

Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften - **infernum**

# Umweltrisiken

von: Uta Bergstedt  
Brigitte Biermann  
Michael F. Jischa  
Bernd Kowall  
Rolf Kümmel  
Ulrich Seifert

## **Impressum**

Titel: Umweltrisiken  
von: Uta Bergstedt  
Brigitte Biermann  
Michael F. Jischa  
Bernd Kowall  
Rolf Kümmel  
Ulrich Seifert

© 2013 FernUniversität in Hagen, 58084 Hagen & Fraunhofer UMSICHT, 46047 Oberhausen  
Alle Rechte vorbehalten.

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der FernUniversität reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

## Lehrziele

*„Darüber, wer die Welt erschaffen hat, lässt sich streiten. Sicher ist nur, wer sie vernichten wird.“ (George Adamson, 1906 – 1989)*

Natürliche Ereignisse, gesellschaftliche Entwicklungen und naturwissenschaftlich-technische Innovationen sind mit Risiken verbunden. Es ist Teil der Überlebensstrategie von Lebewesen, solche Risiken wahrzunehmen und ihr Verhalten danach auszurichten.

Der Mensch lebt in und mit einer Umwelt, die er durch seine Anwesenheit und seine Tätigkeit verändert hat und ständig aufs Neue verändert. Oft werden ihm die Konsequenzen seines Handelns spät, manchmal auch zu spät bewusst. Mit der Strategie der nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development) versucht die menschliche Gesellschaft, Risiken, die sich für die Umwelt ergeben und die aus der Umwelt in die Gesellschaft zurückschlagen, zu minimieren.

Die nachfolgenden Textbeiträge beschäftigen sich vor allem mit den naturwissenschaftlich-technischen Komponenten von Umweltrisiken, mit ihrer Wahrnehmung, ihrer Erkennung, ihrer Bewertung und ihrer Behandlung. Da der verantwortungsbewusste Umgang mit der Umwelt und ihren Ressourcen auch einiges an sozialer Kompetenz und moralischer Integrität voraussetzt, werden die daraus resultierenden Fragestellungen ebenfalls angesprochen. Die vorgestellten Informationen und Thesen sollen die Studierenden des Interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften auf der Grundlage objektiver wissenschaftlicher Standards befähigen, Umweltrisiken zu beurteilen, ihre Auswirkungen zu mildern und begründbare Vorsorge- und Vermeidungsstrategien zu erarbeiten, mit anderen Worten, Risikointelligenz und Risikokompetenz (Gigerenzer 2013) zu entwickeln. Dadurch sollte es auch möglich sein, in die stetig anschwellende öffentliche Diskussion zu Umweltproblemen und ihren Folgen mit sachlich fundierten Argumenten einzugreifen.

### Literatur

**Gigerenzer, G. (2013):** Risiko – Wie man die richtigen Entscheidungen trifft. C. Bertelsmann Verlag München

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	V
Autorinnen und Autoren .....	VI
<b>1 Umweltrisiken erkennen und bewerten .....</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung.....	1
1.2 Umweltrisiken erkennen.....	2
1.3 Umweltrisiken bewerten.....	3
1.4 Umweltrisiken managen.....	4
1.5 Vorausschau.....	5
Übungsaufgabe .....	6
Literatur .....	6
<b>2 Technische Risiken qualitativ und quantitativ beurteilen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Einleitung .....	7
2.2 Wahrscheinlichkeit, Häufigkeit, Zuverlässigkeit: Aspekte und Begriffe der Probabilistik.....	8
2.3 Pflichten zur Risikobeurteilung .....	10
2.4 Schritte der Risikobeurteilung.....	13
2.4.1 Risikoidentifikation .....	13
2.4.2 Risikoanalyse.....	14
2.4.3 Risikobewertung .....	16
2.5 Qualitative Risikobeurteilung im Explosionsschutz .....	16
2.6 Risikoorientierte Auswahl von PLT-Schutzeinrichtungen .....	18
2.7 Qualitative Störfallrisikobeurteilungen (Deutschland).....	20
2.8 Quantitative Störfallrisikobeurteilung (Schweiz).....	22
Übungsaufgaben .....	23
Literatur .....	24
<b>3 Harmlos oder toxisch – chemische Substanzen unter der Lupe .....</b>	<b>26</b>
3.1 Einleitung .....	26
3.2 Exposition und Wirkung.....	27
3.3 Grenzwerte und Schwellenwerte – was sagen sie aus? .....	33
3.4 REACH: Europa zähmt seine Chemikalien .....	34

3.5	<i>Komprimiertes Wissen: Chemikaliendatenbanken</i> .....	37
3.6	<i>Die Prognose umweltrelevanten Verhaltens</i> .....	37
3.7	<i>Ausblick</i> .....	38
	<i>Übungsaufgabe</i> .....	40
	<i>Literatur</i> .....	40
<b>4</b>	<b>Risiken bei biotechnologischen Produktionsprozessen am Beispiel der pharmazeutischen Industrie</b> .....	<b>42</b>
4.1	<i>Einführung</i> .....	42
4.2	<i>Grundlagen der biotechnologischen Produktionsprozesse bei Medikamenten</i> .....	42
4.3	<i>Vergleich von Biopharmazeutika und chemisch hergestellten Pharmazeutika</i> .....	44
4.4	<i>Hauptsächliche Risikofaktoren und ihre Auswirkungen</i> .....	46
4.5	<i>Besonderheiten bei der Produktion von Biosimilars</i> .....	49
4.6	<i>Methoden der Risikominimierung</i> .....	53
4.7	<i>Fazit und Ausblick</i> .....	55
	<i>Übungsaufgabe</i> .....	58
	<i>Literatur</i> .....	58
<b>5</b>	<b>Nachhaltiger Konsum. Risiken und Lösungsansätze</b> .....	<b>61</b>
5.1	<i>Konsum und Verantwortung</i> .....	61
5.2	<i>Was sind Konsumrisiken?</i> .....	61
5.3	<i>Komplexe Konsummuster</i> .....	63
5.3.1	<i>Konsumrisiko Energieverbrauch und Klimawandel</i> .....	64
5.3.2	<i>Konsumrisiko Ressourcenverbrauch</i> .....	66
5.3.3	<i>Weitere Konsumrisiken</i> .....	67
5.3.4	<i>Verantwortung für die Konsumrisiken</i> .....	67
5.4	<i>Verminderung von Konsumrisiken</i> .....	68
5.4.1	<i>Bedingungen für die Veränderung von Konsumverhalten</i> .....	69
5.4.2	<i>Verminderung von Konsumrisiken am Beispiel Autofahren</i> .....	70
5.5	<i>Interessenkonflikte und Vorbilder</i> .....	72
5.5.1	<i>Wie und von wem verantwortungsvoller Konsum gestaltet werden kann</i> .....	73
5.5.2	<i>Ausblick</i> .....	75
	<i>Übungsaufgabe</i> .....	76
	<i>Literatur</i> .....	76
<b>6</b>	<b>Soziologische und psychologische Aspekte der Risikowahrnehmung</b> .....	<b>78</b>
6.1	<i>Einleitung</i> .....	78
6.2	<i>Einige Aspekte der Soziologie des Risikos</i> .....	80

6.2.1	Risikogesellschaft I: Die Transformation von Gefahren in Risiken.....	80
6.2.2	Risikogesellschaft II: Die Unmöglichkeit von Sicherheit.....	81
6.2.3	Kulturelle und soziale Ursachen der Risikobewertung .....	82
6.3	<i>Individuelle Risikowahrnehmung und Risikoakzeptanz.....</i>	<i>83</i>
6.3.1	Risikowahrnehmung von Laien .....	83
6.3.2	Vergleich der Risikowahrnehmung von Experten und Laien .....	85
6.3.3	Qualitative Determinanten der Akzeptanz von Risiken .....	87
6.3.4	Zwei Anmerkungen zur Risikowahrnehmung von Experten und Laien.....	88
6.4	<i>Was besagen Befragungen zur Risikowahrnehmung? Zwei Beispiele.....</i>	<i>90</i>
	<i>Übungsaufgaben .....</i>	<i>92</i>
	<i>Literatur .....</i>	<i>92</i>
<b>7</b>	<b>Umweltrisiken – Von der Sintflut zum Gau .....</b>	<b>94</b>
7.1	<i>Einführung.....</i>	<i>94</i>
7.2	<i>Risikowahrnehmung im Wandel der Zeit .....</i>	<i>94</i>
7.3	<i>Die Bewusstseinswende der 1960-er Jahre .....</i>	<i>95</i>
7.4	<i>Von der Politik der „hohen Schornsteine“ zum produkt- und prozessintegrierten Umweltschutz .....</i>	<i>96</i>
7.5	<i>Von „normalen Katastrophen“ zu einer „Risikogesellschaft“ – Wandel in der Risikowahrnehmung.....</i>	<i>99</i>
7.6	<i>Der schwierige Dialog zwischen Experten und Laien – Akzeptabilität contra Akzeptanz.....</i>	<i>102</i>
7.7	<i>Verknüpfung von Umweltrisiken und Technikfolgenabschätzung.....</i>	<i>104</i>
	<i>Übungsaufgaben .....</i>	<i>105</i>
	<i>Literatur .....</i>	<i>105</i>
	<i>Ergänzende Literatur .....</i>	<i>106</i>
	<b>Glossar.....</b>	<b>108</b>
	<b>Lösungshinweise zu den Übungsaufgaben .....</b>	<b>123</b>

## 7 Umweltrisiken – Von der Sintflut zum Gau

*Michael F. Jischa*

*„Wir sind die erste Generation, die sich keinen Fehler mehr leisten darf“  
(Olof Palme, 1927 – 1986).*

### 7.1 Einführung

Wandel der  
Risikowahrnehmung

Die Wahrnehmung von Risiken, der Umgang mit Risiken und Strategien zu deren Bewältigung haben sich im Laufe der Zivilisationsdynamik deutlich verändert. Bis vor gut 200 Jahren dominierten natürliche Risiken, mit der industriellen Revolution sind technische, von Menschen verursachte Risiken hinzugekommen. Die heutige Technik hat „globale Ausmaße in Raum und Zeit“ angenommen (Jonas 1979), ihre Wirkmächtigkeit und Eindringtiefe sind in zuvor unvorstellbarer Weise angestiegen. Wir leben in einer „Risikogesellschaft“ (Beck 1986). Großtechnische Systeme neigen zu „Normalen Katastrophen“ (Perrow 1987). Die Kommunikation über globale Risiken und Strategien zu deren Bewältigung sind zu einem Thema geworden, das nur in Zusammenarbeit zwischen den „Zwei Kulturen“ (Snow 1967) behandelt werden kann. Die zwei Kulturen nennt Snow die literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz, so lautet der Untertitel seines Buches. Er meint damit die Geistes- und Gesellschaftswissenschaften sowie die Natur- und Ingenieurwissenschaften. Lehre und Forschung müssen sich in beiden Kulturen mit dieser Problematik auseinandersetzen. Denn es geht zunehmend um Probleme an der Schnittstelle zwischen Gesellschaft und Technik.

### 7.2 Risikowahrnehmung im Wandel der Zeit

Nicht die Fakten zählen, sondern die Meinung, die wir von den Fakten haben. Diese Aussage ist für „rationale“ Naturwissenschaftler und Ingenieure schwer nachvollziehbar, denn sie vertrauen den Aussagen (den Fakten), die sie aus unverrückbaren Naturgesetzen und objektiven, wiederholbaren Experimenten gewinnen. Der Schweizer Historiker Francois Walter hat in seinem Buch „Katastrophen – Eine Kulturgeschichte vom 16. bis ins 21. Jahrhundert“ (Walter 2010) drei zeitliche Abschnitte herausgearbeitet, in denen sich die Wahrnehmung von Katastrophen und Risiken jeweils signifikant verändert hat.

Drei zeitliche Phasen

Walter beginnt seine Analyse mit der Behandlung traditioneller Gesellschaften des 16. bis 18. Jahrhunderts und ihrer symbolischen Verarbeitung von Naturkatastrophen. Diese werden als „Plage“ oder „Geißel“ wahrgenommen. Das Erklärungsmuster lautet, dass Unglücksfälle jedweder Art wie Missernten, Berggrutsche, Feuer, Epidemien oder Überschwemmungen als ein Akt göttlicher Vorsehung gesehen werden, um Menschen, die Normen verletzt haben, zu mahnen und zu strafen. Stets werden Bezüge zur Bibel hergestellt. Überschwemmungen werden an der Sintflut gemessen, Feuersbrünste verweisen auf das Schicksal von Sodom und Gomorrha und Erdbeben sind Hinweise auf das Jüngste Gericht. Mit der Erdbeben-

katastrophe von Lissabon 1755 beginnt ein neues Zeitalter der Wahrnehmung von Katastrophen und Risiken. Nunmehr wird die Suche nach Erklärungen für jede Form von Übel auf den Menschen verlagert. Nicht mehr Gott ist der Strafende, sondern die Hybris des menschlichen Eingreifens in die Welt gefährdet das natürliche Gleichgewicht. Eine dritte Phase der Wahrnehmung beginnt für Walter nach dem Ersten Weltkrieg, deutlicher 1945 nach den Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki am Ende des Zweiten Weltkriegs.

Was prägt die Risikowahrnehmung der heute lebenden Generationen? Paradoxerweise wächst die Verwundbarkeit, je mehr Raum die Technik in der Lebensführung einnimmt. Das hat der Philosoph Hans Jonas in seinem Buch „Das Prinzip Verantwortung“ (Jonas 1979) eindrücklich thematisiert. Der von dem Soziologen Ulrich Beck geprägte Begriff „Risikogesellschaft“ (Beck 1986) hat durch die Katastrophe von Tschernobyl im April 1986 eine beängstigende Aktualität erhalten. Ängste vor den Risiken der Kernenergie, die Wahrnehmung des Klimawandels und Industriekatastrophen von unvorstellbaren Ausmaßen, wie in Bhopal 1984, haben zu einer Bewusstseinswende geführt. Ereignisse jüngerer Zeit wie der 11. September 2001, die verheerenden Folgen des Tsunamis 2004 in Süd-Ost-Asien und die nukleare Katastrophe von Fukushima im März 2011 haben diesen Prozess verstärkt.

Risikowahrnehmung in der Gegenwart

### 7.3 Die Bewusstseinswende der 1960-er Jahre

Bis vor fünf Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt ungebrochen. Insbesondere die Aufbauphase in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg wurde davon getragen. Die Erde schien über nahezu unerschöpfliche Ressourcen zu verfügen. Die Aufnahmekapazität von Wasser, Luft und Boden für Schadstoffe und Abfälle schien unbegrenzt zu sein. Die Segnungen von Wissenschaft und Technik verhießen geradezu paradiesische Zustände. Alles schien machbar zu sein und man glaubte, dass Wohlstand für alle – und damit auch für die Entwicklungsländer – nur eine Frage der Zeit sei.

Fortschrittsglaube schwindet

In den Wohlstandsgesellschaften der westlichen Welt wurde in den 1960-er Jahren eine Bewusstseinswende sichtbar. Mit dem Kürzel „1968-er Bewegung“ wird in unserem Land eine Reihe von ineinander greifenden, gesellschaftlichen Prozessen begriffen, die in hohem Maße von studentischen Aktivitäten getragen wurden. Dazu gehörten Friedensbewegungen, Frauenbewegungen, massive Proteste gegen die Kernenergie, gegen die Ordinarienuniversität und nicht zuletzt gegen die Umweltzerstörungen. Aus den ökologischen Bewegungen ist mit den „Grünen“ eine offenkundig stabile politische Kraft hervorgegangen.

Die „1968-er Bewegung“

Der Club of Rome –  
„Grenzen des  
Wachstums“

Die Bewusstseinswende manifestierte sich in unterschiedlicher Weise. Zum einen wurde 1968 der Club of Rome (CoR) gegründet. Die Initiative hierzu ging von dem Fiat-Manager Aurelio Peccei und dem OECD-Wissenschaftsmanager Alexander King aus. Sie setzten sich zum Ziel, gleich gesinnte Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Politik zu gewinnen, um gemeinsam über die für die Zukunft der Menschheit entscheidenden Herausforderungen und Lösungsansätze zu diskutieren. Hierfür prägten sie die Begriffe „World Problematiques“ und „World Resolutiques“. Ihre erste Analyse war erstaunlich weitsichtig, sie betraf drei Punkte: (1) Die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes zum Verständnis der miteinander vernetzten Weltprobleme, (2) die Notwendigkeit von langfristig angelegten Problemanalysen und (3) die Aufforderung „global denken und lokal handeln“. Der CoR stellte 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al. u. a. 1972) vor. Zuvor hatte 1962 die amerikanische Biologin Rachel Carson mit ihrem inzwischen zum Kultbuch der Ökologiebewegung avancierten Band „Der stumme Frühling“ die Auswirkungen eines rigorosen Einsatzes von Pestiziden auf Ökosysteme thematisiert (Carson 1962). Das Buch löste politische Debatten in den USA aus und war einer der Ausgangspunkte der US-amerikanischen Umweltbewegung. Wenig später wurde der Einsatz von DDT verboten.

„Der stumme Frühling“

Die Umwelt nimmt  
Einzug in die Politik

Die Bewusstseinswende der 1960-er Jahre hat in den entwickelten Industrieländern zu einer Sensibilisierung der Gesellschaft in Fragen des Natur- und Umweltschutzes geführt. Als Folge davon entwickelten alle Parteien ein neues Politikfeld, die Umweltpolitik. Im nordrhein-westfälischen Wahlkampf 1962 setzte die SPD das Motto „der Himmel über der Ruhr soll wieder blau werden“ ein. Die „Grünen“ formierten sich in den siebziger Jahren, sie haben sich zwischenzeitlich in unserem Parteienggefüge mit dem Schwerpunkt einer ökologisch orientierten Politik einen festen Platz geschaffen. Auch die etablierten Parteien CDU/CSU, SPD und FDP haben in der Folgezeit den Umweltschutz in ihre politischen Programme aufgenommen, und es gibt kein Bundesland ohne ein Umweltministerium. Das erste Ministerium dieser Art wurde 1970 von der Bayerischen Staatsregierung gegründet.

#### **7.4 Von der Politik der „hohen Schornsteine“ zum produkt- und prozessintegrierten Umweltschutz**

Periodisierungen sind stets problematisch, denn sie vereinfachen. Gleichwohl machen sie historische Entwicklungen deutlich. Es lassen sich vier Phasen in der Geschichte der Umweltpolitik herausfiltern, dargestellt an dem Zusammenspiel zwischen den zentralen Akteuren Politik und Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft sowie Medien.

Technokratische Phase

Es begann in den 1960-er Jahren mit der technokratischen Phase. Von Umweltpolitik konnte zu jener Zeit noch nicht gesprochen werden. Am Anfang stand die Strategie der „hohen Schornsteine“, des Verdünnens und Verteilens, dem US-amerikanischen Leitsatz folgend „dilution is the solution of pollution“. Im Zuge der Bewusstseinsänderung entwickelte sich der technische Umweltschutz „end-of-the-pipe“. Es ging um die Reinhaltung der Luft, der Gewässer und des Bodens. Ingenieur-

re entwickelten Verfahren zur Luftreinhaltung. Dabei ging es zunächst darum, die Rußpartikeln aus der Abluft der Kohlekraftwerke herauszufiltern. Windsichter, Siebe, Staubabscheider und Zyklone sowie die Partikelmesstechnik wurden (weiter-) entwickelt und industriell eingesetzt. Der Himmel über der Ruhr wurde tatsächlich wieder blau. Im nächsten Schritt ging es um die Reduktion der nicht sichtbaren gasförmigen Schadstoffe durch nachgeschaltete Rauchgas-Entstickungs- und Rauchgas-Entschwefelungsanlagen. In dieser Phase verließen sich die Politiker voll auf das Expertenwissen aus Wissenschaft und Wirtschaft. Die Medien spielten, mit Ausnahme von Fachzeitschriften, noch keine Rolle. Die Öffentlichkeit war noch nicht sensibilisiert und die Harmonie zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft war ungestört.

Diese Harmonie begann in den 1970-er Jahren zu bröckeln. Es folgte eine konzeptionelle Phase, geprägt von zwei Entwicklungslinien. Auf der einen Seite ging es um die Etablierung einer umweltpolitischen Konzeption auf wissenschaftlicher Grundlage. Stichworte hierzu sind das Vorsorge-, das Verursacher- und das Kooperationsprinzip. Die Zusammenarbeit zwischen den klassischen Akteuren Politik und Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft war noch gut. Auf der anderen Seite formierte sich mit den „Grünen“ eine zunächst außerparlamentarische Opposition. Diese bekämpften das „rationale“ Konzept der Umweltpolitik und forderten den ökologischen Umbau der Industriegesellschaft. Die Medien begannen, Umweltthemen wie Waldsterben, Ozonloch, Treibhauseffekt, Überfischung und Artensterben aufzugreifen, die Öffentlichkeit zeigte sich zunehmend sensibilisiert.

Konzeptionelle Phase

In den 1980-er Jahren begann die Phase der Entkopplung, die Umweltpolitik selbstständig wurde. Alle Parteien erarbeiteten Umweltprogramme, man kann von einer parteipolitischen Umweltoffensive sprechen. 1986 wurde unmittelbar nach der Tschernobylkatastrophe das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) eingerichtet. Die Diskussion in den Medien und in der Öffentlichkeit wurde durch großtechnische Katastrophen bestimmt. Die Harmonie zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft bröckelte zusehends.

Phase der Entkopplung

Die 1990-er Jahre können als Phase der Globalisierung bezeichnet werden. Vorläufer waren der 1980 von Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte Bericht „GLOBAL 2000“ (GLOBAL 2000 1980) und der 1987 erschienene Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung mit dem Titel „Unsere gemeinsame Zukunft“ (Hauff 1987). Dieser Bericht trug entscheidend dazu bei, das Leitbild „Sustainable Development“ einer größeren Öffentlichkeit nahe zu bringen. Die Diskussion erreichte einen vorläufigen Höhepunkt mit der „Agenda 21“, dem Abschlussdokument der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 (BMU 1992). Insbesondere nach der Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 etablierte sich das Leitbild Nachhaltigkeit in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit.

Phase der Globalisierung

Auf nationaler Ebene setzte der Übergang von der Abfallbeseitigung (dem Abfallbeseitigungsgesetz) zum Kreislaufgedanken Anfang der 1990-er Jahre ein. Der damalige Umweltminister Klaus Töpfer machte erstmals den Versuch, die Abfallwirtschaft

Von der Abfall- zur Kreislaufwirtschaft

zu einem strategischen Ansatzpunkt zu machen, um die Hersteller von der Produktverantwortung zur Entwicklung ökoeffizienter Güter zu bewegen. Die seinerzeit erfolgte Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgedankens durch gemeinwohlorientierte Unternehmen wie das Duale System Deutschland AG (Der Grüne Punkt) war nicht unumstritten. Die kontrovers geführten Diskussionen verliefen entlang einer Gemengelage aus politischen, verwaltungsrechtlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Argumenten und sind entsprechend unübersichtlich. Der Kreislaufgedanke hat die Art des Wirtschaftens in Deutschland deutlich verändert. Als Entsorgungskonzept konzipiert entlastet es gleichzeitig die Versorgungsseite, denn die Reichweite mineralischer und fossiler Rohstoffe wird durch Recyclingmaßnahmen gestreckt.

Von End-of-pipe-Techniken zum produkt- und prozessintegriertem Umweltschutz

Alle technischen Maßnahmen zum Schutz der Umwelt basieren auf bekannten Grundoperationen der Verfahrenstechnik/der Chemieingenieurtechnik. Sie werden mitunter abwertend als „end-of-the-pipe“-Technik bezeichnet. Es ist zweifellos richtig, dass technische Maßnahmen verstärkt durch Vorsorgemaßnahmen ergänzt werden müssen. Aber da unsere Zivilisationsmaschine Abluft, Abwässer und Abfall produziert, werden technische Maßnahmen am Ende der Prozesse notwendig bleiben. Gleichwohl muss verstärkt an Maßnahmen für einen produkt- und prozessintegrierten Umweltschutz gearbeitet werden (vgl. Kapitel 7 in diesem Lehrbrief und Modul 19 „Umweltverfahrenstechnik“).

„Baconisches Zeitalter“

Offenbar befinden wir uns „Am Ende des Baconischen Zeitalters“ (Böhme 1993), wenn wir die neuzeitliche Wissenschaft als die Epoche Bacons bezeichnen. Denn in unserem Verhältnis zur Wissenschaft ist eine Selbstverständlichkeit abhandengekommen. Nämlich die Grundüberzeugung, dass wissenschaftlicher und technischer Fortschritt zugleich und automatisch humaner und sozialer Fortschritt bedeuten. Die wissenschaftlich-technischen Errungenschaften bewirken neben dem angestrebten Nutzen immer auch Schäden, die als Folge- und Nebenwirkungen die ursprünglichen Absichten konterkarieren.

Mehrdimensionale Zukunftsfähigkeit

Seit der Implementierung des Nachhaltigkeitsgedankens im breiten gesellschaftlichen Diskurs geht es deshalb nicht mehr nur um Umweltpolitik und Techniken des Umweltschutzes. Es geht um mehrdimensionale Zukunftsfähigkeit. Umweltrelevante Forschungsgebiete wurden in den Ingenieurwissenschaften und in anderen Disziplinen entwickelt. Dazu gehören Methoden des Stoffstrom- und des Energiestrom-Managements, Ökobilanzen, Umweltverträglichkeitsprüfungen und insbesondere Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Dabei wurde deutlich, dass es neben rein fachspezifischen Fragestellungen zunehmend auf die Bearbeitung von mehrdimensionalen Problemen ankommt, die nur interdisziplinär bearbeitet werden können. Dies stellte akademisch etablierte Strukturen vor Herausforderungen, auf die sie bislang in unterschiedlicher Weise (oder gar nicht) reagiert haben.

## 7.5 Von „normalen Katastrophen“ zu einer „Risikogesellschaft“ – Wandel in der Risikowahrnehmung

Die Dynamik des technischen Wandels hat Systeme mit hohem Risikopotenzial entstehen lassen. In großtechnischen Systemen werden Systemausfälle unabhängig von ihren inhärenten Gefahren wie Toxizität, Explosivität oder Radioaktivität geradezu unausweichlich. Sie neigen zu „normalen Katastrophen“ (Perrow 1987). Anlass für die Buchpublikation, die im englischen Original 1984 und somit vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl erschienen ist, war die Beschäftigung mit dem Reaktorunfall 1979 in Harrisburg im Rahmen eines Organisationsgutachtens, wobei Perrow sich als Soziologe insbesondere mit der vorwiegend technisch orientierten Analyse auseinandersetzte. Seine Schlüsselbegriffe sind Komplexität und Kopplung. Je komplexer das System und die Wechselwirkungen seiner Bestandteile, desto häufiger kann es zu Störungen kommen. Die Signale der Störungen können mehrdeutig sein und destabilisierende Reaktionen der Operateure oder der automatischen Steuerungen bewirken. Je starrer die Bestandteile eines Systems zeitlich und räumlich gekoppelt sind, desto größer ist die Gefahr, dass lokale Störungen andere Teile des Systems in Mitleidenschaft ziehen können. Katastrophen werden somit „normal“. Das ist keine Häufigkeitsaussage, sondern lediglich Ausdruck einer immanenten Eigenschaft großtechnischer Systeme.

„Normale Katastrophen“

Charakteristische „normale Katastrophen“ haben das Jahr 1986 zu einem „Schaltjahr“ in der Risikodebatte gemacht (Renn 1997). Dies waren die Explosion der Raumfähre Challenger, der GAU eines Reaktorblocks in Tschernobyl und der Großbrand bei Sandoz in der Schweiz. Störfälle und technische Katastrophen mit schrecklichen Folgen hat es auch vor 1986 gegeben. Beispielhaft sei der Chemieunfall 1984 in Bhopal/Indien erwähnt. Die Katastrophe schockierte die Welt, nie zuvor waren mehr Menschen durch einen Industrieunfall gestorben. Die Analyse westlicher Experten lautete damals, das hätte „bei uns“ nicht passieren können. 1986 geschah es dann doch „bei uns“. Die Botschaft des Chemieunfalls in der Schweiz hatte eine ähnliche Wirkung wie die Katastrophe der Kernreaktoren in Fukushima, hervorgerufen durch ein Erdbeben und dem nachfolgenden Tsunami im März 2011. Die Botschaft lautete, wenn es in der Schweiz und in Japan passieren kann, dann kann es überall auf der Welt passieren.

1986 – Schaltjahr der Risikodebatte in Deutschland

Nahezu zeitgleich mit der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl erschien 1986 das Buch „Risikogesellschaft“ des Soziologen Ulrich Beck (Beck 1986), das die Risikodebatten der Folgezeit geprägt hat. Bereits in der Frühzeit der Industrialisierung hat es beträchtliche Risiken gegeben. Die Gefahren unserer hoch technisierten Welt unterscheiden sich hiervon qualitativ und quantitativ jedoch wesentlich. Stark verkürzt begründet Beck das wie folgt: Die Gefahrenpotenziale lassen sich nicht eingrenzen. Die etablierten Regeln von Zurechnung und Verantwortlichkeit versagen, wir leben in einer Welt der organisierten Unverantwortlichkeit. Die Gefahren können technisch nur minimiert, aber niemals ausgeschlossen werden.

„Risikogesellschaft“

Infobox: Jahresgutachten des „Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 1998 „Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“

In dem Jahresgutachten 1998 „Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“ des „Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ heißt es zu Beginn der Zusammenfassung (WBGU 1998, S. 3):

„Globale Risikopotenziale und ihre Wechselwirkungen mit ökonomischen, sozialen und ökologischen Wandlungsprozessen sind zu einer Herausforderung für die internationale Gemeinschaft geworden. Niemals zuvor haben die Eingriffe des Menschen in die Natur eine globale Reichweite erreicht. Dazu haben auf der einen Seite u. a. die Zunahme der Weltbevölkerung, v. a. in den Entwicklungsländern, und auf der anderen Seite die Erhöhung des Anspruchsniveaus der Menschen in Verbindung mit einer bestimmten Wirtschafts- und Produktionsweise (Durchflusswachstum), vor allem in den Industrieländern, beigetragen. Mit diesem Gutachten will der Beirat einen konstruktiven Beitrag zu einem effektiven, effizienten und sachlichen Umgang mit Risiken des globalen Wandels leisten, indem

- global relevante Risiken typisiert und dabei die besonders gravierenden Risikotypen herausgestellt werden,
- diesen Typen sowohl bewährte als auch innovative Strategien zur Risikobewertung sowie entsprechende Instrumente für das Risikomanagement zugeordnet werden, so dass daraus Managementprioritäten festgelegt werden können.“

Wandel in der  
Risikodiskussion

Seit 1986, dem Schaltjahr in der Risikodiskussion, werden die Befürworter der Großtechnik in die Defensive gedrängt, die Skeptiker bestimmen den neuen Risikodiskurs. Moralität und Rationalität der Experten („Unsere Kernkraftwerke sind absolut sicher“) wurden angezweifelt, es entwickelte sich ein neues Selbstbewusstsein der Laien, insbesondere in risikorelevanten Fragestellungen. Die Wirkmächtigkeit und Eindringtiefe heutiger Technologien bezüglich Raum und Zeit ist nie zuvor in so erschreckender Weise deutlich geworden. Die TV-Übertragungen über Fukushima nach dem 11. März 2011 haben zu einem „Iconic Turn“ geführt.

„WBGU – Welt im  
Wandel“

1998 veröffentlichte der „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) in seinem Jahresgutachten „Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken“ (s. Info-Box). Mit der üblichen Darstellung Eintrittswahrscheinlichkeit über dem Schadensausmaß definiert der WBGU drei Bereiche, einen Normal-, einen Grenz- und einen Verbotsbereich.

Risiken im Normalbereich zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- geringe Ungewissheiten in Bezug auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Schäden,
- geringes Schadenspotenzial,
- geringe Eintrittswahrscheinlichkeit,
- geringe Persistenz und Ubiquität (zeitliche und örtliche Ausdehnung) sowie
- weit gehende Reversibilität des potentiellen Schadens.

Der Grenzbereich wird erreicht, wenn

- die Ungewissheit über die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Schäden groß ist,
- das Schadenspotenzial hoch
- und die Eintrittswahrscheinlichkeit hoch sind,
- Persistenz, Ubiquität und
- Irreversibilität besonders hoch sind,
- ein begründeter Verdacht einer kausalen Beziehung zwischen Auslöser und Folgen vorliegen muss und
- aus Gründen der wahrgenommenen Verteilungsungerechtigkeiten mit einem großen Konflikt- bzw. Mobilisierungspotenzial zu rechnen ist.

In dem daran anschließenden Verbotsbereich sind die erwartbaren Folgen, die mit dem Eingehen eines Risikos verbunden sind, so gravierend, dass eine unbedingte Risikoreduktion zu erfolgen hat, im Extremfall mit einem sofortigen Verbot.

In dem Bericht werden Umweltrisikopotenziale des globalen Wandels eingeteilt in technologische Risiken, Seuchen als globales Risiko, biologische Risiken, stoffliche Risiken, Klimarisiken, Naturkatastrophen. Der WBGU schlägt eine Einteilung in sechs Risikotypen vor, die er mit Begriffen aus der griechischen Mythologie belegt (WBGU 1998, S. 10 ff.). Diese verlangen nach spezifischen Strategien und entsprechenden Instrumenten, die geschildert und mit Handlungsempfehlungen versehen aufgegliedert werden in: Vorsorgliche Wissenserzeugung, internationale Mechanismen zur Risikofeststellung und -bewertung (hier wird empfohlen, ein UN Risk Assessment Panel in Analogie zum Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC einzurichten), Schaffung wirkungsvoller Kapazitäten der Risikobewältigung, ökologische Kriterien der Entwicklungszusammenarbeit sowie Förderung der Risikomündigkeit.

Umweltrisikopotenziale

## 7.6 Der schwierige Dialog zwischen Experten und Laien – Akzeptabilität contra Akzeptanz

Kommunikation bei Umweltproblemen

Gleichfalls 1986 erschien das Buch „Ökologische Kommunikation“ (Luhmann 1986) des Soziologen Niklas Luhmann. Seine entscheidende These lautet, dass die Gesellschaft nur unter den sehr eingeschränkten Bedingungen ihrer eigenen Kommunikationsmöglichkeiten auf Umweltprobleme reagieren kann. Dies gilt auch für Umweltprobleme, die die Gesellschaft selbst ausgelöst hat. Die Lösung des Problems kann nach Luhmann nicht in neuen Wertvorstellungen, nicht in einer neuen Moral oder in der akademischen Ausarbeitung einer Umweltethik liegen. Vielmehr sei entscheidend, die Systemstrukturen zu analysieren. Eine Analyse der Dialoge zwischen Experten und Laien über die Wahrnehmung und Einschätzung von technischen Risiken zeigt, dass diese von einem grundsätzlichen Problem gekennzeichnet sind.

Rationalitäten

Ingenieure und Naturwissenschaftler (die Experten) neigen dazu, ihre Rationalität für die Rationalität schlechthin zu halten. Denn mit ihrer Argumentation bewegen sie sich auf dem Boden unverrückbarer Naturgesetze, unterstützt von objektiven, wiederholbaren Experimenten, aus denen sie ihr Expertenwissen beziehen. Diese Experten reagieren in Risikodialogen verblüfft, wenn Laien ihrer Rationalität nicht folgen und ihre Argumente verpuffen. Ihre Reaktion besteht zumeist darin, das Verhalten der Laien als irrational abzuqualifizieren. Irrational deshalb, weil die Laien ihrer eigenen, der wahren Rationalität nicht folgen. Wir alle haben eine eindimensionale selektive Wahrnehmung. Wir hören, was wir hören wollen; wir sehen, was wir sehen wollen. Das ist Marketingexperten, PR- und Werbefachleuten geläufig, ebenso Soziologen und Psychologen. Letztere wissen im Gegensatz zu rationalen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren, dass es unterschiedliche Arten von Rationalität gibt.

Unterschiede in der Risikokommunikation

Das entscheidende Problem der Risikokommunikation zwischen Experten und Laien liegt also darin, dass diese gruppenspezifisch verschieden ist. Die Experten argumentieren auf der Basis objektiver Risikokonzepte. Dabei geht es um Schaden-Nutzen-Kalküle, ausgedrückt durch das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe je Zeiteinheit. Dieser analytische Risikobegriff mag bei alltäglichen Unfällen, im Straßenverkehr oder im Haus, kommunizierbar sein. Geht jedoch einer der beiden Faktoren gegen Null (die Eintrittswahrscheinlichkeit) und der andere Faktor gegen Unendlich (die Schadenshöhe), wie im Falle der GAUs 1986 in Tschernobyl und 2011 in Fukushima, dann wird dieser analytische Risikogruppenebegriff (das „Restrisiko“) der Experten von der Öffentlichkeit nicht mehr angenommen. Die Aussage von Experten, etwa aus der Reaktorsicherheitskommission RSK, die Wahrscheinlichkeit eines GAUs in einem Kernkraftwerk sei kleiner als etwa  $10^{-6}$  je Block und Jahr, lässt sich nicht kommunizieren. Das liegt nicht nur an der für Laien ungewohnten Schreibweise von Zehnerpotenzen. Auch als Dezimalbruch ausgedrückt sind derart kleine Größenordnungen nicht vorstellbar. Auf die Frage, ob ein GAU morgen passieren könne, müsste die Antwort lauten: im Prinzip ja, aber es ist ganz außergewöhnlich unwahrscheinlich. Die Öffentlichkeit orientiert sich an

anderen, vorwiegend qualitativen Risikomerkmale wie Höhe des Katastrophenpotenzials, der sozialen Verteilung von Schaden und Nutzen und der Einschätzung der Kontrollierbarkeit. Aktuelle Auseinandersetzungen zwischen der Gesellschaft und der Politik/Wirtschaft betreffen technische Großprojekte wie Stuttgart 21 und den Ausbau des Frankfurter Flughafens. Auch wenn es (zumindest in Deutschland) einen gesellschaftlichen und politischen Konsens darüber gibt, dass wir vor einer „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ (WBGU 2003) stehen, so bedeutet das noch keinen Konsens über dessen Ausgestaltung. Auch wenn es völlig unstrittig ist, dass wir bei der Umstellung unseres Energiesystems hin zu einem Mix unterschiedlicher regenerativer Energien einen deutlichen Ausbau der Netze und Speicher brauchen, so wird dessen Realisierung durch insbesondere lokale Aktivitäten massiv behindert, bei denen stets die Mechanismen „Not in my backyard“ (NIMBY) greifen.

Somit wird in der Risikodiskussion zwischen den beiden Begriffen Akzeptabilität (Wahrnehmung der Experten) und Akzeptanz (Wahrnehmung der Laien) unterschieden. Akzeptabilität ist der Begriff der Experten. Diese gehen methodisch vor, analysieren und bewerten die Funktionen und betrachten die Gesellschaft als System. Sie kommen unter Abwägung aller Einflüsse zu dem Urteil, eine bestimmte Technologie (etwa die Kernenergie) sei unter gewissen Voraussetzungen akzeptabel (oder nicht). Ob die Expertenaussagen Akzeptanz in der Öffentlichkeit finden, ist eine ganz andere Frage. In der Öffentlichkeit überwiegen emotionale Komponenten, Laien urteilen vorwiegend intuitiv. Eine derartige Reaktion der Laien als irrational, teilweise gar als ideologisch zu bezeichnen, ist wenig hilfreich. Auch und gerade die Experten müssen akzeptieren, dass es unterschiedliche Rationalitäten gibt.

Akzeptabilität versus Akzeptanz

Betrachten wir die verschiedenen Arten der Risikokommunikation, so scheint die Diskrepanz zwischen Akzeptabilität und Akzeptanz nach wie vor zu bestehen. In der Literatur werden drei wesentliche Strategien der Risikokommunikation unterschieden (Renn und Zwick 1997).

Verschiedene Arten der Risikokommunikation

Die Medien betreiben Schadenskommunikation. Sie berichten ausführlich über Katastrophen und sie suchen den oder die „Schuldigen“. Sie sind es, die Themen besetzen, über die in der Öffentlichkeit diskutiert wird. Sie machen „Agenda-Setting, -Surfing und -Cutting“. Angstkommunikation wird betrieben von Technikgegnern, alternativen Gruppen und teilweise von Umweltverbänden. Verantwortlich sind in ihren Augen die Wachstumspolitik, die Wirtschaft, die Industrie, kurz die Globalisierung. Vertreter der wachstumsorientierten Modernisierung, insbesondere die Wirtschaft und wirtschaftsnahe politische Kreise, betreiben eine Restrisikokommunikation.

Es hat sich gezeigt, dass diese drei Strategien der Risikokommunikation nicht kompatibel sind. Sie haben zu einer Spirale der Verhärtung und zu einer Blockade der Gesellschaft geführt. Gibt es einen Weg aus dieser Selbstblockade? Die vorzugsweise (immer noch?) angewendete Strategie der Industrie, neue Technologien schleichend einzuführen und nachträglich durch PR-Maßnahmen zu rechtfertigen, ist

bestenfalls kurzfristig erfolgreich. Der dafür gezahlte Preis ist (zu) hoch. Er führt zu einer Zerrüttung von Vertrauen und Glaubwürdigkeit der Akteure in Wirtschaft und Politik. Die sich daraus ergebende Vertrauens-, Legitimations- und Akzeptanzkrise stärkt letztlich das Lager der Modernisierungs- und Technikkritiker. Vertrauen ist jedoch die Grundlage und zugleich das Ziel einer jeden Risikokommunikation. Für moderne, hochgradig arbeitsteilige Gesellschaften ist Vertrauen als gesellschaftliche Konvention charakteristisch und absolut unverzichtbar. Vertrauen ist ein Mittel zur Reduktion von Komplexität, wie Niklas Luhmann formuliert hat (Luhmann 1986). Wir müssen beispielsweise darauf vertrauen, dass die Lufthansa ihre Flugzeuge exzellent wartet und ihre Piloten hervorragend ausbildet, dass die Polizei unser Freund und Helfer ist, dass die Gerichte Recht sprechen und dass die öffentliche Verwaltung nicht korrupt ist. Vertrauen bezieht sich auf Akteure, deren Handlungen und Einstellungen, und auf Institutionen, deren Systeme und Verfahren. Vertrauen ist Sozialkapital, es reduziert die Transaktionskosten einer Gesellschaft. Sozialkapital zu bilden ist ein langer und schwieriger Prozess. Sozialkapital zu zerstören geht rasch, wenn die Eliten in Politik, Wirtschaft, Kultur und Wissenschaft von der Gesellschaft nicht mehr als Eliten mit Vorbildfunktion wahrgenommen werden. Dieses Vertrauen ist in einer offenen demokratischen Gesellschaft mündiger und kundiger Bürger nur durch einen fairen und ergebnisoffenen Dialogprozess, durch eine partizipative Strategie zu gewinnen (vgl. KE TA).

## 7.7 Verknüpfung von Umweltrisiken und Technikfolgenabschätzung

Wie sicher ist sicher?

Die Verknüpfung von Technikfolgenabschätzung (TA) und Umweltrisiken macht Sinn. Denn die Frage, wie sicher ist sicher, hat viel mit der Frage zu tun, wie nachhaltig ist nachhaltig. Aus Sicht eines Ingenieurs ist TA das entscheidende Instrument, um die Nachhaltigkeit technischer Produkte und Prozesse zu überprüfen, denn es hilft Entscheidungen transparent und nachvollziehbar zu gestalten. Ingenieure haben Technik schon immer beurteilt, bislang jedoch nur nach zwei Kriterien. Das technische Kriterium umfasst Fragen der Funktionalität, Sicherheit und Qualität. Als zweites Kriterium war immer die betriebswirtschaftliche Frage bedeutsam, denn technische Produkte müssen sich am Markt behaupten. Somit ist die Bewertung von Technik prinzipiell nicht neu, jedoch ist angesichts des Leitbildes Nachhaltigkeit der Zielvektor komplexer geworden. Neben betriebswirtschaftlichen Aspekten sind volkswirtschaftliche Aspekte zunehmend wichtiger geworden, Fragen der Verfügbarkeit und der internationalen Verträglichkeit. Als wesentliches Ergebnis der 1960-er Bewusstseinswende sind die Umweltverträglichkeit und die Sozialverträglichkeit als entscheidende Kriterien hinzugekommen. Seit jener Zeit sprechen wir von dem Nachhaltigkeitsdreieck, bestehend aus Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft, teilweise wird die kulturelle Dimension hinzugefügt.

„Gegenwartsschrumpfung“ und „Popper-Theorem“

Die Notwendigkeit von Folgenabschätzungen wird mit dem Verweis auf die Philosophen Hermann Lübbe und Karl Popper unabweisbar. Wir leben in einer Zeit der „Gegenwartsschrumpfung“ (Lübbe 1994). Wenn wir die Gegenwart als die Zeitdauer konstanter Lebens- und Arbeitsverhältnisse definieren, dann nimmt der Aufenthalt in der Gegenwart ständig ab. Durch die Dynamik des technischen Wandels

rückt die unbekanntere Zukunft laufend näher an die Gegenwart heran. Gleichzeitig wächst in der Gesellschaft die Sehnsucht nach dem Dauerhaften, dem Beständigen. Zugleich gilt eine ernüchternde Erkenntnis, das „Popper-Theorem“ (Popper 1987), das in dieser verkürzten Form bei Popper so nicht zu finden ist: Wir können immer mehr wissen, und wir wissen auch immer mehr. Aber eines werden wir niemals wissen, nämlich was wir morgen wissen werden, denn sonst wüssten wir es bereits heute.

Das bedeutet, dass wir zugleich immer klüger und immer blinder werden. Mit fortschreitender Entwicklung der modernen Gesellschaft nimmt die Prognostizierbarkeit ihrer Entwicklung ständig ab. Niemals zuvor in der Geschichte gab es eine Zeit, in der die Gesellschaft so wenig über ihre nahe Zukunft gewusst hat wie heute. Gleichzeitig wächst die Zahl der Innovationen ständig, die unsere Lebenssituation strukturell und meist irreversibel verändert.

### Übungsaufgaben

- Beschreiben Sie die Veränderung der Risikowahrnehmung über die Zeit.
- In welchen Bereichen ergänzen sich Technikfolgenabschätzung und Risikowahrnehmung, in welchen unterscheiden sie sich?
- Warum ist Risikokommunikation bei technischen Anlagen häufig so schwierig und welchen Beitrag kann eine Technikfolgenabschätzung leisten?

### Literatur

**Beck, U. (1986):** Risikogesellschaft. Suhrkamp, Frankfurt/Main

**BMU (1992):** Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992. BMU, Bonn

**Böhme, G. (1993):** Am Ende des Bacon'schen Zeitalters. Suhrkamp, Frankfurt/Main

**Carson, R. (1963):** Der stumme Frühling. Beck, München

**GLOBAL 2000 (1980):** Der Bericht an den Präsidenten. Zweitausendeins, Frankfurt/Main

**Hauff, V. (Hg.) (1987):** Unsere gemeinsame Zukunft. Eggenkamp, Greven

**Jonas, H. (1979):** Das Prinzip Verantwortung. Suhrkamp, Frankfurt/Main

**Lübbe, H. (1994):** Im Zug der Zeit. Springer, Berlin

**Luhmann, N. (1986):** Ökologische Kommunikation. Westdeutscher Verlag, Opladen

**Meadows, D. et al (1972):** Die Grenzen des Wachstums. Rowohlt, Reinbek

**Perrow, C. (1987):** Normale Katastrophen. Campus, Frankfurt/Main

**Popper, K. (1987):** Das Elend des Historizismus. Mohr, Tübingen

- Renn, O. (1997):** Abschied von der Risikogesellschaft? Risikopolitik zwischen Expertise und Moral. GAIA 6 no. 4, S. 269-275
- Renn, O.; Zwick, M. M. (1997):** Risiko- und Technikakzeptanz. Springer, Berlin
- Snow, C. P. (1967):** Die zwei Kulturen - Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. Ernst Klett, Stuttgart
- Walter, F. (2010):** Katastrophen – Eine Kulturgeschichte vom 16. bis ins 21. Jahrhundert. Reclam, Stuttgart
- WBGU (1998):** Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York etc.

### **Ergänzende Literatur**

- Jischa, M. F. (2004):** Ingenieurwissenschaften. Reihe Studium der Umweltwissenschaften. Springer, Berlin
- Jischa, M. F. (2005):** Herausforderung Zukunft – Technischer Fortschritt und Globalisierung. 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (vergriffen, erscheint in Kürze als E-Book)
- Leggewie, C.; Welzer, H. (2009):** Das Ende der Welt, wie wir sie kannten - Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie. Fischer, Frankfurt/Main
- McNeill, J. R. (2003):** Blue Planet - Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert. Campus, Frankfurt/Main
- Minois, G. (1998):** Die Geschichte der Zukunft. Artemis & Winkler, Düsseldorf
- Radkau, J. (2011):** Die Ära der Ökologie. Beck, München
- Stern, N. (2009):** Der Global Deal – Wie wir dem Klimawandel begegnen und ein neues Zeitalter von Wachstum und Wohlstand schaffen. Beck, München
- Uekötter, F. (2011):** Das Ende der Gewissheiten – Die ökologische Frage im 21. Jahrhundert. Campus, Frankfurt/Main
- WBGU (2011):** Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Springer, Berlin
- Welzer, H. (2008):** Klimakriege – Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird. Fischer, Frankfurt/Main

Kommentar: Dieser Text beruht in weiten Teilen auf Jischa (2004, 2005), daher als Ergänzung empfohlen. Der Historiker McNeill geht auf ökologische Katastrophen und Umweltrisiken als Folge der Industrialisierung ein. Der Historiker Minois beschreibt, wie sich die Wahrnehmung der Umwelt, deren Risiken und damit die Wahrnehmung der Zukunft im Laufe der Zivilisationsdynamik verändert haben. Der Historiker Radkau hat eine faktengesättigte Weltgeschichte der Ökologie geschrieben, während der Historiker Uekötter die ökologische Frage im 21. Jahrhundert thematisiert. Die Gesellschaftswissenschaftler Leggewie und Welzer behandeln Themen an der Schnittstelle von Gesellschafts- und Naturwissenschaften. Sie ma-

chen deutlich, dass die jüngsten Krisen, der Klimawandel, schwindende Ressourcen und Raubbau einen Sprengstoff bilden, der die Weltgemeinschaft vor neue Herausforderungen stellen wird. Ähnlich argumentiert der Ökonom Stern, der die beiden großen Herausforderungen im 21. Jahrhundert, die Bekämpfung der Armut und des Klimawandels, miteinander verknüpft. Er macht deutlich, dass diese Gefahren von einer Dimension sind, die nicht nur Verwerfungen und Härten, sondern Massenerwanderungen und damit Konflikte auf globaler Ebene verursachen können. Als Konsequenz fordert der WBGU einen „Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“.