst die Hauptdaten der Wissensentwicklung auf diesem Gebiet zusammen.

Das Kapitel konzentriert sich auf die „Argumentation“, mit der die zunehmenden wissenschaftlichen Beweise für Schädigungen akzeptiert oder abgelehnt wurden. Wer hat Forschung zur Widerlegung der Daten über unerwünschte Auswirkungen auf die Gesundheit in Auftrag gegeben und finanziert? Welche Motive gab es dafür?

Welche Art von Wissenschaft und Informationen, welche Instrumente und Annahmen wurden zur Widerlegung der Daten über unerwünschte Gesundheitswirkungen genutzt?

Die Veröffentlichung von Millionen von internen Dokumenten der Tabakindustrie aufgrund von Gerichtsverfahren in den USA hat Einblicke in die internen Abläufe der Tabakindustrie vermittelt und deren zuvor verborgene Beteiligung an der Manipulation der Forschung offen gelegt. Doch solche Einblicke gibt es für die meisten Unternehmensbereiche nicht. Das Kapitel behandelt die Möglichkeiten einer „vollständigen Offenlegung“ der Finanzierungsquellen und besonderen Interessenten an der Forschung und Risikobewertung, um Unabhängigkeit zu gewährleisten und Vorurteile gegenüber bestimmten Sichtweisen zu verhindern.

Während in immer mehr Ländern Rauchverbote eingeführt werden, haben sich andere Branchen von den Strategien der Tabakindustrie inspirieren lassen und versuchen, Zweifel über Gefährdungen aufrechtzuerhalten, damit gefährliche Produkte auf dem Markt bleiben.

Das Kapitel umfasst auch eine Übersicht über die Rolle der Tabakindustrie bei einer ihren Interessen dienenden Gestaltung der Risikobewertung in den USA und Europa.

8 Vinylchlorid: Eine Legende von geheimen Machenschaften

Morando Soffritti, Jennifer Beth Sass, Barry Castleman und David Gee

In diesem Kapitel geht es darum, wie die Frühwarnzeichen in den 1950er und 1960er Jahren in Bezug auf kurzfristige Schädigungen der Haut und Knochen von Arbeitern sowie der Leber von Versuchstieren durch Vinylchlorid (VC) anfänglich vor anderen Arbeitern und Aufsichtsbehörden verborgen wurden. Dies geschah trotz frühzeitiger Bedenken von firmeninternen Experten, deren Rat von ihren Arbeitgebern anfangs ignoriert wurde. Dieses Muster wiederholte sich später, als langfristige Tierstudien und ein aufmerksamer und besorgter Firmenarzt die noch verheerendere Nachricht von einer seltenen Form von Leberkrebs aufzeigten.

Im Unterschied zu vielen anderen Geschichten gab es in diesem Fall eine sehr prompte Reaktion der chemischen Industrie allgemein auf die Veröffentlichung der Beweise für Leberkrebs. Eine Reaktion, die auch die Finanzierung von Krebstests und die spätere Einhaltung einer starken Reduzierung der zulässigen Belastungsgrenzen umfasste. Der Fall erbringt auch frühzeitige Beweise für die Wirkungen von Vinylchloridmonomer (VCM) auf die Fortpflanzung.

Weitere Merkmale dieser Geschichte kündigen die späteren und bekannten Reaktionen der Wirtschaft auf ein geschärftes öffentliches Bewusstsein und den Druck von Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und Gewerkschaften an. Darunter stark übertriebene Schätzungen der voraussichtlichen Kosten bei strikteren Kontaminationskontrollen; eine häufige Nichtübereinstimmung der Position der

Wirtschaftsverbände und der von vielen progressiveren Unternehmen innerhalb des Verbands, aber auch einige relativ schnelle Reaktionen von Unternehmen auf den Druck von Öffentlichkeit, NGOs und Behörden.

Das Kapitel behandelt auch zwei rechtliche Aspekte, die zwar in den USA verbreiteter, aber auch wertvoll für Europäer sind. Das ist zum einen die potentiell positive Rolle, die eine gerichtliche Überprüfung von ordnungspolitischen Vorschlägen für gesellschaftliche Beurteilungen des Verhaltens von Unternehmen spielen kann. Diese können nicht nur moralische Wertungen, sondern auch Urteile über den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis und darüber, was die Gesellschaft damit anfangen soll, umfassen.

Zum zweiten ist dies die Rolle, die die Entdeckung von Dokumenten in rechtlichen Entschädigungsfällen bei der Enthüllung der tatsächlichen und bis dahin geheimen Aktivitäten von Unternehmen spielen kann. Sämtliche Vorschläge zur Förderung der Gerechtigkeit für Opfer von Umwelt- und Gesundheitsschäden - mittels Verwaltungsvereinbarungen ohne Feststellung von Fehlverhalten - müssen von weiteren Maßnahmen zum Erhalt von Informationen über Unternehmensverhalten begleitet sein.

Im Anschluss an das Kapitel gibt es eine Analyse zum Wert von Tierversuchen für die Erkennung von Karzinogenen.

9 Das Pestizid DBCP und Unfruchtbarkeit beim Mann

Eula Bingham und Celeste Monforton

Dibromchlorpropan (DBCP) ist ein Pestizid, das gegen Nematoden (Rundwürmer oder Fadenwürmer) eingesetzt wird, die Ananas, Bananen und andere tropische Früchte schädigen. Es wurde 1955 in der US-Landwirtschaft eingeführt und 1964 für den Einsatz als Begasungsmittel zugelassen. Labor-experimente im Jahre 1961 hatten ergeben, dass es bei Nagern zum Schrumpfen der Hoden und zu einer deutlich reduzierten Quantität und Qualität der Spermien führt. Das Präparat fand dennoch große Verbreitung und wurde zu einem kommerziellen Erfolg.

1977 machten sich die Arbeiter in einer Produktionsstätte Sorgen, dass sie nicht zeugungsfähig seien. Eine von einer US-Regierungsbehörde durchgeführte Notfallstudie stellte fest, dass die Arbeiter in vielen Fällen an mangelhaftem oder fehlendem Sperma litten. Während die Kontrollen in den US-Einrichtungen verbessert wurden, wurde das Produkt weiterhin vertrieben und in Lateinamerika, den Philippinen, einigen afrikanischen Ländern und anderswo versprüht.

Bis in die 1990er Jahre hatten vermutlich Zehntausende von Plantagenarbeitern in diesen Ländern unter Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit durch den DBCP-Einsatz zu leiden.

Die Geschichte setzt sich bis heute fort in Form von strittigen Rechtsansprüchen auf Entschädigung, Kontamination des Trinkwassers und Versuchen der Branche, die Vorführung eines schwedischen Dokumentarfilms zu dem Thema zu verhindern.

Dieses Kapitel fasst die vorhandenen Kenntnisse über die Gefahren sowie ergriffene oder nicht ergriffene Maßnahmen zu deren Abwendung zusammen. Die DBCP-Geschichte ist bedeutsam, weil sie das erste klare Beispiel für Schädigungen der Fortpflanzungsfähigkeit bei Arbeitern ist, die eine synthetische Chemikalie hergestellt und angewendet haben. Sie ist eines von vielen Beispielen, die wachsende Bedenken über häufiger werdende Reproduktions- und Entwicklungskrankheiten und über die endokrine Funktion beeinträchtigende Chemikalien, die bei diesen Erkrankungen eine Rolle zu spielen scheinen, stützen.

Der Schutz von Produktionsarbeitern, Anwendern, Verbrauchern und der Umwelt vor Chemikalien, die die Fortpflanzung schädigen erfordert sowohl eine engere Integration der Wissenschaftsdisziplinen als auch staatliches Handeln. Die Lehren aus DBCP können einen rechtzeitigen Schutz vor Schäden gewährleisten helfen, indem wissenschaftliche Nachweise unter einem Vorsorgeaspekt betrachtet werden.

10 Bisphenol A: Umstrittene wissenschaftliche Erkenntnisse, abweichende Sicherheitsbewertungen

Andreas Gies und Ana M. Soto

Bisphenol A (BPA) ist derzeit eine der meistverkauften Chemikalien der Welt und wird vor allem zur Herstellung von Polycarbonatkunststoffen eingesetzt. Es wird weithin in gebräuchlichen Produkten wie Babyflaschen, Haushaltelektronik, medizinischen Geräten und Beschichtungen auf Lebensmittelbehältern eingesetzt. BPA imitiert das weibliche Hormon Estrogen und kann aus den Materialien, in denen es verwendet wird, freigesetzt werden.

Studien haben darauf hingedeutet, dass selbst eine Exposition gegenüber niedrigen Dosen von BPA die endokrine Funktion störende Wirkungen haben kann. Wie bei anderen Hormonen scheint ein Organismus während der Entwicklung am anfälligsten zu sein, doch werden Wirkungen erst sehr viel später im Lebenszyklus beobachtet. Das bedeutet, dass die Chemikalienbelastung bereits vorüber ist, wenn die Wirkungen erkennbar werden. Das macht es äußerst schwierig, die Exposition mit Wirkungen beim Menschen in Verbindung zu bringen.

In diesem Kapitel sind ein paar der Ergebnisse aus Studien an Nagern und Menschen dargestellt. Es behandelt auch die Herausforderungen der Beurteilung von wissenschaftlichen Ergebnissen auf einem Gebiet, auf dem von der Industrie finanzierte Studien und unabhängige wissenschaftliche Studien stark voneinander abzuweichen scheinen. Die Autoren geben Anregungen für Möglichkeiten, finanzielle Interessen von wissenschaftlichen Forschungen und Tests abzukoppeln.

Eine so weithin verwendete und verbreitete Industriechemikalie wie Bisphenol A ist ein

kontroverses Beispiel für einen endokrinen Disruptor, der Weiterungen für Entscheidungsträger hat. Es werden die unterschiedlichen Ansätze für die Risikobewertung von BPA durch Behörden in den USA und in Europa vorgestellt. Es beleuchtet die Möglichkeiten der unterschiedlichen Beurteilung gleicher Belege in unterschiedlichen Risikobewertungen und stellt Herausforderungen für die Anwendung des Vorsorgeprinzips dar.

Die intensive Diskussion und wissenschaftliche Arbeit zu BPA hat langsam einen Prozess der Verbesserung der Prüfstrategien in Gang gebracht. Während sich die traditionelle Toxikologie auf eine monoton ansteigende Dosis-Wirkungs-Beziehung als Nachweis dafür gestützt hat, dass eine Wirkung von einem Prüfstoff hervorgerufen wird, haben Studien zu BPA und andere endokrine Disruptoren (EDs) die Grenzen dieses Ansatzes aufgezeigt und in einigen Fällen wurden Korrekturen vorgenommen.

Es wurde auch weithin akzeptiert, dass Wirkungen nicht vorhergesagt werden können, indem man BPA einfach als schwaches Estrogen betrachtet und von den Beobachtungen bei potenteren endogenen Estrogenen extrapoliert. Diese Lehre ist besonders bei dem starken pharmazeutischen Interesse an selektiven Immunantwortmodifikatoren (SERMs) offenkundig.

An das Kapitel schließt sich ein Textkasten an, in dem der Wert von Tierversuchen für die Erkennung von Karzinogenen analysiert wird.

11 DDT: Fünfzig Jahre seit dem *Stummen Frühling*

Henk Bouwman, Riana Bornman, Henk van den Berg und Henrik Kylin

„Es herrschte eine ungewöhnliche Stille. Wohin waren die Vögel verschwunden? Viele Menschen sprachen darüber, besorgt und beunruhigt. Die Futterstellen im Garten hinter dem Haus blieben leer. Die wenigen Vögel, die sich noch irgendwo gesehen wurden, waren dem Tode nah: sie zitterten heftig und konnten nicht mehr fliegen. Es war ein Frühling ohne Stimmen ... Schweigen lag über Feldern, Sumpf und Wald.“

In dem Buch *Stummer Frühling* von Rachel Carson geht es hauptsächlich um die Auswirkungen von Chemikalien (insbesondere Dichlordiphenyltrichlorethan, auch DDT genannt) auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Der enge Zusammenhang zwischen Menschen und Vögeln bleibt in der Tat sehr passend. Als die beiden einzigen warmblütigen Gruppen unter den Lebewesen auf der Erde finden sich Säugetiere und Vögel in der gleichen Umwelt und den gleichen Bedrohungen ausgesetzt.

Carsons Behauptung, sie lebe „in einem von Industrie beherrschten Zeitalter, in dem das Recht, einen Dollar zu verdienen, koste es, was es wolle, selten in Frage gestellt wird“, hat noch immer einen starken Bezug zu den Problemen, mit denen Gesellschaften in aller Welt konfrontiert sind. Eine Kapitelüberschrift, „Die Pflicht zu erdulden“, ist von einer berühmten Beobachtung des französischen Biologen und Philosophen Jean Rostand abgeleitet: „Die Pflicht zu erdulden gibt uns das Recht zu wissen“. US-Präsident John F. Kennedy reagierte auf die von Carson dargestellte Herausforderung, indem er DDT untersuchen ließ, was zu dessen vollständigem Verbot in den USA führte. Auf das Verbot folgten eine Reihe von Institutionen und Bestimmungen zu Umweltproblemen in

den USA und anderswo, getrieben von der Forderung der Öffentlichkeit nach Wissen und Schutz.

DDT war das Hauptinstrument des ersten globalen Malaria-Ausrottungsprogramms in den 1950er und 1960er Jahren. Das Insektizid wurde auf die Innenwände und Decken von Häusern gesprüht. Malaria wurde in vielen Regionen ausgerottet, ist aber in großen Teilen der Welt noch endemisch. DDT ist weiterhin eines von 12 gegenwärtig von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Insektiziden - und die einzige Organochlorverbindung - und darf nach dem Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe weiterhin von Ländern eingesetzt werden. Der weltweite Gebrauch von DDT für die Bekämpfung von Krankheitsüberträgern wird auf über 5.000 Tonnen jährlich geschätzt.

Es ist klar, dass das vor 50 Jahren von Rachel Carlson geweckte soziale Bewusstsein eine Welle von Aktionen und Interventionen ausgelöst hat, die sich langsam, aber sicher auf einer Vielzahl von Ebenen bemerkbar machen. Kapitel 17 ihres Buches „Der andere Weg“ erinnert den Leser an die Chancen, die viel eher hätten wahrgenommen werden sollen. Heute, wo mehr als 10 % der Vogelarten weltweit auf die eine oder andere Weise bedroht sind, ist deutlich, dass wir Frühwarnzeichen übersehen oder nicht danach gehandelt haben. Werden wir weiterhin die Wegweiser zu „anderen Wegen“ übersehen? Wird unsere Pflicht zu erdulden durch unsere Rechte auf Wissen aufgewogen? Wie Carson vor 50 Jahren bemerkte: „Die Wahl haben letztlich wir zu treffen.“

12 Booster-Biozid-Bewuchshemmer: Wiederholt sich die Geschichte?

Andrew R. G. Price und James W. Readman

Tributylzinn (TBT) wurde weithin als wirksamer Bewuchshemmer in Anstrichstoffen für Schiffe und Boote eingesetzt, bis die Europäische Gemeinschaft seinen Gebrauch 1989 wegen nachgewiesener Schäden für die Umwelt und die Fanggebiete von Schalentieren einschränkte. Danach wurden so genannte Booster-Biozide eingeführt, die die Leistung von den Bewuchshemmenden Anstrichstoffen steigern sollten. Sie galten als weniger schädlich für Wasserorganismen als TBT. In der Folgezeit wurde jedoch festgestellt, dass auch Booster-Biozide beträchtliche Umweltgefahren in sich bergen können.

Dieses Kapitel skizziert den Hintergrund des Einsatzes von Booster-Bioziden, die frühen Warnungen über deren potenzielle physiologische und ökologische Auswirkung auf Nichtzielarten und die daraufhin ergriffenen Maßnahmen. Es werden die Besorgnis erregenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Lehren beschrieben, die die Zukunft einer Branche beeinflussen könnten, die noch immer nach weniger die Umwelt beeinträchtigenden Lösungen sucht.

Booster-Biozid-Bewuchshemmer gefährden eine Vielfalt von Lebensräumen - von Korallenriffen und Seegraswiesen bis zu offenen Ankerplätzen - sowohl innerhalb der EU als auch weltweit. Ihre vorwiegend pflanzentötenden Eigenschaften bedeuten, dass Zooxanthellen, Phytoplankton und Periphyton besonders anfällig sind. Im Vergleich zu TBT, einem Bewuchshemmer mit einer recht spezifischen Wirkung, haben Booster-Biozide eher

Breitspektrum-Auswirkungen. Die breitere ökologische Wirkung durch den Wechsel zu Booster-Bioziden ist noch nicht sehr gut erforscht, aber löst beträchtliche Bedenken aus, weil sie die Grundlage von marinen Nahrungsketten beeinflussen kann.

Toxikologisch betrachtet geht von Booster-Bioziden keine Bedrohung in Form von die endokrine Funktion störenden Eigenschaften aus, anders als bei TBT. Bei den gegenwärtigen Umweltkonzentrationen können jedoch Primärerzeuger geschädigt werden, und manche dieser Stoffe sind schwer abbaubar. Gesetzliche Bestimmungen zur Eindämmung ihres Gebrauchs wurden eingeführt, doch die Genauigkeit dieser Bestimmungen ist von Land zu Land unterschiedlich. Diese geographischen Ungleichheiten müssen aufgehoben werden und künftige Biozidprodukte sowie neue Ansätze für die Hemmung von Bewuchs genauer bewertet werden.

Für Entscheidungsträger besteht die Herausforderung im Schutz der Gemeinschaften von Nichtzielarten vor selektiven Veränderungen durch den Einsatz von Booster-Bioziden. Kriterien wie Persistenz, Bioakkumulation und Toxizität (PBT) können zur Beurteilung der relativen potentiellen Auswirkungen verfügbarer Biozide herangezogen werden und konsequent die Einführung entsprechender Bestimmungen stützen. Dennoch kann sich Querdenken mit dem Ziel des Entdeckens neuartiger Materialien und Strategien für die Hemmung von Bewuchs in der Zukunft auszahlen.

13 Ethinylestradiol in der aquatischen Umwelt

Susan Jobling und Richard Owen

Viele Jahrzehnte Forschungsarbeit haben nachgewiesen, dass eine als Östrogene bekannte Gruppe von synthetischen und natürlich auftretenden Hormonen bei Freisetzung in die Umwelt schwere Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt haben kann. Hierzu gehört die Entwicklung von Intersex-Merkmalen bei männlichen Fischen, die Fertilität und Fekundität reduzieren. Obwohl häufig subletal, können die Folgen dauerhaft und irreversibel sein.

Dieses Kapitel beschreibt die wissenschaftlichen Beweise und öffentlichen Diskussionen zu einem dieser Östrogene, Ethinylestradiol (EE2), einem Wirkstoff in der Antibabypille. Es wurde erstmals 1938 entwickelt und über Abwasseraufbereitungsanlagen in die aquatische Umwelt freigesetzt. Obwohl jetzt klar ist, dass Arten von wild lebenden Tieren einem Cocktail von Endokrindisruptoren und deren Wirkungen ausgesetzt sind, besteht auch angemessene wissenschaftliche Gewissheit, dass EE2 eine bedeutende Rolle spielt, und dies bei verschwindend geringen Konzentrationen in der Umwelt.

Die Umweltbehörde von England und Wales hat dies 2004 anerkannt und die Beweise als hinreichend beurteilt, um ein Risikomanagement ins Auge zu fassen. Im Jahr 2012, fast 75 Jahre nach dessen Synthese, hat die

Europäische Union eine Regulierung vorgeschlagen, die EE2 EU-weit als „prioritären Stoff“ gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (dem Primärrechtsdokument zum Schutz und zur Erhaltung der europäischen Gewässer) behandelt. Dieser Vorschlag wurde später geändert, wodurch die Entscheidung über eine aufsichtsrechtliche „Umweltqualitätsnorm“ zumindest bis 2016 verzögert wurde.

Das liegt zum Teil daran, dass eine Beschränkung von EE2 mit beträchtlichen Kosten verbunden ist. Um die vorgeschlagenen Grenzwerte in der Umwelt einzuhalten, müssen mit beträchtlichem Aufwand sehr geringe Konzentrationen von EE2 (Teile pro Trillion) aus Kläranlagenausflüssen entfernt werden.

Sind wir gewillt, diesen Preis zu zahlen? Oder ist der Preis für Vorsorgemaßnahmen einfach zu hoch – eine zu bittere Pille zum Schlucken? In welchem Maße ist eine Gesellschaft, die sich jahrzehntelang einer flexiblen Fruchtbarkeit erfreut hat und letztlich den Preis für die Eindämmung und Kontrolle der unerwünschten Folgen zahlen wird, in diese Entscheidung einbezogen? Und was könnte dies für viele tausend andere Medikamente bedeuten, die überall in unsere Umwelt eingedrungen sind und in den gleichen geringen Konzentrationen subletale Wirkungen auf Wassertiere haben könnten?

14 Klimawandel: Wissenschaftliche Erkenntnisse und das Vorsorgeprinzip

Hartmut Grassl und Bert Metz

Die erste wissenschaftlich glaubwürdige Warnung über mögliche Gefahren eines Klimawandels durch die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) beim Verbrennen fossiler Brennstoffe erschien 1897. Während die physikalischen Grundprinzipien der globalen Erwärmung noch recht einfach sind, werden detailliertere wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel zunehmend komplizierter. Selbst heute, über hundert Jahre seit der ersten Frühwarnung, können viele wichtige Einzelheiten des Klimawandels noch nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden. Es überrascht daher nicht, dass die Wissenschaft vom Klimawandel und Fragen zum wahren Wert des Verbrennens von fossilen Brennstoffen eine anhaltende wissenschaftliche und politische Kontroverse ausgelöst haben.

Als der erste Band von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* konzipiert wurde, gab es zu viele berechtigt scheinende Kontroversen zum Klimawandel, um das Thema einzubeziehen. Eine Fallstudie hätte vielleicht zu Argumenten geführt, die die Aufmerksamkeit von den nützlichen und nachhaltigen Lehren aus etablierten Themen abgelenkt hätten - wie Asbest, polychlorierte Biphenyle (PCB), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sowie das Ozonloch, Röntgenstrahlen und saurer Regen. Diese Entscheidung wurde getroffen, obwohl damals weithin akzeptiert war, dass „die Abwägung der Erkenntnisse einen erkennbaren menschlichen Einfluss auf das globale Klima“ nahe legt (*Beitrag der Arbeitsgruppe I zum zweiten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen, IPCC, 1995*).

Über ein Jahrzehnt später und nach zwei weiteren Überprüfungen einer viel größeren Menge an

wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Klimawandel durch den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) erschien es angebracht, den Klimawandel in diesen Band aufzunehmen, wenngleich die Kontroverse weiter besteht. Die Beweislage zu den gefährlichen Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf das Klima hat sich seit 1995 erhärtet. 2007 konnte der IPCC mit „sehr hoher Sicherheit“ schlussfolgern, dass „der globale Netto-Effekt der menschlichen Aktivitäten seit 1750 eine Erwärmung war“. Angesichts der Größe und Unumkehrbarkeit (nach menschlichen Zeitmaßstäben) vieler schädlicher Wirkungen des von Menschen ausgelösten Klimawandels besteht die dringende Notwendigkeit, Maßnahmen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen und anderen Treibhausgasen zu ergreifen. Manche konträren Ansichten bestehen jedoch weiter, wie die Autoren darstellen.

Dieses Kapitel fasst die Geschichte zunehmender Erkenntnisse über vom Menschen ausgelöste Klimaänderungen und die sie hauptsächlich begleitenden Handlungen oder Unterlassungen zusammen. Wie viele andere Kapitel spiegelt es das lebenslange Engagement beider Autoren wider, die Auswirkungen des von Menschen ausgelösten Klimawandels zu verstehen und abzumildern. Es schließt mit einigen Lehren und Einsichten, die für viele andere Umwelt- und Gesundheitsfragen relevant sind.

Das Kapitel enthält auch eine Textbox mit einer Beschreibung, wie sich das Herangehen des IPCC an die Beurteilung der Unsicherheit von dessen ersten bis zum fünften Sachstandsbericht entwickelt hat.

15 Hochwasser: Lehren über Frühwarnsysteme

Zbigniew W. Kundzewicz

Überschwemmungen sind ein zunehmend akutes Problem. Starke Niederschläge kommen häufiger vor und sind heftiger. Der wachsende von Menschen erzeugte Druck hat das Ausmaß von Überschwemmungen als Folge von beliebigen Niederschlagsmengen vergrößert, und Fehlentscheidungen über Standorte menschlicher Infrastrukturen haben das Potential für Hochwasserschäden erhöht.

Im Unterschied zu den meisten anderen Fallstudien liegt der Schwerpunkt dieses Kapitels auf Überschwemmungen als Naturereignis und den Anforderungen an wirksame Frühwarnsysteme anstatt auf der Behandlung eines bestimmten Ereignisses und der Lehren, die daraus gezogen werden können.

Überschwemmungen lassen sich nicht gänzlich verhindern. Das Auftreten einer Überschwemmung braucht nicht als „Versagen“ angesehen zu werden, und umgekehrt kann die Minimierung von Schäden als „Erfolg“ gelten. Aus jeder Überschwemmung lassen sich Lehren ziehen, die unbedingt in die Vorbereitung auf die nächste Überschwemmung einfließen müssen. Wenn wir uns einmal damit abgefunden haben, dass Hochwasserschutzmaßnahmen keine vollständige Sicherheit garantieren können, bedarf es einer allgemeinen Paradigmenänderung, um die Anfälligkeit der Menschen gegenüber Überschwemmungen zu reduzieren. Die Einstellung gegenüber einem „Leben mit Überschwemmungen“ und die Berücksichtigung bei der Planung erscheint nachhaltiger als hoffnungslose Versuche, sie zu beseitigen.

Vorhersagen von Überschwemmungen und Warnsysteme versagen, weil einzelne Glieder in der Kette schlecht oder gar nicht funktionieren. Eine einzige Schwachstelle in einem System, das ansonsten ausgezeichnete Bestandteile umfasst, kann eine mangelhafte Leistung des Gesamtsystems bewirken. Ein erfolgreiches System erfordert eine ausreichende Integration, Zusammenarbeit und Abstimmung der Komponenten zwischen mehreren Institutionen.

Dieses Kapitel behandelt vor allem die Herausforderungen bei Flussüberschwemmungen. Es wird durch drei kurze Zusatztexte ergänzt. Der erste beleuchtet die komplexen, dynamischen und vielfältigen Ökosysteme von Flussauen, die beim Bau von Hochwasserschutzanlagen oft Schaden nehmen. Trotz ihres großen ökonomischen Werts gehören naturnahe Flussauen weltweit zu den am meisten bedrohten Ökosystemen.

Der zweite behandelt die Unsicherheiten bei der Vorhersage des Auftretens und der Intensität von Niederschlägen und deren Beziehung zum Hochwasserstand bei extremen Überschwemmungen. Manche Unsicherheiten stellen Herausforderungen für Wissenschaftler und Entscheidungsträger gleichermaßen dar.

Der dritte behandelt die wachsenden Risiken von Überschwemmungen im Küstenbereich aufgrund von Faktoren wie Klimawandel und Anstieg des Meeresspiegels und bewertet die europäischen Erfahrungen mit Vorsorgemaßnahmen.

16 Systemische Insektizide für die Saatbeize und Honigbienen

Laura Maxim und Jeroen van der Sluijs

1994 begannen französische Imker, Alarmzeichen zu melden. Im Verlauf des Sommers waren viele Honigbienen nicht zu ihren Bienenstöcken zurückgekehrt. Die Honigbienen versammelten sich eng beieinander in kleinen Gruppen auf dem Boden oder hockten verwirrt vor dem Bienenstock und zeigten ein anormales Futtersuchverhalten. Diese Anzeichen wurden von Verlusten im Winter begleitet.

Die Beweise deuteten auf das systemische Insektizid Gaucho® von Bayer für die Saatbeize, das als Wirkstoff Imidacloprid enthält. Dieses Kapitel stellt die historische Entwicklung des Nachweises von Gefahren für Honigbienen durch Gaucho® bei der Saatbeize von Sonnenblumen und Mais in Frankreich dar und analysiert die Reaktionen auf die zunehmenden Beweise für diese Gefahren.

Es werden die sozialen Prozesse beschrieben, die schließlich zur Anwendung des Vorsorgeprinzips und zum Verbot von Gaucho® bei der Saatbeize von Sonnenblumen und Mais führten, wobei der Schwerpunkt auf der Art der Nutzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse durch die Interessenten und Entscheidungsträger zur Einflussnahme auf die Politik während dieser Kontroverse liegt.

Wissenschaftler an öffentlichen Einrichtungen hatten in diesem Fall eine schwierige Position. Die Ergebnisse

ihrer Arbeit waren von zentraler Bedeutung für eine soziale Debatte, bei der ökonomisch und politisch viel auf dem Spiel stand. In einigen Fällen wurde ihre Arbeit nicht nach deren wissenschaftlicher Qualität, sondern danach beurteilt, ob sie den Positionen mancher Interessenten nützt. Diese Situation hat die Fähigkeit und den Mut von Forschern, dem Druck standzuhalten und weiter an Imidacloprid zu arbeiten, auf die Probe gestellt.

In anderen europäischen Ländern wurden Neonicotinoid-Insektizide für die Saatgutbeize ebenfalls aufgegeben. Nachweise der Giftigkeit von Neonicotinoiden im Staub, der während der Aussaat von pilliertem Saatgut freigesetzt wird, haben solche Entscheidungen unterstützt. Am wichtigsten ist, dass der französische Fall ein Licht auf die wesentlichen Schwächen der Risikobewertung durch Behörden und der Marktzulassung von Pestiziden, insbesondere Neonicotinoiden, wirft. Diese Einsichten wurden vor kurzem durch Arbeiten der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit bestätigt.

Aus dieser Fallstudie werden acht Lehren über die Lenkung von Kontroversen im Zusammenhang mit Gefährdungen durch Chemikalien gezogen. Der Studie folgen zwei Zusatztexte. Im ersten Textkasten sind die Kommentare von Bayer Crop Science zur Analyse in diesem Kapitel angeführt. Der zweite Textkasten enthält die Antwort der Autoren auf diese Kommentare.

17 Ökosysteme und Kontrolle der Dynamik des Wandels

Jacqueline McGlade und Sybille van den Hove

Ein Jahrzehnt nach der Veröffentlichung von Rachel Carsons *Stummer Frühling*, in dem die giftige Hinterlassenschaft des zwanzigsten Jahrhunderts beschrieben wird, eröffnete Annie Dillard mit ihrem mit dem Pulitzer-Preis ausgezeichneten Buch *Pilgrim at Tinker Creek* eine andere Sichtweise auf die Welt. Es kündigt ein einundzwanzigstes Jahrhundert an, in dem die Weltwirtschaft auf einem gründlicheren Verständnis der Natur, ihrer Funktionsweise und ihres materiellen Reichtums basiert. Insgesamt anschaulich und mit noch immer zunehmender Relevanz hat ihr Buch das Wesen dessen erfasst, worum es in diesem Kapitel geht: dass sich unter unseren Beobachtungen, die uns routinemäßig bei der Vorhersage der Entwicklung der natürlichen Welt helfen, die Samen der Überraschung finden – Überraschung als das Ungewöhnliche und Überraschung als Vorzeichen künftigen Wandels. Unser systemimmanentes Unvermögen, solche Überraschungen im Voraus zu erkennen, bildet den Kern dieses Kapitels. Mit einer Reihe von Fallstudien aus Fischfanggebieten, Wäldern, Savannen und aquatischen Systemen wird unterstrichen, wie frühe Warnungen über Veränderungen in diesen natürlichen Systemen auftraten, aber nicht genutzt wurden.

Das Kapitel hebt hervor, wie die Unterteilung des Wissens in politische, fachliche und geographische Silos zu den „sich wiederholenden Alpträumen“ geführt

hat, in denen sich kurzfristige Interessen gegenüber langfristigen Visionen behaupten; Situationen, in denen Wettbewerb an die Stelle von Zusammenarbeit tritt; die Zersplitterung von Werten und Interessen, von Kompetenzen und Verantwortung und die Zersplitterung von Informationen und Kenntnissen, die zu mangelhaften Lösungen oder gar zu zusätzlichen Problemen führt. Außerdem hat das Fehlen passender Institutionen oft die Effektivität der Verwaltung von Ökosystemleistungen behindert und zu unerwarteten Überraschungen, einem exzessiven Streben nach Einkommensquellen und hohen Transaktionskosten geführt.

Mit kontrafaktischem Denken (d.h. *ob, wann* und *wie* ein Ereignis auftritt, in Abhängigkeit davon, *ob, wann* und *wie* ein anderes Ereignis auftritt, und mögliche Änderungen von Ereignissen), das um die vier miteinander verknüpften Konzepte von *planetarischen Grenzen, Umschlagpunkten (Tipping Points), Panarchie* und *Resilienz* kreist, bietet das Kapitel einen analytischen Blick zur Erkundung der Gründe dafür, warum viele Warnsignale nicht gesehen wurden. Das Kapitel schließt mit den Gründen, warum Ökosysteme in der Zukunft wahrscheinlich noch gefährdeter sein werden und warum wir die Dynamik von Natur und Institutionen genauer beobachten und interpretieren müssen, wenn wir plötzliche irreversible ökologische Veränderungen vermeiden wollen.

18 Späte Lehren aus Tschernobyl, frühe Warnungen aus Fukushima

Paul Dorfman, Aleksandra Fucic und Stephen Thomas

Der Nuklearunfall in Fukushima in Japan ereignete sich fast genau 25 Jahre nach dem Nuklearunfall von Tschernobyl im Jahr 1986. Eine Analyse der einzelnen Vorfälle liefert wertvolle späte und frühe Lehren, die sich für Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit als nützlich erweisen können, wenn Pläne zur Befriedigung des Energiebedarfs der kommenden Jahrzehnte gemacht werden und gleichzeitig auf die wachsende Umweltkosten des Klimawandels und die Notwendigkeit der Gewährleistung von Energiesicherheit in einer politisch instabilen Welt reagiert werden muss.

Dieses Kapitel untersucht einige Schwerpunkte der Unfälle von Tschernobyl und Fukushima, die Freisetzung von Strahlung, ihre Wirkungen und die Folgerungen für den Bau neuer Kernkraftwerke in Europa. Es sind außerdem Lektionen zu lernen zu den Baukosten, Verbindlichkeiten, künftigen Investitionen sowie zur Risikobewertung vorhersehbarer und unerwarteter Ereignisse bei Kernkraftanlagen, die sich auf Menschen und Umwelt auswirken.

Da die gesundheitlichen Folgen des Fukushima-Unfalls in den nächsten 5 – 40 Jahren auftreten und dokumentiert werden, betrifft eine zu ziehende Hauptlehre den multifaktoriellen Charakter des Ereignisses. Bei der Planung künftiger Maßnahmen zum Strahlenschutz, zur Vorsorge und biologischen Überwachung der exponierten Populationen wird es von Bedeutung sein, dass die verfügbaren Daten zu Krebs- und Nichtkrebserkrankungen nach einer übermäßigen Exposition gegenüber ionisierender Strahlung zusammengefasst werden; dass ein komplexer Ansatz für die Interpretation der Daten

gewählt wird, bei dem der Einfluss des Alters, Geschlechts und der geographischen Streuung der betroffenen Personen berücksichtigt wird und dass für jede einzelne Krebsart die Beurteilung der Latenzzeit zwischen Exposition und Krankheitsdiagnose integriert wird.

Angesichts des Grades an Unsicherheit und Komplexität, der selbst der am engsten gefassten und striktesten Nuklearrisikobewertung anhaftet, haben sich Versuche der Gewichtung der Größenordnung des Unfalls nach der zu erwartenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens als problematisch erwiesen. Denn diese im Wesentlichen theoretischen Berechnungen lassen sich nur auf Sätze von präkonditionierten Annahmen stützen. Dies ist kein schwer zu greifender philosophischer Punkt, sondern ein sehr praktisches Problem mit bedeutenden Implikationen für eine angemessene Beherrschung des Nuklearrisikos. Da man nicht für die Kaskade von unerwarteten Unfällen planen kann, hat sich die behördliche Schwerpunktsetzung einer risikobasierten probabilistischen Bewertung als sehr begrenzt erwiesen. Eine dringliche Neubewertung dieses Ansatzes und seiner praktischen Anwendung scheint überfällig zu sein.

Welche Meinung man auch immer zu Risiken und Nutzen von Kernenergie hat, es ist klar, dass die Möglichkeit von katastrophalen Unfällen und daraus folgenden wirtschaftlichen Verpflichtungen bei der Politik und bei behördlichen Entscheidungsprozessen berücksichtigt werden müssen. Im Zusammenhang mit dem derzeitigen kollektiven Kenntnisstand über nukleare Risiken sind paneuropäische Haftungsregelungen wesentlich neu zu bewerten.

19 Innovationshungrig: Von GV-Kulturpflanzen zur Agrarökologie

David A. Quist, Jack A. Heinemann, Anne I. Myhr, Iulie Aslaksen und Silvio Funtowicz

Das Potential an Innovationen zur Gewährleistung von Ernährungssicherheit und zur Lösung anderer landwirtschaftsbezogener Probleme steht in fast allen Ländern weit oben auf der Tagesordnung. Dieses Kapitel betrachtet zwei unterschiedliche Beispiele von Innovation bei Nahrungsgütern und in der Landwirtschaft: genetisch veränderte (GV-) Kulturpflanzen und agrarökologische Verfahren. Es wird veranschaulicht, wie sich unterschiedliche Innovationsstrategien auf künftige landwirtschaftliche und soziale Möglichkeiten auswirken.

GV-Kulturpflanzen eignen sich gut für landwirtschaftliche Monokultursysteme mit hohen Anbauzahlen, die hochproduktiv, aber größtenteils nicht nachhaltig sind, weil sie von externer, nicht erneuerbarer Zufuhr abhängen. Die für GV-Kulturen erteilten gewerblichen Schutzrechte schließen weiteres Innovationspotential eher aus, als es zu eröffnen, und hemmen Investitionen in eine breitere Vielfalt von Innovationen, was eine weitere Verteilung ihrer Vorteile gestatten würde.

Agrarökologische Methoden auf wissenschaftlicher Grundlage sind von ihrem Charakter her partizipatorisch und so angelegt, dass sie sich in die Dynamik einpassen, die der multifunktionalen Rolle der Landwirtschaft bei der Produktion von Nahrungsgütern, der Förderung von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen sowie der Schaffung von Sicherheit für Gemeinschaften zugrunde liegt. Sie eignen sich besser für landwirtschaftliche Systeme, die auf nachhaltige Ernährungssicherung abzielen, als für Ansätze, die einer hohen Zufuhr von außen bedürfen. Allerdings erfordern sie ein breiteres Spektrum an Anreizen und unterstützenden Rahmenbedingungen, um erfolgreich zu sein. Beide Ansätze werfen die Frage

der Lenkung von Innovation in der Landwirtschaft und allgemeiner in Gesellschaften auf.

Das Kapitel untersucht die Folgen eines „Technologietransfers von oben nach unten“ bei der Erfüllung der Bedürfnisse armer Landwirte. Hier wird Innovation häufig in Verbindung mit ökonomischem Wachstum in einer im Wettbewerb stehenden Weltwirtschaft dargestellt, ein Blickwinkel, der im Widerspruch zu Bemühungen um eine Reduzierung oder Umkehr von Umweltschäden durch vorhandene Landwirtschaftsmodelle steht oder Investitionen in eine sozial verantwortliche Innovation sogar verhindert.

Als weitere Möglichkeit wird ein Herangehen „von unten nach oben“ betrachtet, bei dem bereits vorhandene Ressourcen genutzt werden und auf ihnen aufgebaut wird: die ortsansässigen Menschen, ihre Kenntnisse, Bedürfnisse, Hoffnungen und einheimischen natürlichen Ressourcen. Der Ansatz von unten nach oben kann auch die Öffentlichkeit als Schlüsselfaktor bei Entscheidungen über die Gestaltung des Nahrungsgütersystems, insbesondere in Bezug auf Lebensmittelqualität, Gesundheit sowie soziale und ökologische Nachhaltigkeit, umfassen.

Es werden Möglichkeiten für die besten Antworten auf Forderungen der Verbraucher nach Lebensmittelqualität, Nachhaltigkeit und sozialem Ausgleich im weitesten Sinne bei gleichzeitigem Eingehen auf gesundheitliche und Umweltbedenken sowie die Existenzsicherung in lokalen landwirtschaftlichen Kleinbetrieben vorgestellt. Wenn wir uns der Lenkung von Innovationen in der Nahrungsgüter-, Faser- und Brennstoffproduktion nicht widmen, deutet derzeit vieles darauf hin, dass wir unsere Landwirtschaft zum Scheitern verurteilen.

20 Invasive gebietsfremde Arten: Eine wachsende, aber vernachlässigte Bedrohung?

Sarah Brunel, Eladio Fernández-Galiano, Piero Genovesi, Vernon H. Heywood, Christoph Kueffer und David M. Richardson

Biologische Invasionen sind eine der fünf Hauptursachen für den Verlust an biologischer Vielfalt, denn durch die globale menschliche Reise- und Handelstätigkeit wurden und werden tausende von Arten quer durch Kontinente und von Kontinent zu Kontinent gebracht. Manche Spezies gebietsfremder Herkunft werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit uneingeschränkt ausbreiten können, was schließlich zu Umweltschäden führen kann.

Eine gebietsfremde Art – Tier, Pflanze oder Mikroorganismus – ist eine Art, die durch menschliche Aktivität entweder gewollt oder ungewollt in ein Gebiet eingeführt wurde, das sie von alleine nicht hätte erreichen können. Eine verbreitete Definition des Begriffs „invasiv“ konzentriert sich auf dessen (negative) Auswirkung, während andere Definitionen lediglich die Ausbreitungsgeschwindigkeit betrachten und Wirkungsbetrachtungen ausklammern.

Trotz der wachsenden Anzahl an gesetzlichen Bestimmungen weltweit nehmen biologische Invasionen rasant zu, und es gibt keine Anhaltspunkte für eine Sättigungswirkung. Entscheidungen auf diesem Gebiet sind sehr schwer zu treffen. Die allgemeine Komplexität des Problems, sein interdisziplinärer Charakter, die wissenschaftlichen Unwägbarkeiten und eine große Anzahl an Akteuren, die informiert und einbezogen werden müssen, erfordern Lenkungsansätze, die schon auf regionaler Ebene (wie in der EU) nur schwer zu erreichen sind, ganz zu schweigen von der globalen Ebene.

Es herrscht weitgehende Übereinstimmung, dass eine Verhinderung biologischer Invasionen oder deren Begegnung zu einem sehr frühen Zeitpunkt das effektivste und kostengünstigste Herangehen ist. Harmlose Arten können aber mit schädlichen invasiven Arten verwechselt werden, was zu einer Vergeudung von Ressourcen führt. Ein noch ernsteres Problem ist, dass schädliche Invasoren auch für unschädliche Arten gehalten werden können - so genannte „getarnte Invasoren“ - und keine geeigneten Maßnahmen getroffen werden, um der Bedrohung zu begegnen.

Selbst mit einem sehr guten Risikobewertungssystem kann es zu neuen Ausbrüchen invasiver gebietsfremder Arten kommen, was ein schnell reagierendes Frühwarnsystem und eine wirksame Ausrottungsmaßnahme erfordert. Die Entscheidung, wo die Grenze zwischen akzeptablen Umweltrisiken versus dem Einschleppen neuer Arten oder neuer Gemeinschaften, die gebietsfremde Arten mit sich bringen, zu ziehen ist, wird dann zu einem Werturteil.

Es gibt eine lebhaft diskutierte Diskussion in der wissenschaftlichen Gemeinschaft über die am besten geeigneten Strategien zur Kontrolle invasiver gebietsfremder Arten. Mit Entscheidungen beauftragte Regierungen und Institutionen haben Zugang zu beträchtlichem Wissen zu diesem Thema, doch fehlende Regeln zum Zusammenwirken von mehreren Parteien verhindern regelmäßig einen effektiven Entscheidungsprozess.

21 Mobiltelefone und Hirntumorrisiko: Frühe Warnungen, frühe Maßnahmen?

Lennart Hardell, Michael Carlberg und David Gee

2011 hat die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation die Strahlenfelder von Mobiltelefonen und anderen Geräten, die vergleichbare nichtionisierende elektromagnetische Felder (EMF) aussenden, als Gruppe 2B eingestuft, d. h. als „mögliche“ Krebsreger. Neun Jahre davor hat die IARC die gleiche Einstufung für Magnetfelder von elektrischen Überlandleitungen vergeben.

Die Entscheidung der IARC zu Mobiltelefonen beruhte im Prinzip auf zwei Reihen von Fallkontrollstudien am Menschen zu möglichen Zusammenhängen zwischen der Nutzung von Mobiltelefonen und Hirntumoren: der IARC Interphone-Studie und den Studien der Hardell-Gruppe in Schweden. Beide lieferten einander ergänzende und sich gegenseitig stützende Ergebnisse. Dieses Kapitel berichtet über die Studien dieser beiden Gruppen – und über weitere Studien, die zu anderen Ergebnissen gelangt sind – und über die Bewertungen und Diskussionen, die zur IARC-Entscheidung von 2011 geführt haben. Das Kapitel beschreibt auch, wie verschiedene Gruppen die verbindliche IARC-Beurteilung sehr unterschiedlich interpretiert haben.

Bis jetzt liegen mehrere Metaanalysen und Reviews zu Mobiltelefonen und Hirntumoren vor, die die Herausforderungen für die epidemiologischen Untersuchungen zu diesem Thema, die methodologischen Beschränkungen der bis jetzt veröffentlichten Hauptstudien und die Schwierigkeiten der Interpretation ihrer Ergebnisse beschreiben.

Es wurde vorgeschlagen, die nationalen Daten zum Auftreten von Hirntumoren für die Anerkennung oder Ablehnung der in den Fallkontrollstudien beobachteten Verbindung zwischen Mobiltelefonen und Hirntumoren heranzuziehen. Aber zusätzlich zu methodologischen Mängeln kann es weitere Faktoren geben, die die Rate des Gesamtauftretens beeinflussen, zum Beispiel Veränderungen bei der Exposition gegenüber anderen

Risikofaktoren für Hirntumore, die in deskriptiven Studien unbekannt sind. Das Auftreten von Krebs hängt vom Auslöser, der Förderung und dem Verlauf der Erkrankung ab. Da der Mechanismus der Karzinogenese von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unklar ist, unterstützt er die Ansicht, dass deskriptive Daten zum Auftreten von Hirntumoren von begrenztem Wert sind.

Dieses Kapitel verweist auf die Untätigkeit der Mobiltelefonindustrie bei der Berücksichtigung der verschiedenen Studien und der IARC-Einstufung und darauf, dass die Medien die Öffentlichkeit nicht mit soliden und konsistenten Informationen über mögliche Gesundheitsgefährdungen versorgt haben. Die Karzinogen-Einstufung der IARC scheint auch keine wesentliche Wirkung auf die Wahrnehmung von Regierungen in Bezug auf ihre Verantwortung zum Schutz der öffentlichen Gesundheit vor dieser weit verbreiteten Strahlenquelle zu haben.

Mobile Telekommunikation hat viele Vorteile, doch müssen diese Vorteile unter Berücksichtigung von potentiellen weit verbreiteten Schäden betrachtet werden. Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung der Kopfbelastung würden die Größe und Schwere eventuell vorhandener Hirntumore begrenzen. Die Verringerung der Belastungen kann auch zur Reduzierung anderer möglicher Schäden beitragen, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden.

Es mehren sich die Beweise, dass Arbeiter mit starker Nutzung von drahtlosen Telefonen, die ein Gliom oder Akustikusneurom bekommen, entschädigt werden sollen. Der erste Fall der Welt wurde am 12. Oktober 2012 bekannt. Das Oberste Gericht Italiens hat inzwischen eine frühere Entscheidung bestätigt, dass das Nationale Institut für die Versicherung gegen Arbeitsunfälle (INAIL) einem Geschäftsmann eine Arbeitnehmerentschädigung zahlen muss, der 12 Jahre lang drahtlose Telefone benutzt und ein Hirn-Neurom bekommen hat.

22 Nanotechnologie – frühe Lehren aus frühen Warnungen

Steffen Foss Hansen, Andrew Maynard, Anders Baun, Joel A. Tickner und Diana M. Bowman

Die Nanotechnologie ist die jüngste in einer langen Reihe von Technologien, von der behauptet wird, dass sie ein neues Zeitalter technologiebestimmten Wohlstands einläutet. Es wird damit gerechnet, dass gegenwärtige und künftige Anwendungsgebiete der Nanotechnologie zu bedeutenden gesellschaftlichen und ökologischen Vorteilen führen, die Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätze mit sich bringen, bessere Werkstoffe zu geringeren Umweltkosten und neue Möglichkeiten für die Diagnose und Behandlung von Erkrankungen bieten wird. Doch während neue Materialien der Nanotechnik vom Labor auf den Markt gelangen, haben wir die Lehren aus früheren „Wundertechnologien“ gezogen oder sind wir dazu verurteilt, vergangene Fehler zu wiederholen?

Dieses Kapitel gibt zunächst eine Einführung in die Nanotechnologie, stellt die Terminologie von Nanomaterialien klar und beschreibt derzeitige Anwendungsgebiete dieser einzigartigen Materialien. Ein paar der Frühwarnzeichen für mögliche unerwünschte Wirkungen mancher Nanomaterialien und die Reaktion einiger Regierungen zu deren Kontrolle werden zusammengefasst dargestellt. Unter dem Eindruck des ersten Bandes von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* wirft das Kapitel einen kritischen Blick auf die Lehren, die bereits heute gezogen werden können, ungeachtet der Tatsache, dass die Nanotechnologie noch in den Kinderschuhen steckt.

Die Entwicklung der Nanotechnologie vollzog sich ohne klare Entwicklungsregeln für Chemiker und Werkstoffentwickler zur Einbeziehung von Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltfragen in ihre Entwicklung. Der sich entwickelnde Bereich von „grüner Nanotechnologie“ legt den Schwerpunkt auf ein präventives Design und ist somit aussichtsreich für die Zukunft. Damit er in Gang kommt, muss die Nachhaltigkeit von Werkstoffen auf einem ausreichenden Niveau finanziert werden, damit frühe Warnzeichen erkannt werden, und der gesetzliche Rahmen muss Anreize für sicherere und nachhaltige Werkstoffe bieten.

Politische Entscheidungsträger müssen noch sehr viele Mängel bei gesetzlichen Bestimmungen, Forschung und Entwicklung sowie Beschränkungen der Risikobewertung, Management und Steuerung von Nanotechnologien und anderen neu aufkommenden Technologien in Angriff nehmen. Infolge dessen besteht auf dem Gebiet der Nanotechnologie eine Entwicklungsumgebung, die die Verfolgung von vorbeugenden, aber sozial und ökonomisch sensiblen Strategien behindert. Wenn dies ungelöst bleibt, könnte es die Fähigkeit der Gesellschaft zur Gewährleistung einer verantwortungsbewussten Entwicklung der Nanotechnologien beeinträchtigen.

23 Die Kosten für unterlassenes Handeln verstehen und nachweisen

Mikael Skou Andersen und David Owain Clubb

In politischen Entscheidungsprozessen ist die Beweislast häufig so verteilt, dass Politiker erst dann auf Frühwarnsignale für Umweltgefahren reagieren, wenn die Kosten für Nichthandeln geschätzt wurden.

Dieses Kapitel greift erneut ein paar wesentliche Umweltfragen auf, bei denen die Kosten von Untätigkeit in vielen Jahren der Forschung sorgfältig abgeleitet wurden. Das Ziel besteht in der Betrachtung der methodischen Herausforderungen für die Erstellung von glaubwürdigen und angemessenen Schätzungen anstatt von spezifischen Schätzungen für diese Kosten.

Die Fallstudien liefern auch Einblicke, wie Frühwarnzeichen eine Grundlage für die Schätzung der Kosten von Untätigkeit liefern können, wenn die wissenschaftliche Basis weniger solide ist. Der Fall von Nitraten im Trinkwasser veranschaulicht zum Beispiel, dass ein vorbeugendes Herangehen an die Kosten von Untätigkeit recht gut vorstellbar ist. Der stufenweise Abbau von Ozon abbauenden Stoffen, bei dem früh warnende Wissenschaftler die Welt erfolgreich auf die schädlichen Wirkungen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) aufmerksam gemacht haben, ist ein weiterer wichtiger Fall. Denn zusätzliche Auswirkungen der globalen Erwärmung sorgen dafür, dass die Kosten für Untätigkeit beträchtlich höher sind als ursprünglich angenommen. Er erinnert daran, dass die Kosten von Untätigkeit oft stark unterschätzt wurden.

Und schließlich verhilft im Fall von Luftverschmutzung die Nutzung von unterschiedlichen Schätzungen für die Vermeidung des Mortalitätsrisikos den Entscheidungsträgern zu der Einsicht, dass es Ober- und Untergrenzenschätzungen für die Kosten von Untätigkeit gibt. Selbst wenn die Untergrenzenschätzungen ein wenig zu konservativ sind, werden sie bei einer Ausrichtung auf Gesundheitswirkungen in vielen Situationen eher mehr als weniger Bekämpfungsaufwand fördern. Die Reduzierung der Emissionsbelastungen entlastet auch die immateriellen Werte aus biologischer Vielfalt und der Natur.

Eine optimale Nutzung von Umweltforschung und -modellierung trägt dazu bei, dem Umweltschutz und der Vorsorge Priorität zu verleihen. Die Erstellung von Kostenschätzungen sollte nicht nur den Ökonomen überlassen werden, sondern als Ausgangspunkt für eine breitere Diskussion dienen, in die auch das entsprechende Fachwissen aus den Bereichen Gesundheit, Ökologie, Demographie, Modellierung und Wissenschaft einfließt. Gut erforschte Schätzungen, die auf interdisziplinärer Zusammenarbeit beruhen, können manche der zerstreuten und diffusen Interessen stärken, die es während des regulären politischen Entscheidungsprozesses schwer hätten, sich Gehör zu verschaffen.

24 Frühwarner und späte Opfer schützen

Carl Cranor

Viele Kapitel von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* liefern Beispiele von Wissenschaftlern, die der Öffentlichkeit und den Aufsichtsbehörden frühe Warnungen gegeben haben und für diese unbequemen Wahrheiten über bevorstehende Schäden schikaniert wurden. Es gibt auch ein paar Belege dafür, dass junge Wissenschaftler aus Furcht vor solchen Schikanen von der Arbeit auf kontroversen Gebieten abgeschreckt werden. Wo Warnungen ignoriert wurden und Schäden entstanden sind, hat es sich in der Vergangenheit außerdem oft als schwierig erwiesen, eine prompte und faire Entschädigung für die Opfer zu erreichen. Einigen Ideen für Reformen wird hier aufbauend auf derzeitigen institutionellen Modellen nachgegangen.

Dieses Kapitel erkundet zunächst die Idee einer Ausdehnung der Gesetze zum Schutz von jenen, die Missstände melden, um Frühwarnungen gebende Wissenschaftler und andere, die Beweise für bevorstehende Schäden erkennen, in diesen Schutz einzubeziehen. Ergänzende Maßnahmen wie eine stärkere Einbeziehung der Berufsvereinigungen und die Nutzung von Anerkennungspreisen wie in Deutschland könnten ebenfalls hilfreich sein.

Dann geht das Kapitel den verbesserten Mechanismen für die Entschädigung der Opfer von Verschmutzung und Kontamination nach. Das Kapitel zur Katastrophe in der Minamata-Bucht liefert ein extremes Beispiel für lange Verzögerungen beim Erhalt einer angemessenen Entschädigung für die Opfer von Methylquecksilbervergiftung. Es hat fast fünfzig Jahre gedauert, von 1956 bis 2004, bis die Opfer eine angemessene Entschädigung und die rechtliche

Anerkennung der Verantwortlichkeit erlangten. Weitere Fallstudien veranschaulichen ähnliche Beispiele für lange Verzögerungen beim Erhalt angemessener Entschädigungen.

Es werden Möglichkeiten geprüft, künftigen Opfern von solch aufkommenden Technologien wie Nanotechnologie, genetisch veränderten Kulturpflanzen und Mobiltelefonie, die derzeit einer breiten Öffentlichkeit Vorteile bringen, aber möglicherweise auf Kosten kleiner Gruppen von Opfern, Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Das Potential für eine ausgedehnte Exposition und unsichere wissenschaftliche Erkenntnisse könnten Verwaltungsentwürfe ohne Feststellung von Fehlverhalten rechtfertigen, die eine effektive und angemessene Wiedergutmachung in Situationen leisten, in denen bei wissenschaftlichen Zweifeln zugunsten der Opfer entschieden würde. Der Einsatz von antizipativen Versicherungsobligationen zur Minimierung und Deckung der Kosten künftiger Umweltschäden durch Großtechnologien wird ebenfalls untersucht.

Ein ergänzender Textkasten beschreibt Fälle von Asbest und Mesotheliom, in denen höherinstanzliche Gerichte im Vereinigten Königreich innovative Möglichkeiten im Umgang mit gesamtschuldnerischer Haftung und der Vorhersehbarkeit von späteren Krebsfällen durch Asbest entwickelt haben, nachdem zuvor die Asbestose genannte Erkrankung der Atemwege anerkannt wurde. Solche rechtlichen Entwicklungen auf dem Gebiet von Personenschäden könnten die zukünftige Richtung von Haftpflichtrisiken mit langer Abwicklung bei Umwelt- und Personenschäden vorgeben.

25 Warum hat die Wirtschaft nicht mit Vorsorge auf frühe Warnungen reagiert?

Marc Le Menestrel und Julian Rode

In der Vergangenheit haben Unternehmen frühe Warnsignale über mit ihren Produkten oder Betriebsabläufen zusammenhängenden potentiellen Gefährdungen der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt häufig vernachlässigt. Dieses Kapitel untersucht und analysiert die einschlägige interdisziplinäre Literatur und prominente Fallstudien – vor allem jene, die in den beiden Bänden von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* dokumentiert sind – und benennt Hauptfaktoren, die für die Nichtbeachtung der Frühwarnzeichen verantwortlich sind.

Das Kapitel zeigt, wie oftmals wirtschaftliche Motive der Grund für geschäftliche Entscheidungen sind, die die Vorsorge außer Acht lassen. In praktisch allen untersuchten Fällen empfanden es die Branchen als gewinnbringend, potentiell schädliche Produkte oder Betriebsabläufe zu verwenden. Doch werden Entscheidungen auch von einer komplexen Mischung aus epistemologischen, regulatorischen, kulturellen und psychologischen Aspekten beeinflusst. Zum Beispiel können Merkmale des Forschungsumfelds und der behördliche Kontext Wirtschaftsakteuren Möglichkeiten zu „politischem Handeln“ bieten, um Frühwarnzeichen zu leugnen oder gar zu unterdrücken. Entscheidungsträger aus der Wirtschaft haben auch häufig psychologische Schranken für die Erkennung und Akzeptanz von Werte- und Interessenkonflikten als Folge von Frühwarnzeichen. Die Unternehmenskultur kann weiter zur Leugnung von Wertekonflikten beitragen.

Das Kapitel schließt mit Überlegungen, wie in Unternehmen ein vorsorgebewusster Entscheidungsprozess unterstützt werden kann. Eine auffallende Reaktion der Politik auf Interessenkonflikte zwischen Wirtschaft und Gesellschaft ist die Einführung von Bestimmungen, mit denen versucht wird, das Zweckdenken in

Unternehmen zur Internalisierung von externen Wirkungen zu bewegen. Innovative Lösungen wie z. B. Versicherungsobligationen sollen in Betracht gezogen werden.

Es ist notwendig, ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln, dass Wirtschaftsakteure nicht freiwillig mit Vorsorgemaßnahmen auf Frühwarnzeichen reagieren, und dies entsprechend bloßzustellen. Die Schuld den Unternehmen zuzuschreiben, insbesondere im Nachhinein, ist eine übliche Reaktion, die aber nicht immer konstruktiv sein dürfte. Dies geht häufig an den komplizierten und sogar widersprüchlichen Beweggründen und Antrieben vorbei, denen sich Wirtschaftsakteure gegenübersehen.

Öffentliche Einrichtungen könnten progressive Unternehmen durch Analyse und Offenlegung der Zwangslagen und Versuchungen als Folge von Frühwarnzeichen unterstützen, zum Beispiel für verschiedene Branchen und für das spezifische gesellschaftliche und Regulierungsumfeld von Entscheidungen. Eine rigorose und explizite Bloßstellung der Zwangslagen wird weitere Anreize für verantwortungsbewusst Handelnde schaffen, ihre Vorsorgereaktion mitzuteilen.

Eine Zusatzüberlegung konzentriert sich auf die Rolle von politischen Handlungen von Wirtschaftsakteuren, insbesondere Aktionen, die auf die Unterdrückung von Frühwarnzeichen abzielen. Ordnungspolitische Bemühungen, die politischen Handlungen der Wirtschaft transparenter zu machen, können zur Erhaltung eines gesunden Kräftegleichgewichts beitragen und unsere Fähigkeit erhalten, von Frühwarnzeichen zu profitieren und die Wahrscheinlichkeit von Gefahren für Gesundheit und Umwelt zu reduzieren.

26 Wissenschaftliche Erkenntnisse für Vorsorgeentscheidungen

Philippe Grandjean

Die Ziele von Hochschulforschern können andere sein als die von Aufsichtsbehörden, die für den Schutz der Umwelt verantwortlich sind. Daher muss die Forschung Probleme wie Machbarkeit, sachlicher Gehalt und institutionelle Zielsetzungen berücksichtigen, was zu Inflexibilität und Untätigkeit führen kann.

Ein großer Anteil der Hochschulforschung zu Umweltgefahren scheint sich daher auf eine geringe Anzahl von gut erforschten Umweltchemikalien wie Metalle zu konzentrieren. Die Forschung zu Umweltgefährdungen sollte daher in höherem Maße kaum bekannte Probleme berücksichtigen, insbesondere mögliche Gefahren, über die neue Informationen besonders dringend gebraucht werden.

Es kann zu Fehlinterpretationen kommen, wenn in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlichte Ergebnisse in abgesicherter Sprache ausgedrückt werden. Eine Studie zum Beispiel, die das Vorhandensein einer Gefahr nicht mit statistischer Signifikanz dokumentiert, wird oft als negativ bezeichnet, wobei die Ergebnisse als Beleg für eine nicht bestehende Gefährdung fehlinterpretiert werden. Solche fehlerhaften Schlussfolgerungen werden durch die Wissenschaftstradition begünstigt, die eine sorgfältige und wiederholte Untersuchung fordert, bevor eine Hypothese als erhärtet gelten kann.

Um Prioritäten für notwendiges Handeln zu setzen, muss die Forschung stattdessen die mögliche Größenordnung potentieller Gefährdungen erkennen. Die Forschung ist stets von Unsicherheiten betroffen, von denen viele den realen Zusammenhang zwischen einer Umweltgefahr und deren unerwünschten Auswirkungen verwischen können, wodurch das Risiko unterschätzt wird. Die Forschung zur Umweltgesundheit muss daher die folgende Frage aufgreifen: Sind wir hinreichend zuversichtlich, dass die Exposition gegenüber einer bestimmten Gefährdung zu unerwünschten Wirkungen führt, die schwer genug sind, um transparente und demokratische Verfahren zur Entscheidung über ein geeignetes Eingreifen in Gang zu setzen?

Die Auswahl von Forschungsthemen muss die gesellschaftlichen Bedürfnisse nach Information über schlecht bekannte und potentiell gefährliche Risiken in Betracht ziehen. Die Forschung soll ergänzen und das aktuelle Wissen erweitern, statt lediglich zu Überprüfungs Zwecken Untersuchungen zu wiederholen, wie dies vom traditionellen Wissenschaftsparadigma gefordert ist. Forschungsergebnisse sollten offen zugänglich sein und kommuniziert werden, damit Urteile zur möglichen Größenordnung vermuteter Umweltgefährdungen begründet ausfallen können und so vorsorgliche und rechtzeitige Entscheidungen ermöglicht werden.

27 Mehr oder weniger Vorsorge?

David Gee

Trotz seiner Präsenz in einer wachsenden Anzahl von europäischen und nationalen Rechtsvorschriften und in der Rechtsprechung haben sich Sonderinteressen vehement der Anwendung des Vorsorgeprinzips widersetzt, denen durch seine Anwendung kurzfristige wirtschaftliche Kosten entstehen. Es gibt auch intellektuelle Widerstände von Wissenschaftlern, die nicht erkennen, dass wissenschaftliche Ignoranz und Unsicherheit in übermäßigem Verhältnis mit herkömmlichen Wissenschaftsparadigmen verbunden ist und die auf eine sehr hohe Beweiskraft bestehen, bevor sie kausale Verknüpfungen zwischen einer Exposition und Stressfaktoren sowie Schäden akzeptieren.

Das Kapitel konzentriert sich auf einige der Schlüsselfragen, die für ein allgemeineres Verständnis des Vorsorgeprinzips und dessen breiterer Anwendung von Bedeutung sind. Hierzu gehören unterschiedliche und verwirrende Definitionen des Vorsorgeprinzips und den damit zusammenhängenden Begriffen wie Prävention, Risiko, Unsicherheit, Variabilität und Unkenntnis; verbreitete Mythen über die Bedeutung des Vorsorgeprinzips; unterschiedliche Herangehensweisen an die wissenschaftliche Komplexität und Unsicherheit sowie die Nutzung unterschiedlicher Beweiskraft für unterschiedliche Zwecke.

Das Umfeld für die Anwendung des Vorsorgeprinzips umfasst auch das Verhältnis von „Kenntnis zu Unkenntnis“ in Bezug auf das betrachtete Mittel: Das Vorsorgeprinzip ist besonders relevant, wenn das Verhältnis von Kenntnis zu Unkenntnis gering ist, wie das bei aufkommenden Technologien der Fall ist.

Es wird eine Arbeitsdefinition des Vorsorgeprinzips vorgestellt, die ein paar der Schwierigkeiten mit

anderen Definitionen überwinden soll, zum Beispiel deren Gebrauch von dreifachen Verneinungen; die Nichtbehandlung des Nutzungskontexts des Vorsorgeprinzips; keine Bezugnahme auf die Notwendigkeit für eine fallspezifische Beweiskraft zur Begründung von Vorsorge und eine zu enge Auslegung des Für und Wider von Handeln oder Untätigkeit.

Das Kapitel deutet auch auf die Notwendigkeit eines größeren öffentlichen Engagements im Prozess der Rahmensetzung und Entscheidung über bevorstehende Innovationen und deren nachfolgende Gefahren hin, einschließlich der Festlegung des vom EU-Vertrag geforderten „hohen Schutzniveaus“. Es wird ein Rahmen für die Vorsorge und Teilnahme bei der Risikoanalyse vorgeschlagen, gemeinsam mit „Handlungskriterien“ zur Ergänzung der Kriterien für Kausalzusammenhänge.

Die Kapazität zur Vorhersage und Vorbeugung von Katastrophen, insbesondere wenn solchen Handlungen mächtige wirtschaftliche und politische Interessen entgegenstehen, erscheint begrenzt, wie es die Fallstudien in *Späte Lehren aus frühen Warnungen* veranschaulichen. Im Kapitel wird argumentiert, dass Gesellschaften mit mehr Demut angesichts von Unsicherheit, Unkenntnis und Komplexität und breiterem öffentlichem Engagement die Lehren aus früheren Erfahrungen ziehen und das Vorsorgeprinzip anwenden sollten, um zahlreiche künftige Gefahren vorherzusehen und zu minimieren und gleichzeitig Innovationen zu stimulieren. Ein solches Herangehen würde auch eine stärker partizipatorische Risikoanalyse, eine realistischere und transparentere Systemwissenschaft und sozial relevantere und vielfältigere Innovationen fördern, die auf die Erfüllung der Bedürfnisse der Menschen und Ökosysteme zugeschnitten sind.

28 Zum Abschluss

Der erste Band von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* hob die Schwierigkeiten des Abwägens von Vorsorge und technologischer Innovation hervor und endete mit einem Aufruf zum Handeln an die Politiker. Welche Fortschritte haben wir seither gemacht?

Zunächst gibt es zunehmende Beweise dafür, dass Vorsorgemaßnahmen Innovationen nicht hemmen, sondern sie stattdessen fördern können, vor allem dann, wenn sie von intelligenten Bestimmungen und wohldurchdachten Steueränderungen flankiert werden. Nicht nur hat die Menge an Wissen seit 2001 zugenommen, auch die Anzahl der am Entscheidungsprozess beteiligten Akteure ist größer und vielfältiger geworden. Zunehmende Aufmerksamkeit wurde auch der Vermittlung von wissenschaftlicher Ungewissheit zuteil, insbesondere auf den Gebieten Klimawandel, Nahrungsmittelsicherheit und aufkommenden Gefahren.

Doch in anderen Bereichen hat es weniger Fortschritt gegeben: Zum Beispiel gibt es nach wie vor zahlreiche „bürokratische Silos“ in Politik und Wissenschaft, trotz häufiger Rufe nach politischer Integration und Abstimmung zwischen Abteilungen. Dies hat in manchen Teilen der Welt zur unbeabsichtigten Zerstörung von Naturkapital und in anderen Fällen trotz Warnungen vor drohenden Gefahren zur weltweiten Ausbreitung von Technologien geführt. Das Ergebnis war weit verbreiteter Schaden, wobei die meisten Verschmutzter noch immer nicht die vollen Kosten der Verschmutzung zahlen.

Ermutigend ist, dass neue transformative Ansätze zur Kontrolle der systemischen und miteinander verknüpften Herausforderungen entstehen, mit denen die Welt konfrontiert ist, z.B. in den Bereichen Wirtschaft/Finanzen, Klima/Energie, Ökosysteme/Nahrungsmittel. Diese beziehen sich unter anderem auf die zunehmende Nutzung von digitaler Kommunikation und Netzwerken durch Verbraucher, Bürger und Aktionäre, um eine stärkere Mitbestimmung, mehr soziale Verantwortung, mehr Verantwortlichkeit und Transparenz zu fordern und zu fördern - insbesondere bei der Festlegung des künftigen Kurses für Energieerzeugung und Nahrungsgüterproduktion. Das Verständnis der Komplexität der Umwelt, der wissenschaftlichen Unkenntnis und Unsicherheiten, der Unumkehrbarkeit

vieler schädlicher Auswirkungen sowie der weiteren Gefahren für die langfristigen Interessen der Gesellschaft, wenn politische und Finanzinstitutionen unverändert bleiben, ist gewachsen. Einige Unternehmen haben im Großen und Ganzen nachhaltige Entwicklungsziele in ihre Geschäftsmodelle und -tätigkeit aufgenommen.

Die Fallstudien in den beiden Bänden von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* behandeln ein vielfältiges Spektrum von chemischen und technologischen Innovationen und heben eine Reihe von systemimmanenten Problemen hervor. Hierzu zählen fehlende institutionelle oder andere Mechanismen zur Reaktion auf Frühwarnzeichen; fehlende Möglichkeiten, Marktversagen zu korrigieren, das aufgrund von irreführenden Marktpreisen oder nicht richtiger Internalisierung der Kosten und Risiken für die Gesellschaft und die Natur entstanden ist sowie die Tatsache, dass wesentliche Entscheidungen zu Innovationswegen von Personen mit Sonderinteressen und/oder einer begrenzten Zahl von Personen im Namen von vielen getroffen werden. Die Einsichten und Lehren aus diesen Fallgeschichten bieten sicherlich einen Ansatz für einige der Antworten. Sie liefern auch die Kenntnisse für eine Reihe von Schlüsselhandlungen, die im Folgenden skizziert werden.

Natürlich bleiben viele Fragen. Zum Beispiel: Wie kann das Vorsorgeprinzip zur weiteren Unterstützung des Entscheidungsprozesses angesichts von Unsicherheiten und den unvermeidlichen Überraschungen, wie sie in komplexen Systemen auftreten, eingesetzt werden? Wie können Gesellschaften verhindern, dass ein Mangel an „perfekten“ Kenntnissen angesichts „plausibler“ Beweise für schwere Schäden als Rechtfertigung für Untätigkeit benutzt wird? Wie können widerstreitende Interessen in der Entwicklungs- und Nutzungsphase ausgeglichen werden? Und wie können die Vorteile von Produkten und Technologien gerecht verteilt werden?

Verzögerungen zwischen Frühwarnungen und Handeln verkürzen

Die Mehrzahl der Fallstudien in Band 1 und 2 von *Späte Lehren aus frühen Warnungen* veranschaulicht, dass

viele Menschenleben gerettet und viele Schäden an Ökosystemen verhindert worden wären, wenn das Vorsorgeprinzip aufgrund von frühen Warnungen, die durch „vernünftige Gründe für Bedenken“ gerechtfertigt sind, zur Anwendung gekommen wäre. Es ist daher sehr wichtig, dass aufkommende Großtechnologien wie Biotechnologien, Nanotechnologien und Informations- und Kommunikationstechnologien das Vorsorgeprinzip auf der Grundlage der aus diesen und anderen Fallstudien gewonnenen Erfahrungen und gezogenen Lehren angewendet wird.

Vorsorgehandlungen stimulieren Innovationen eher, als dass sie sie behindern; sie führen mit Sicherheit nicht zu übermäßigen Fehlalarmen. Wie die Analyse von Band 2 zeigt, erwiesen sich nur vier von 88 behaupteten „falsch-positiven“ Ergebnissen, bei denen Gefahren fälschlich als potentielle Risiken durch Bestimmungen reguliert wurden, als echte Fehlalarme. Die Häufigkeit und das Ausmaß von Schäden der hauptsächlich „falsch negativen“ Fallstudien zeigen, dass es von Nutzen wäre, die öffentliche Politik auf die Vermeidung von Schäden auszurichten, selbst auf Kosten von einigen falschen Alarmen, wenn man die ungleichen Kosten von falschem Handeln und Untätigkeit aufgrund von frühen Warnungen vergleicht.

Jedoch können Geschwindigkeit und Ausmaß der technologischen Innovationen von heute ein rechtzeitiges Handeln verhindern. Dies liegt oft daran, dass die Technologie zu dem Zeitpunkt, zu dem klare Beweise für Schäden erbracht sind, bereits abgeändert wurde, wodurch erneute Behauptungen ihrer Sicherheit aufgestellt werden können. Selbst wenn die technologische Änderung unbedeutend war, kann das große, globale Ausmaß einer Investition zu weit verbreiteter technologischer Abhängigkeit führen, deren Abänderung dann schwer und teuer ist.

Diese Merkmale der gegenwärtigen technischen Revolution unterstreichen die Argumentation, dass frühe Warnungen ernst genommen werden müssen - auch bei weniger Beweiskraft als normalerweise erforderlich wäre, um einen „wissenschaftlich begründeten Kausalzusammenhang“ herleiten zu können. Die Mehrzahl der historischen Fallstudien zeigt, dass zu dem Zeitpunkt, zu dem starke Beweise für einen Kausalzusammenhang vorliegen, der Schaden für Menschen und Ökosysteme bereits vielfältiger und weiter verbreitet ist als zunächst angenommen, und das vielleicht sogar bei deutlich geringeren Belastungen als den ursprünglich als gefährlich angesehenen.

Die Fallstudien haben auch gezeigt, dass es viele Barrieren für Vorsorgemaßnahmen gibt, unter anderem: der kurzfristige Charakter der meisten

politischen und finanziellen Horizonte; die Existenz von technologischen Monopolen; der konservative Charakter der betreffenden Wissenschaften, darunter die getrennten „Silos“, in denen sie operieren; die Macht einiger Interessengruppen und die kulturellen und institutionellen Umstände des öffentlichen politischen Prozesses, die oftmals den Status quo bevorzugen.

Komplexität beim Umgang mit mehreren Wirkungen und Schwellenwerten anerkennen

Zunehmende wissenschaftliche Kenntnisse haben gezeigt, dass kausale Verknüpfungen zwischen Stressfaktoren und Schäden komplexer sind als zuvor angenommen, was praktische Folgen für die Minimierung von Schäden hat. Viele der in Band 1 und 2 beschriebenen Schäden wie Krebs oder Artenschwund werden von mehreren gleichermaßen kausalen Faktoren verursacht, die unabhängig voneinander oder zusammenwirken. Zum Beispiel kann der Rückgang der Intelligenz bei Kindern mit Blei im Benzin, Quecksilber und polychlorinierten Biphenylen (PCBs) ebenso wie mit sozialökonomischen Faktoren verknüpft werden; der Zusammenbruch von Bienenvölkern kann mit Viren, Klimawandel und Nicotinoid-Pestiziden verbunden sein und der Klimawandel selbst wird von vielen komplexen und miteinander verknüpften chemischen und physikalischen Prozessen verursacht.

In manchen Fällen, zum Beispiel bei Belastungen von Föten oder Fischen, ist es die zeitliche Einwirkung der Belastung, die Schäden verursacht, nicht unbedingt die Menge. Der Schaden kann auch durch andere Stressfaktoren, die in einer bestimmten zeitlichen Abfolge wirken, verursacht oder verschlimmert werden. In anderen Fällen, zum Beispiel bei Strahlung und manchen Chemikalien wie Bisphenol A (BPA), können geringe Belastungen schädlicher sein als hohe Belastungen; in wieder anderen, zum Beispiel bei Asbest und Tabak sowie manchen endokrinen Disruptoren, sind die Schadwirkungen durch Mischungen größer als durch jeden Stressfaktor für sich genommen. Es gibt auch variierende Anfälligkeiten für die gleichen Stressfaktoren bei verschiedenen Menschen, Arten und Ökosystemen, welche von bereits bestehenden Belastungsniveaus, genetischen und epigenetischen Faktoren abhängen. Diese Variation kann zu Unterschieden bei Schwellenwerten oder Umschlagpunkten von Belastungen führen, bei deren Überschreitung in manchen exponierten Gruppen oder Ökosystemen eine Schädigung zu Tage tritt, in anderen wiederum nicht. Tatsächlich gibt es einige Schadwirkungen, die nur auf der Systemebene wie etwa einem Bienenvolk auftreten, aber nicht durch die Analyse eines einzelnen Teils des Systems, zum Beispiel einer einzelnen Biene, vorhergesagt werden können.

Unser gewachsenes Wissen über komplexe biologische und ökologische Systeme hat auch ergeben, dass sich bestimmte Schadstoffe wie polychlorinierte Biphenyle (PCBs) und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) über eine Reihe von biogeochemischen und physikalischen Prozessen um die Welt bewegen und sich dann in Organismen und Ökosystemen ansammeln können, die tausende Kilometer entfernt sind.

Es ergeben sich drei Folgerungen aus diesen Beobachtungen. Erstens ist es sehr schwer, sehr starke Beweise dafür zu finden, dass ein einzelner Stoff oder Stressfaktor Schädigungen „verursacht“, die rechtzeitige Maßnahmen zur Abwendung von Schäden rechtfertigen. In vielen Fällen lassen sich nur angemessene Nachweise von Ko-Kausalität erbringen. Zweitens ist fehlende Konsistenz zwischen Forschungsergebnissen kein überzeugender Grund für das Ausschließen möglicher kausaler Verknüpfungen: Bei Komplexität ist mit Inkonsistenz zu rechnen. Drittens könnte in manchen Fällen die Entfernung nur eines beteiligten Kausalfaktors den Schaden stark verringern, auch wenn die Reduzierung der schädlichen Belastung durch einen beteiligten Kausalfaktor nicht notwendigerweise eine starke Reduzierung des von vielen anderen Faktoren verursachten Gesamtschadens bewirken muss.

Es wird eine ganzheitlichere und stärker multidisziplinäre Systemwissenschaft benötigt, um die Analyse und Kontrolle der kausalen Komplexität der Systeme, in denen wir leben zu bewältigen.

Umwelt- und Gesundheitsforschung neu überdenken und bereichern

Die Umwelt- und Gesundheitsforschung konzentriert sich zu sehr auf gut bekannte statt auf unbekannte Gefährdungen. Dies erfolgt auf Kosten neu auftretender Probleme und ihrer potentiellen Auswirkungen. Zum Beispiel machen die zehn am besten bekannten Stoffe wie Blei und Quecksilber etwa die Hälfte aller Artikel zu chemischen Stoffen aus, die in den letzten zehn Jahren in den relevanten Fachzeitschriften erschienen sind. Im letzten Jahrzehnt war die Finanzierung öffentlicher Forschung in der Europäischen Union zu Nanotechnologie, Biotechnologie sowie Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) stark auf die Produktentwicklung ausgerichtet und es wurde nur etwa 1 % für deren potentielle Gefahren ausgegeben. Eine gleichmäßigere Verteilung der Finanzierung zwischen bekannten und neu auftretenden Problemen und zwischen Produkten und deren Gefahren würde die Wissenschaft bereichern und dazu beitragen, künftigen Schaden für Menschen und Ökosysteme und den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg dieser Technologien zu verhindern.

Die Finanzierung einer ganzheitlicheren Systemwissenschaft würde auch zum Erreichen einer stärkeren Integration zwischen den verschiedenen Wissenschaftszweigen beitragen und Problemen entgegenwirken wie: Fachgutachten (Peer Reviews) vorrangig innerhalb und nicht zwischen Disziplinen; kurzfristige Interessen übertrumpfen langfristige Zukunftsvorstellungen; Interessenkonflikte lassen Wettbewerb an die Stelle von Zusammenarbeit treten; Widersprüche zwischen Paradigmen; Zersplitterung von Werten und Befugnissen sowie Zersplitterung von Informationen und Wissen. All dies kann zu qualitativ schlechteren Lösungen führen und jenen mehr Chancen einräumen, die ein besonderes Interesse an der Fabrikation von Zweifeln haben.

Die wissenschaftlichen Methoden können ebenfalls verbessert werden. Zum Beispiel ist insgesamt im Vergleich zu Beweisen zur Bestätigung der Sicherheit eine viel höhere Beweiskraft gefordert, bevor ein Kausalzusammenhang akzeptiert wird. Die Behauptung, dass es *keine Beweise für Schäden* gibt, wird dann oft für *einen Nachweis der Unbedenklichkeit* gehalten, obwohl die entsprechenden Untersuchungen fehlen. Historisch hat man sich zu sehr auf die statistische Signifikanz von Punktschätzungen statt auf Vertrauensgrenzen auf der Grundlage von Mehrfachprobenahmen verlassen. Es bestand zudem ein Hang zur Nutzung von Modellen, die die Wirklichkeit grob vereinfachen, statt langfristige Beobachtungen und Trenddaten von biologischen und ökologischen Systemen heranzuziehen. Diese Herangehensweisen haben manchmal zur Erzeugung von falsch-positiven Ergebnissen geführt. Wichtiger ist jedoch, dass die Steuerung von wissenschaftlicher Unkenntnis und Unbekanntem vernachlässigt wurde.

Und schließlich beleuchten viele Fallstudien die Probleme von früh warnenden Wissenschaftlern, die für ihre bahnbrechende Arbeit schikaniert wurden – durch Rede- und Veröffentlichungsverbote, Streichung finanzieller Mittel, rechtliche oder andere Bedrohungen sowie Degradierungen. Eine offensichtliche Schlussfolgerung besteht darin, dass Wissenschaftler in diesen Situationen besseren Schutz erhalten müssen, entweder über eine Ausdehnung der Bestimmungen zum Schutz derjenigen, die Missstände melden, von Antidiskriminierungsgesetzen oder durch unabhängige Anerkennung des Wertes ihrer Arbeit.

Qualität und Wert von Risikobewertungen verbessern

Die Mehrzahl der Fallstudien in *Späte Lehren aus frühen Warnungen* deutet darauf hin, dass die Ansätze für Risikobewertungen die Realitäten von kausaler und

Systemkomplexität (anstelle eines engen Risikobegriffs) mit den unvermeidlichen Merkmalen der Unkenntnis, Unschärfe und Bedingtheit erfassen müssen. In einer Reihe von Studien, zum Beispiel bei BPA, wo niedrige Dosen schädlicher als hohe Dosen sind, oder bei Tributylzinn-Bewuchshemmer (TBT) und dem synthetischen Estrogen Diethylstilboestrol (DES), wo der Zeitpunkt der Dosis die Schädlichkeit bestimmt, sind grob vereinfachende Annahmen unangebracht. Variabilität bei den Belastungen und variierende Anfälligkeiten bei exponierten Populationen und Arten müssen ebenfalls realistischer in Risikobewertungen eingehen.

Dies gilt ebenso für technologische Risikobewertungen. Der Fukushima-Untersuchungsausschuss schlussfolgerte 2011:

„... die Unfälle erteilen uns wichtige Lektionen darüber, wie wir uns auf ‚über alle Annahmen hinausgehende Vorfälle‘ einstellen sollten. Da man nicht für die Kaskade von über die Konstruktionsvoraussetzungen hinausgehenden Unfällen planen kann, hat sich die behördliche Schwerpunktsetzung auf eine risikobasierte probabilistische Risikobewertung als sehr begrenzt erwiesen.“

Mit anderen Worten, enge Herangehensweisen an Risikobewertungen werden nun durch die Realitäten übertroffen, die sie nicht aufgreifen, erkennen und vermitteln können. Zu oft führt dies zu einem effektiven Leugnen der Risiken, die nicht in den Bewertungsrahmen passen. Es ist daher dringend erforderlich, dass die Praxis der Risikobewertung transformiert wird, dass sie auf eine breitere Grundlage gestellt wird, umfassender, transparenter und rechenschaftspflichtig wird. Es sollte auch mehr Kommunikation über auseinandergehende wissenschaftliche Ansichten stattfinden, insbesondere dort, wo hohe Unkenntnis und Unsicherheit besteht und echte Unterschiede der wissenschaftlichen Interpretation wahrscheinlich, wünschenswert und begründbar sind. In diesem Sinne ist das Verstehen über die Herkunft des Wissens - d. h. die Einheitlichkeit der Ansichten unter Peers und das von verschiedenen Forschungszweigen kommende Konvergenzniveau - wesentlich für effektive Entscheidungen und effektives Handeln zur Unterstützung des Wohlergehens von Menschen und der Umwelt.

Die Fallstudien zeigen, dass Beurteilungen der Beweislage bei Risikobewertungen dadurch verbessert werden können, dass breite Kreise von Interessenten an der Formulierung der Risiko- und Möglichkeitenplanung teilnehmen; dass Umfang und Mitgliedschaft der Bewertungsausschüsse erweitert werden; dass die Transparenz der Ansätze und Methoden des Ausschusses, insbesondere

beim Erkennen von Unsicherheiten und mangelnder Kenntnis erhöht wird und dass deren Unabhängigkeit von unzulässiger Beeinflussung durch ordnungsgemäße Finanzierungsquellen und die Anwendung robuster Grundsätze zu Interessenkonflikten gewährleistet wird.

Das Vertrauen der Öffentlichkeit würde erhöht, wenn alle bei Risikobewertungen verwendeten Beweise öffentlich zugänglich und offen für eine unabhängige Überprüfung wären, darunter auch die Daten, die die Wirtschaftsunternehmen bei den Behörden einreichen.

Wie die Erfahrungen mit Quecksilber, Nuklearunfällen, verbleitem Benzin, Mobiltelefonen, BPA und Bienen zeigen, können die Beurteilungen gleicher oder sehr ähnlicher wissenschaftlicher Beweise durch unterschiedliche Risikobewertungsausschüsse stark voneinander abweichen. In solchen Fällen müssen Unterschiede in der Wahl des Paradigmas, der Annahmen, Kriterien für die Akzeptanz von Beweisen, Gewichtungen, die verschiedenen Arten von Beweisen zugewiesen werden sowie die Behandlung von Unsicherheiten erklärt werden. Risikobewerter und Entscheidungsträger müssen sich auch darüber im Klaren sein, dass Komplexität und Unsicherheit mitunter dazu missbraucht wurden, durch „Fabrikation von Zweifeln“ und Warten auf „solide wissenschaftliche“ Ansätze (wie sie ursprünglich von der Tabakindustrie zur Verzögerung von Maßnahmen entwickelt wurden), den Schwerpunkt von Vorsorgemaßnahmen weg zu nehmen.

Kooperation zwischen Wirtschaft, Behörden und Bürgern fördern

Die Formulierung von Grundsätzen sollte von einem breiten Konzept technologischer Innovationen ausgehen und nichttechnologische, soziale, organisatorische und Verhaltensinnovationen einschließen. In diesem Rahmen haben Behörden mindestens drei Funktionen: Setzen von Leitlinien durch intelligente Bestimmungen und konsistente Marktsignale; Gewährleisten, dass Folgen von Innovationen in Form von Risiken und Belohnungen ausgeglichen über die Gesellschaft verteilt werden und Förderung der Vielfalt von Innovationen, so dass breitere Interessen der Gesellschaft den Vorrang vor engeren Interessen erhalten.

Zahlreiche Fallstudien zeigen, dass Entscheidungen, ohne Vorsorge zu handeln, häufig von Unternehmen stammen. Es gibt jedoch einige Hindernisse für das vorsorgliche Handeln von Unternehmen, darunter die Konzentration auf kurzfristigen ökonomischen Wert für Aktionäre sowie psychologische Faktoren, die

zu einer so genannten „moralischen Blindheit“ oder „Befangenheit im Eigennutz“ führen, durch die Personen mehrdeutige Situationen gemäß ihrem Eigeninteresse auslegen. Behörden und Unternehmen könnten zusammen mit Bürgern daran arbeiten, potentielle Wertekonflikte, die ein Reagieren auf Frühwarnzeichen mit sich bringt, allgemein offenzulegen. Eine Kultur der Transparenz kann positive Unternehmenshaltungen und Innovationen wechselseitig fördern. Die Einbeziehung der Öffentlichkeit kann auch bei der Auswahl der Innovationswege in die Zukunft; bei der Gewährung von Vorrang für öffentliche Forschung; bei der Bereitstellung von Daten und Informationen zur Unterstützung von Überwachung und frühen Warnungen; beim Erzielen geeigneter Kompromisse zwischen Innovationen und plausiblen Gesundheits- und Umweltschäden sowie bei der Abwägung verschiedener Gefahren von Nutzen sein.

Marktversagen durch Verursacher- und Vorsorgeprinzip korrigieren

Wenn Beweise für anfängliche Schäden aufkommen, sollten die Kosten nach dem Verursacherprinzip und der damit verbundenen Praxis in aller Welt rückwirkend in die Preise der kontaminierenden Produkte über Steuern und Gebühren eingebunden werden. Die daraus erzielten Einnahmen könnten zum Teil zur Anregung von Forschung nach weniger gefährlichen Alternativen und zum Teil zur Reform des Steuersystems durch Reduzierung von Steuern und Gebühren für „gemeinschaftliche Güter“ wie Beschäftigung verwendet werden.

Die Verschmutzungssteuern/-gebühren würden mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen über wachsende/zurückgehende Schäden steigen oder fallen, wodurch weniger verschmutzende Alternativprodukte eine faire Chance erhalten würden. Steuerverlagerungen von Beschäftigung auf Verschmutzung und ineffektive Nutzung von Ressourcen kann mehrere Vorteile bringen, darunter Arbeitsplätze, Anreize für Innovationen, eine stabilere Steuergrundlage angesichts erwarteter demographischer Veränderungen und ein effektiveres Steuererhebungssystem.

Im weiteren Kontext müssen Firmen und Regierungen ihre ökonomischen Buchhaltungssysteme erweitern, um die vollen Auswirkungen ihrer Tätigkeit auf die Gesundheit von Menschen und Ökosystemen einzubeziehen. Regierungen müssen dies bei ihrer Politik vorwegnehmen, indem sie die richtige Mischung von steuerlichen Instrumenten schaffen, um die Öffentlichkeit zu schützen und zu gewährleisten, dass Firmen die wahren Kosten potentieller Schäden internalisieren.

Eine Reihe von Fallstudien zeigt auch die langen Zeiträume, die zwischen dem Nachweis von Schäden und Entschädigung liegen, weil die Opfer ungerechterweise zur Verfolgung ihrer Ansprüche durch zivile Schadenersatzverfahren gezwungen werden. Prompte und antizipatorische Entschädigungspläne ohne Feststellung von Fehlverhalten und Versicherungsobligationen könnten eingerichtet werden. Sie sollten von den Branchen, die neuartige und Großtechnologien produzieren, im Vorfeld eventueller Schäden finanziert werden und so ein eventuelles Marktversagen ausgleichen. Solche Pläne können derart gestaltet werden, dass sie Anreize für Innovationsunternehmen verstärken, die Erkennung und Vermeidung von Schäden im Voraus zu erforschen.

Steuerung von Innovationen und Innovationen in der Steuerung

Die Berichte *Späte Lehren aus frühen Warnungen* demonstrieren die Komplexität des Unterfangens, nicht nur die richtigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu entwickeln, sondern auch das Zusammenwirken zwischen vielen beteiligten Akteuren und Institutionen – Regierungsbehörden, Politiker, Unternehmen, Unternehmer, Wissenschaftler, Vertreter der Zivilgesellschaft, Bürger und der Medien – zu bestimmen.

Gemeinsam mit vielen anderen Analysen, die heute in der Welt erstellt werden, heben die Berichte auch die Notwendigkeit hervor, unsere Denk- und Handlungsweisen zu verändern, und dies mit Dringlichkeit angesichts zuvor nie da gewesener globaler Veränderungen, Herausforderungen und Chancen. Es wurden viele Lehren gezogen, doch nicht danach gehandelt. Aufrufe zum Handeln müssen das heutige globale sozialökonomische Umfeld widerspiegeln, unter anderem das Bestreben:

- den Vorrang von ökonomischem und Finanzkapital vor sozialem, Human- und Naturkapital in ein neues Gleichgewicht bringen - durch breitere Anwendung der politischen Prinzipien von Vorsorge, Prävention und Zahlung durch den Verursacher sowie umweltrelevante Buchführung;
- den Charakter von Beweisen und öffentlichem Engagement bei der Auswahl wesentlicher Innovationswege erweitern, indem die wissenschaftlichen Bestrebungen stärker auf die Beschäftigung mit komplexen, systemimmanenten Herausforderungen und Unbekannten gelenkt und mit Fachwissen, Laienwissen, Lokalkennntnis und traditionellem Wissen unterlegt werden;

- die Führungs- und Lenkungssysteme mit höherer Anpassungsfähigkeit und Flexibilität für den Umgang mit mehreren systemimmanenten Bedrohungen und Überraschungen ausgestalten, indem die institutionellen Strukturen gestärkt und Informationstechnologien genutzt werden, um das Konzept verantwortungsbewusster Informationen und Dialoge zu unterstützen.

Die Lenkung von Innovationen wird im Bereich guter Absichten bleiben, wenn sie nicht in Innovationen der Wissenschaftspraxis, institutionelle Vereinbarungen und Engagement der Öffentlichkeit sowie Transformationen der bestehenden Haltungen, Praktiken und des Einflusses von Unternehmen umgesetzt wird. Dies sind die Aufgaben, die vor uns liegen.

Zum Gedenken an Masazumi Harada, 1935–2012



Masazumi Harada, ein Arzt, der viele Jahre lang am Studium der Minamata-Krankheit genannten Quecksilbervergiftung beteiligt war, ist im Juni 2012 in seinem Zuhause in Kumamoto City an myeloblastischer Leukämie gestorben. Er war 77 Jahre alt.

Harada führte erstmals 1961 als Student an der Graduiertenschule der Universität Kumamoto in der Stadt Minamata (Präfektur Kumamoto) medizinische Untersuchungen an Patienten durch, die an dieser Krankheit litten.

Erschüttert von deren qualvollem Leben widmete sich Harada seitdem dem Studium dieser Krankheit.

Harada veröffentlichte 1964 eine Dissertation zur kongenitalen Minamata-Krankheit. Die Arbeit hatte einen erheblichen Einfluss, denn sie widerlegte die damals übliche Ansicht, dass die Plazenta keine Gifte passieren lässt. Er wurde für die Dissertation 1965 mit einem Preis der Japanischen Gesellschaft für Psychiatrie und Neurologie ausgezeichnet.

Er richtete 2005 das Offene Forschungszentrum für Minamata-Studien an der Universität ein und wurde dessen Leiter. Auch aus nichtmedizinischer Perspektive bestimmte er die Forschung zu dieser Krankheit. Harada besuchte Brasilien, China und indigene indianische Gemeinschaften in Kanada, um Patienten mit Verdacht auf die Erkrankung zu finden.

Er war Autor zahlreicher Bücher, darunter „Minamata Byo“ (Minamata-Krankheit), das das Thema weltweit stärker ins Bewusstsein rückte.

Dr. Masazumi Harada kam zum ersten Mal Anfang der 1970er Jahre zu den First Nations Asubpeeschoseewagong (Grassy Narrows) und Wabaseemoong (White Dog) in Kanada. Harada starb am Ende des River Run 2012, fünf Aktionstagen von Mitgliedern und Förderern der Grassy Narrows in Toronto, die die offizielle Anerkennung der Minamata-Krankheit in Kanada und Ontario erreichen wollen. Haradas Abschlussbericht für die Gemeinschaft der Grassy Narrows wurde nach 30 Jahren Forschung am 4. Juni 2012 veröffentlicht und wies nach, dass von der Dryden-Papierfabrik in den 1970er Jahren in den Fluss eingeleitetes Quecksilber sich auf jene auswirkte, die noch nicht einmal auf der Welt waren, als die Einleitung endete.

Zum Gedenken an Poul Harremoës, 1934-2003



Poul Harremoës war über 30 Jahre lang bis zu seinem Tod 2003 im Alter von 69 Jahren ein Hauptakteur für Umweltfragen in Dänemark und im Ausland. In dieser Zeit profitierten alle, die eng mit ihm zusammenarbeiteten, von einem regelmäßigen, fast täglichen Strom von ausgezeichneten Ideen für neue Forschungsprojekte.

Er war Mitglied des dänischen Rates für Umweltverschmutzung, der den ersten nationalen gesetzlichen Rahmen zum Umweltschutz erstellte und die Regierung ab 1971 bei der Einrichtung eines Umweltministeriums beriet. Er war ein wichtiges Mitglied in zahlreichen Ausschüssen, darunter ab 1995

im ersten Wissenschaftlichen Komitee der Europäischen Umweltagentur.

Er hatte ein Diplom als Bauingenieur von der Technischen Universität von Dänemark. Schon früh spezialisierte er sich auf Geotechnik und baute Dämme auf den Faröer-Inseln. Als er Geotechnik unterrichtete, schrieb er ein Lehrbuch, das über 40 Jahre verwendet wurde. Dennoch war er in der Lage, seine Forschungsausrichtung rasch zu ändern und neue Kompetenzfelder zu entwickeln. Zum Beispiel erhielt er ein Stipendium für Berkeley, Kalifornien, wo er den Grad eines M. Sc. in Umwelttechnik erwarb.

1972 wurde er Professor für Umwelttechnik an der Technischen Universität von Dänemark, wo er ursprünglich an der Einleitung von Abwässern ins Meer und an den biologischen Prozessen der Abwasserbehandlung arbeitete. Er wurde ein weltweit führender Wissenschaftler auf dem Gebiet von Biofilmen zur Entfernung von organischem Material und Stickstoff aus Abwässern, bevor er sich der Konstruktion und Modellierung von Abwasserkanälen widmete. Im Jahr 2000 wurde Poul für seine Beiträge zur Theorie der Biofilmkinetik bei der biologischen Abwasserbehandlung und für seine erfolgreiche Organisation der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft auf dem Gebiet der Erforschung und Kontrolle von Wasserverschmutzung mit dem *Heineken-Preis für Umweltwissenschaften* ausgezeichnet.

Infolge seiner Arbeit mit Abwasser- und Regenwasserkanälen widmete er sich dem Bereich der Risikoanalyse und der Rolle des Vorsorgeprinzips. In kurzer Zeit wurde er zu einem internationalen Experten auf diesem Gebiet und war ein stark gefragter Gastdozent in allen Teilen der Welt. Ein Hauptergebnis seines Interesses waren seine Beiträge als Vorsitzender des Redaktionsteams für den 2001 veröffentlichten ersten Band von *Späte Lehren aus frühen Warnungen*.

Europäische Umweltagentur

**Späte Lehren aus frühen Warnungen: Wissenschaft, Vorsorge, Innovation –
Zusammenfassung**

2013 — 46 pp. — 21 x 29.7 cm

ISBN 978-92-9213-720-5

doi:10.2800/066323

WO ERHALTE ICH EU-VERÖFFENTLICHUNGEN?

Kostenlose Veröffentlichungen:

- Einzelexemplar:
über EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>);
- mehrere Exemplare/Poster/Karten:
bei den Vertretungen der Europäischen Union (http://ec.europa.eu/represent_de.htm),
bei den Delegationen in Ländern außerhalb der Europäischen Union
(http://eeas.europa.eu/delegations/index_de.htm),
über den Dienst Europe Direct (http://europa.eu/europedirect/index_de.htm)
oder unter der gebührenfreien Rufnummer 00 800 6 7 8 9 10 11 (*).

(*) Sie erhalten die bereitgestellten Informationen kostenlos, und in den meisten Fällen entstehen auch keine Gesprächsgebühren (außer bei bestimmten Telefonanbietern sowie für Gespräche aus Telefonzellen oder Hotels).

Kostenpflichtige Veröffentlichungen:

- über EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).



Europäische Umweltagentur
Kongens Nytorv 6
1050 Copenhagen K
Dänemark

Tel.: +45 33 36 71 00
Fax: +45 33 36 71 99

Internet: eea.europa.eu
Anfragen: community.eea.europa.eu



Publications Office

