

Volker Hoensch

Die Katastrophen von Tschernobyl, Fukushima Daiichi und der Deepwater Horizon

aus natur- und
geisteswissenschaftlicher Sicht



Springer Spektrum

Die Katastrophen von Tschernobyl,
Fukushima Daiichi und der
Deepwater Horizon aus natur- und
geisteswissenschaftlicher Sicht

Volker Hoensch

Die Katastrophen
von Tschernobyl,
Fukushima Daiichi
und der Deepwater
Horizon aus natur- und
geisteswissenschaftlicher
Sicht

 Springer Spektrum

Volker Hoensch
Penzberg, Bayern, Deutschland

ISBN 978-3-662-59447-6 ISBN 978-3-662-59448-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-59448-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Rainer Münz

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

*Technische Katastrophen sind
gesellschaftlich zu verantworten.
Naturbedingte Ereignisse, gegen die keine
oder unzureichende Vorsorge getroffen
wurde, sind nicht als Schicksal hinzunehmen.*

Für meine Frau Elisabeth

Vorwort

Man könnte durchaus den Eindruck gewinnen, dass wir in einer Zeit leben in der die katastrophalen Ereignisse unser gesellschaftliches Zusammenleben zunehmend belasten.

Wir haben uns entschieden, dass wir uns auf vier Einzelereignisse im Hinblick auf diesen Eindruck konzentrieren.

An den Anfang stellen wir die Ballade „Der Zauberlehrling“ von Johann Wolfgang von Goethe. Der Zauberlehrling ist allein und probiert einen Zauberspruch seines Meisters, um ein Bad für sich selbst herzurichten. Mit seiner Handlung setzt der Zauberlehrling sich selbst und die Gemeinschaft einem, aus der Sicht des Zauberlehrlings, überschaubaren Risiko aus. Eine Auseinandersetzung mit dem Begriff des Risikos ist daher unumgänglich. Mit dem Erscheinen des Hexenmeisters wird das „Ersaufen“ des Gebäudes abgewendet. Das Risiko, durch den Zauberlehrling initiiert, wurde durch den Hexenmeister abgewendet, es wurde beherrscht. Die Ballade „Der Zauberlehrling“ ist geprägt durch die Struktur der Handlungsfolge.

Ist die durch die Handlung gebildete Struktur auch bei den drei katastrophalen Einzelereignissen von

- Tschernobyl (26. April 1986, Explosion des Reaktors 4),
- Fukushima Daiichi (11. März 2011, Zerstörung mehrerer Kraftwerksblöcke durch eine Tsunamiwelle) und
- Explosion der Bohrinneel Deepwater Horizon im Golf von Mexiko (20. April 2010)

vorhanden?

Diese drei vorgestellten Einzelereignisse und die Ballade „Der Zauberlehrling“ werden hinsichtlich ihrer Handlungsmerkmale analysiert.

Bei der Ballade „Der Zauberlehrling“ und Tschernobyl sowie Deepwater Horizon sind menschliche Handlungen als auslösend für das Unfallgeschehen evident. Es gibt aber auch Meinungen, insbesondere im Fall von Tschernobyl, die von einem technischen Versagen ausgehen. Diesen Widerspruch werden wir auslösen. Auch die Katastrophe von Fukushima Daiichi wird bei oberflächlicher Betrachtung als ein Naturereignis angesehen. Sie geht dagegen auf menschliche Entscheidungen zurück; herbeigeführt durch die Auswahl des Standortes für die Kraftwerksanlage und einen unzureichenden Schutzzustand gegen äußere und innere Störfälle.

Diese Beurteilung wird klar, wenn man die vier Unfallabläufe mit dem sogenannten Schweizer-Käse-Modell vergleicht.

Im zweiten Kapitel suchen wir für die vier Einzelereignisse eine Antwort auf die Frage nach der Regieführung.

Dass auf eine Ursache mit zeitlichem und räumlichem Abstand eine Wirkung folgt, ist eine Alltagserfahrung, die das Problem der Kausalität beschreibt. Der Natur scheint ein Zeitpfeil innezuwohnen, den die physikalischen Grundgesetze nicht kennen. In der Wissenschaft wird eine Vielzahl verschiedener Zeitpfeile diskutiert. Wir wollen uns, wie Stephen W. Hawking im Kap. 2, Hawking (1994), auf den thermodynamischen, den psychologischen und den kosmologischen Zeitpfeil konzentrieren und die besondere Rolle des thermodynamischen Zeitpfeils unterstreichen, der für das Anwachsen der Unordnung oder der Entropie steht. Dadurch können wir Vergangenheit und Zukunft unterscheiden; der Zeit wird eine Richtung gegeben. Dieses Phänomen kann soziologisch betrachtet als Gesetz zunehmend rationaler Handlungsorientierung gelesen werden. Die menschliche Kognition, d. h. das Wahrnehmen, Erkennen und Verarbeiten von Informationen, schafft die Grundlagen der intentionalen Struktur, die notwendig ist, damit eine Aufgabe durch eine zielgerichtete Handlung erfüllt werden kann. Handlungsabsichten, also Gründe und Zwecke sind keine Ursachen, wie sie mit der Anwendung der Ursache-Wirkungsstruktur herausgestellt werden.

Jens Rasmussen hat ein Modell für die kognitive Inanspruchnahme des Menschen durch die Prozesse der Informationsverarbeitung entwickelt. Er unterscheidet drei Ebenen: die fähigkeitsbasierte, die regelbasierte und die wissensbasierte. Bei ihren Entscheidungen in Situationen des alltäglichen Lebens können die Menschen Abkürzungen zwischen diesen Ebenen wählen. Rasmussen hat für solche Abkürzungen ein sogenanntes Trittleitermodell entwickelt. Dieses Trittleitermodell lässt assoziative Sprünge zwischen allen Entscheidungsstufen, und damit Handlungsfreiheit, zu. Für eine so ausgeformte intentionale Struktur wird eine Heuristik vorgestellt, die allgemein als Rubikon-Modell bezeichnet wird. Mit der Überschreitung des Rubikons gibt es in der intentionalen Struktur des Handelns kein Zurück mehr. Die Heuristik des Rubikon-Modells wird in die Ursache-Wirkungsstruktur projiziert. Unter dem Aspekt des Kausalprinzips wird die Metapher des Schießens mit Pfeil und Bogen vorgestellt.

Die Kausalkette beim Bogenschuss besteht aus folgenden Gliedern:

- Vorlaufphase,
- Ursache, Erzeugung eines inneren Zustandes,
- Hinzutreten eines äußeren Systems,
- Point of no Return,
- Auslösendes Ereignis, Kausalprinzip,
- Probabilistische Einflussfaktoren,
- Wirkung.

Der Bogenschütze führt den Bogenschuss gemäß seiner Intention, dem Treffer „ins Schwarze“, durch.

Auch für die Ballade „Der Zauberlehrling“ werden die Kausalkette und die intentionale Struktur erläutert. In gleicher Weise werden die beiden nuklearen Katastrophen von Tschernobyl und Fukushima Daiichi beschrieben. Auch für die Explosion der Bohrinsel im Golf von Mexiko, Deepwater Horizon, werden die beiden Strukturen herausgearbeitet. Alle vier Einzelereignisse werden durch die „konsequentialen Handlungsgründe“ (Nida-Rümelin) verdichtet.

Konsequenziale Handlungsgründe sind darauf gerichtet, kausal in die Welt einzugreifen und einen Zustand zu generieren, der sich von alternativen Zuständen unterscheidet. Der Konsequentialismus verwendet nicht den naturwissenschaftlichen Kausalbegriff und wendet ihn auf das Handeln an, sondern er verfährt umgekehrt. Dem menschlichen Handeln wird Kausalität zugeordnet. Oder anders gewendet: Die intentionale Struktur wird durch Entscheidungen bestimmt.

In allen vier Einzelereignissen besteht zwischen dem konsequentialen Handlungsgrund und dem intentionalen Handlungsziel keine Konvergenz. Die Entscheidungsträger haben den Doppelcharakter der Handlung aufgespreizt.

Bei seinen Entscheidungen ist der Mensch den Naturabläufen unterworfen, dabei spielt es keine Rolle ob er sie kennt oder nicht. Er muss ihnen gehorchen. Bei den drei katastrophalen Einzelereignissen hat die Natur obsiegt und die Gesellschaft wurde mit den Konsequenzen belastet.

Unsere Entscheidungen bewegen sich in dem raum-zeitlichen Beziehungsrahmen der Physik und unseres Bewusstseins. Die erlebte Zeit verbindet Bewusstsein und Intentionalität. Die erlebte Zeit ist die subjektive Zeit, ist Bewusstsein von Gegenwärtigem, Vergangenen und Zukünftigem. Dabei wissen wir, dass nur der Augenblick real ist, die Vergangenheit schon vorbei und die Zukunft noch nicht eingetreten ist. Damit erhebt sich die Frage, ob es auch für den Unterschied zwischen Vergangenheit und Zukunft eine Basis im Naturumlauf gibt. Dieser Unterschied geht über die Differenzierung zwischen „früher“ und „später“ hinaus. Er kann nur mit einem dynamischen Ansatz für die Prozesse von Sein und Werden erfasst werden. Diese Prozesse werden in den Kognitionswissenschaften als Aufnahme von Informationen aus der Umwelt und der dadurch ausgelösten Verhaltensdynamik angesehen. Wir reden von Intentionalität.

Die drei katastrophalen Einzelereignisse werden in einem raum-zeitlichen Beziehungsrahmen gestellt. Der raum-zeitliche Beziehungsrahmen wird durch die physikalischen Variablen gebildet, um damit Entscheidungen und das daraus folgende Handeln beschreiben zu können.

Jetzt wird der Bogen von Tschernobyl, Fukushima Daiichi und der Bohrplattform Deepwater Horizon erweitert. Einbezogen wird der US-Airways-Flight 1549 von New York. Der Flugkapitän steuerte die Maschine auf den Hudson River und vermied so eine Katastrophe. Damit wird das Spannungsverhältnis dargestellt, das unser Weltbild im Hinblick auf menschliche Entscheidungen formt. Unser Weltbild prägt der Mensch durch seine Bewusstseinsfähigkeit, er gewinnt eine Schöpfungskraft, mit der er verantwortlich umgehen muss.

Im vierten und letzten Kapitel greifen wir den Widerstreit von Natur- und Geisteswissenschaften auf. Die naturwissenschaftliche Seite fragt: Wie kann es in einer

Welt der Ursachen vernünftige Gründe geben? Die geisteswissenschaftliche Seite fragt: Wie kann es in einer Welt der vernünftigen Gründe Ursachen geben?

Diese beiden Fragen werden durch Erklärungen der Ursache-Wirkungsstruktur und der intentionalen Struktur beantwortet. Prozesse, durch die die physikalische Außenwelt in die dem Bewusstsein vertraute Welt des täglichen Lebens übergehen, liegen außerhalb des Bereichs der physikalischen Gesetze. Als physikalisches System unterliegt das Gehirn auch probabilistischen Gesetzen, neben physikalischen Gesetzen.

Entscheidungen setzen vorangegangene Ereignisse voraus und greifen der unbekanntem Zukunft vor. Entscheidungen für eine Handlungsalternative, diese alltägliche Herausforderung, gehören zum Allerkleinsten. Die Struktur des Allerkleinsten wird durch die Kultur eines betrieblichen Unternehmens, kurz Unternehmenskultur, die Entscheidungsprämissen und die Entscheidungsprozesse gebildet. Unternehmenskultur und Entscheidungen, geformt durch Entscheidungsprämissen und -prozesse, sind die zwei Seiten derselben Medaille „Betriebliche Organisation“. Bei Entscheidungen in betrieblichen Organisationen kommt auch der Doppelcharakter von Handlungen zum Tragen. Wie wir ihn schon kennen. Jede Entscheidung hat einen begünstigenden und einen belastenden Charakter.

Das Allerkleinste ist in das Allergrößte eingebettet.

Das Allergrößte sind die vier Elementarkräfte, die aus der ursprünglichen Urkraft entstanden sind: Die Gravitation, die Königin unter den Elementarkräften, die Elektromagnetische Kraft, die Schwache und die Starke Kernkraft. Alle vier steuern bis heute die Prozesse im Universum. Damit stehen wir unmittelbar vor einer Antwort auf die Frage der Regieführung.

Konsequentielle Handlungsgründe sind das Mittel der Regieführung. Die Bühne, auf der wir Menschen agieren, wird naturwissenschaftlich durch Zeit, Raum und Kausalität und sozialwissenschaftlich durch die Gemeinschaft – wir haben uns auf das betriebliche Unternehmen beschränkt – bestimmt. Das Drehbuch wird durch die Naturgesetze geschrieben. Die Entropie und den daraus abgeleiteten thermodynamischen Zeitpfeil haben wir als „Drehbuchautor“ vorgestellt. Der Zeitpfeil bestimmt die Entwicklung, die der Mensch versucht mit seinen Entscheidungen zu beeinflussen. Das sind die Komponenten, die unser Weltbild formen. Raum, Zeit und Kausalität sind keine Gegenstände. Gegenstände aller Art sind begrenzt, endlich und bedingt. Für Raum, Zeit und Kausalität gilt das nicht. Raum, Zeit und Kausalität sind vielmehr die drei „Vektoren“, die unsere Wirklichkeit aufspannen, die Grundlage aller Erkenntnisse, die Voraussetzung aller Gegenständlichkeit. Und weil die Wirklichkeit so groß und unerschöpflich ist, kann sie sich nur auf einem ebensolchem Fundament gründen, das durch eine ganzheitliche Sicherheitsforschung zu stabilisieren ist.

Es ist das Anliegen des Verfassers mit dieser Abhandlung aufzuzeigen, wie ganzheitliche Sicherheitsforschung zielstrebig gegen die immer noch vorhandenen Widerstände eingesetzt und angewendet werden kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Vier ausgewählte Unfallereignisse	1
1.1	Der Begriff des Risikos	1
1.2	Der Zauberlehrling	2
1.3	Umgang mit Wissen	5
1.4	Tschernobyl (26. April 1986; Explosion des Reaktors 4)	5
1.5	Fukushima Daiichi (11. März 2011, Zerstörung mehrerer Kraftwerksblöcke)	8
1.6	Explosion der Bohrinself Deepwater Horizon (20. April 2010)	9
1.7	Zusammenfassung der vier Ereignisse	11
	Literatur	14
2	Ursache-Wirkungsstruktur und intentionale Struktur	17
2.1	Hinleitung zur Frage der Regieführung	17
2.2	Grundlagen der Ursache-Wirkungsstruktur	18
2.3	Grundlagen der intentionalen Struktur	25
2.4	Aufstellen einer Heuristik für die Ursache-Wirkungsstruktur	33
2.5	Aufstellen einer Heuristik für die intentionale Struktur	34
2.6	Anwendung der gefundenen Heuristiken	37
2.6.1	Anwendung der Heuristik für die Ursache-Wirkungsstruktur	37
2.7	Kausalketten für die vorgestellten Einzelereignisse	48
2.7.1	Die Ballade „Der Zauberlehrling“	48
2.7.2	Tschernobyl (26. April 1986; Explosion des Reaktors 4)	52
2.7.3	Fukushima Daiichi (11. März 2011, Zerstörung mehrerer Kraftwerksblöcke)	57
2.7.4	Explosion der Bohrinself Deepwater Horizon (20. April 2010)	62
2.8	Verdichtung der Einzelereignisse	65
2.8.1	Ursache-Wirkungsstruktur	66
2.8.2	Intentionale Struktur	68
2.9	Zusammenführung von Ursache-Wirkungsstruktur und intentionaler Struktur	70

2.10	Erkenntnislücken	85
2.11	Schlussbemerkung	87
	Literatur.	89
3	Raum-Zeit-Struktur	91
3.1	Wahrnehmung der Raum-Zeit-Struktur	91
3.2	Raum-Zeit-Struktur der Physik	94
3.3	Sein und Werden, ein dynamischer Ansatz	101
3.4	Raum-Zeit-Struktur im Bewusstsein	107
3.5	Bewusstsein und Intentionalität	111
3.6	Raum-zeitliche Erkenntnislücken	119
3.7	Ausgewählte Verhaltensaspekte	122
3.8	Raum-zeitlicher Beziehungsrahmen für die drei Einzelereignisse	131
	3.8.1 Tschernobyl	133
	3.8.2 Fukushima Daiichi	134
	3.8.3 Deepwater Horizon	135
	3.8.4 US-Airways-Flight 1549	135
3.9	Unser Weltbild	136
	Literatur.	137
4	Bewertung und Ausblick.	141
4.1	Natur- und Geisteswissenschaften im Widerstreit	141
4.2	Erklärungen durch die Ursache-Wirkungsstruktur	144
4.3	Erklärungen durch die Raum-Zeit-Struktur	146
4.4	Erklärungen durch die intentionale Struktur	148
4.5	Auflösung des Widerstreits von Natur- und Geisteswissenschaften	150
4.6	Entscheiden	154
	4.6.1 Tschernobyl	160
	4.6.2 Fukushima Daiichi	161
	4.6.3 Deepwater Horizon	162
4.7	Das Allerkleinste	165
	4.7.1 Unternehmenskultur.	165
	4.7.2 Entscheidungsprämissen	168
	4.7.3 Entscheidungsprozesse	169
	4.7.4 Dynamik des Entscheidens	174
4.8	Das Allergrößte	178
4.9	Energetische Entwicklung der Gesellschaft.	186
4.10	Unser erweitertes Weltbild.	192
4.11	Sicherheitsforschung	195
4.12	Zusammenfassung	197
	Literatur.	199
	Stichwortverzeichnis.	203

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Versucht, einige der stochastischen Merkmale einzufangen, die an der unwahrscheinlichen Koinzidenz einer unsicheren Handlung und einem Durchbruch der Abwehrmechanismen des Systems beteiligt sind. Sie zeigt eine Bahn der Unfallgelegenheit, deren Ursprung in den höheren Ebenen des Systems (latente Fehler auf der Ebene des Managements) liegt, die die Ebenen der Voraussetzungen und der unsicheren Handlungen durchläuft und schließlich die drei nachfolgenden Sicherheitsbarrieren durchstößt. Die Abbildung hebt hervor, wie unwahrscheinlich es ist, dass irgendeine Menge von Kausalfaktoren eine passende Durchschussbahn findet. (ÄZQ 1990)	12
Abb. 2.1	Darstellung von thermodynamischem und psychologischem Zeitpfeil	24
Abb. 2.2	Das Modell Skill-Rule-Knowledge von Rasmussen spezifiziert die Handlungsregulation von Menschen über drei hierarchisch angeordnete Ausführungsebenen von menschlichem Verhalten. Eine wesentliche Weiterentwicklung besteht darin, dass Rasmussen Abkürzungen berücksichtigt, die Menschen bei ihren Entscheidungen in Situationen des wirklichen Lebens nehmen („Trittleiter“-Modell) und damit Handlungsfreiheit zulassen	30
Abb. 2.3	Nur den Zeitpfeil der Thermodynamik kennt die Physik nach dem Stand der Dinge bis heute	34
Abb. 2.4	Rubikon des Handelns. Franken (2007) nach H.Heckhausen	36
Abb. 2.5	Kräfte-diagramm zur Stabilitätswirkung des Schlusssteins; „positiver“ Point of no Return	45
Abb. 2.6	Auslegung der Reaktoranlage Fukushima Daiichi mit Höhenprofil. Alle Höhenangaben beziehen sich auf den Referenzwasserstand in der Onahama-Bay, s. Kap. 1 (Mohrbach 2012)	60
Abb. 2.7	Die Kausalkette wird durch den thermodynamischen Zeitpfeil gebildet: Jede Wirkung ist zugleich auch eine Ursache	66
Abb. 2.8	Darstellung von Ursache-Wirkungsstruktur und der intentionalen Struktur (die rote Linie steht für die Unterscheidung von Natur- und Verhaltenswissenschaften).	73

Abb. 3.1	Tabellarische Darstellung der Zusammenhänge von Klassischer Mechanik, Spezieller Relativitätstheorie und Allgemeiner Relativitätstheorie. (Der Brockhaus 2003)	96
Abb. 3.2	Zusammenführung von Abb. 2.1 und der Abb. 5.4 „Kosmologisches Standardmodell des Universums“ aus Kap. 2 (Falkenburg 2012) mit dem kosmologischen Zeitpfeil.	98
Abb. 3.3	Die beiden Grundaktivitäten des Bewusstseins	105
Abb. 3.4	Die bewusste Willensbildung wird eine drittel Sekunde nach dem Bereitschaftspotential erlebt! Diese Abbildung hat in (Bräuer 2005) die Nr. 8–3 und den gleichen Titel	125
Abb. 3.5	Energieverbrauch von Fußgänger und PKW für das Zurücklegen einer Strecke von 100 km; entnommen aus (Bubb 1986). Die Abbildung ist nicht maßstäblich	129
Abb. 3.6	An der Küste Japans stehen Hunderte dieser Markierungssteine mit der Aufschrift: „Bau nicht unterhalb dieses Steins“ bzw. „Bei Erdbeben, achte auf Tsunamis!“. (picture alliance/ASSOCIATED PRESS).	135
Abb. 4.1	Zusammenwirken von Ursache-Wirkungsstruktur, raum-zeitlichem Verhalten und mentalen Intentionen	152
Abb. 4.2	Entscheidungsmodelle, basierend auf den Feldforschungen von Hoensch (2006)	169
Abb. 4.3	Eine Voraussetzung für Leben auf der Erde: Unsere Erde liegt in der Lebenszone unserer Sonne – in einem Bereich, in dem die Sonnenstrahlung nicht zu stark und auch nicht zu schwach für die Entfaltung des Lebens ist	182
Abb. 4.4	Graphische Zusammenfassung für die drei Einzelereignisse.	185

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1	Zusammenstellung der Handlungssequenzen vom Zaublerlehrling und der drei vorstehend behandelten technischen Katastrophen	11
Tab. 3.1	„Ebenen“ der psychischen Handlungsregulation	115
Tab. 3.2	Zusammenführung der Verhaltensebenen unter dem Aspekt raum-zeitlichen Verhaltens	124
Tab. 4.1	Zusammenführung unserer Analysen der drei Einzelereignisse	163



Vier ausgewählte Unfallereignisse

1

1.1 Der Begriff des Risikos

Beginnen möchten wir mit einem Zitat des ehemaligen Bundesumweltministers, Herrn Prof. Dr. Klaus Töpfer:

Die Erweiterung der menschlichen Möglichkeiten durch die Nutzung technischer Hilfsmittel, seien es Flugzeuge, Kraftwerke, Bohrtürme oder ähnliches ermöglichte die Schaffung von Wohlstand. Technik muss ein Hilfsmittel zur Verbesserung der menschlichen Lebensbedingungen bleiben. Sie muss kalkulierbar und beherrschbar sein, damit nicht Kräfte entfesselt werden, die auch das Ende menschlicher Zivilisation bewirken können. Bereits die griechische Mythologie lehrt uns, dass Segen und Fluch eng beieinander liegen, wenn der Mensch über seine natürlichen Kräfte hinausstrebt. Prometheus strafen die Götter, weil er den Menschen das Feuer brachte, ihr Leben erleichterte, ihnen andererseits damit zugleich göttergleiche Kräfte verlieh. Diese uralte Botschaft ist aktueller denn je. Es gilt die gewaltigen Möglichkeiten des technischen Fortschritts zum Wohle des Menschen zu nutzen, ohne zugleich zum Frevler an der göttlichen Schöpfungsordnung zu werden.

Zum technischen Fortschritt gibt es keine Alternative. Nur mit Hilfe der Technik können wir den Wohlstand in den Industrieländern erhalten, die Lebensbedingungen der Menschen in der Dritten Welt verbessern und auch die Umweltprobleme bewältigen. Wir wissen aber heute, dass mit der Erweiterung der technischen Möglichkeiten auch die Risiken anwachsen. (Hauptmanns et al. 1987)

Beispielhaft sei auf die Störfälle in den Kernkraftwerken von Tschernobyl und Fukushima Daiichi sowie die Explosion der Bohrinself „Deepwater Horizon“ hingewiesen, auf die noch näher einzugehen ist.

Weiter im Geleitwort von Prof. Töpfer:

Moderne Technologien wirken sich tiefgreifender und langfristiger denn je auf unsere menschliche Gesellschaft und auf die natürliche Umwelt aus. Viele befürchten eine nicht mehr kontrollierbare Eigendynamik. Unreflektiertes Wachstumsdenken und blinde

Fortschrittsgläubigkeit sind deshalb nicht mehr verantwortbar. Technischer Fortschritt muss vielmehr immer wieder auf unangemessene Risiken und zweifelhaften Nutzen geprüft werden. (Hauptmanns et al. 1987)

Damit kommen wir nicht umhin zu definieren, welches Verständnis zum Begriff „Risiko“ vorherrscht. Den Begriff „Risiko“ verbindet man in der Umgangssprache mit Wagnis oder Gefahr, also der Möglichkeit, einen Schaden zu erleiden. Im Englischen wird differenziert zwischen „danger“ (Gefahr) und „hazard“ (Gefährdung) unterschieden. Gefahr ist die mögliche Schadenswirkung oder der Zustand einer Bedrohung durch eine Gefahrenquelle. Gefährdung ist eine Gefahrenquelle, ein Risiko. Diese Differenzierung hilft uns zwar begrifflich weiter, aber wir müssen zur Kenntnis nehmen, dass zum Begriff des Risikos in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen – Ingenieurwissenschaften, Sozialwissenschaft und Sozialphilosophie, Betriebswirtschaftslehre und Rechtswissenschaft – unterschiedliche Auffassungen bestehen.

1.2 Der Zauberlehrling

Wegen dieses Mankos möchten wir auf die Ballade „Der Zauberlehrling“ von Johann Wolfgang von Goethe zurückgreifen, die 1797 im sogenannten Balladenjahr entstanden ist (Der Zauberlehrling 2018).

Der Zauberlehrling ist alleine und probiert einen Zauberspruch seines Meisters aus. Er verwandelt mittels Zauberspruch einen Besen in einen Knecht, der Wasser schleppen muss, um ein Bad herzurichten. Die Ballade beginnt mit den folgenden Versen:

Hat der alte Hexenmeister
Sich doch einmal wegbegeben!
Und nun sollen seine Geister
Auch nach meinem Willen leben.

Seine Wort und Werke
Merkt ich und den Brauch
Und mit Geistesstärke
Tu ich Wunder auch!

Mit diesem Zitat und dem weiteren Text der Ballade kommt man dem wissenschaftlichen Risikobegriff, wie er vor allem in der Versicherungsbranche üblich ist, näher. Dort bemisst sich das Risiko wesentlich nach dem objektiven Schadensausmaß und dessen – wie immer im Einzelnen ermittelter – Eintrittswahrscheinlichkeit.

Für die Eintrittswahrscheinlichkeit im Zauberlehrling steht: „Hat der alte Hexenmeister sich doch einmal wegbegeben!“.

Der Meister ist abwesend, somit kann der Zauberlehrling aktiv werden.

Das Schadensausmaß beschreiben die Worte: „Wie das Becken schwillt! Wie sich jede Schale voll mit Wasser füllt! Stehe! stehe! denn wir haben deiner Gaben vollgemessen!“

Später: „O du Ausgeburt der Hölle! Soll das ganze Haus ersaufen?“

Soweit die Ballade „Der Zauberlehrling“.

Die Ballade „Der Zauberlehrling“ legt aber noch eine weitere Betrachtung nahe. Verfügt der Zauberlehrling über die notwendige Handlungskompetenz? Handelt der Zauberlehrling vernünftig?

Offensichtlich überschätzt der Zauberlehrling seine Handlungskompetenz und damit sein Wissen. Dazu wiederholen wir aus dem ersten Zitat:

Seine Wort und Werke
Merkt ich und den Brauch
Und mit Geistesstärke
Tu ich Wunder auch!

Zweites Zitat:

Seht da kommt er schleppend wieder!
Wie ich mich nur auf dich werfe,
gleich, o Kobold, liegst Du nieder,
krachend trifft die glatte Schärfe.
Wahrlich, brav getroffen!
Seht, er ist entzwei!
Und nun kann ich hoffen,
und ich atme frei!

Wehe! Wehe!
Beide Teile
stehn in Eile
schon als Knechte
völlig fertig in die Höhe!
Helft mir, ach! Ihr hohen Mächte!

Der Zauberlehrling verfügt nicht über das Wissen, seine ursprüngliche Handlungsabsicht mit einem positiven Ergebnis abzuschließen, ihm fehlen auch das notwendige Wissen und damit die Handlungskompetenz zur Schadensbegrenzung.

Mit der Quantifizierung von „Eintrittswahrscheinlichkeit“ und „Schadensausmaß“ kann das Risiko abgeschätzt werden.

Als Maß für das Risiko wird in der allgemeinsten Form das Produkt aus Schadenswahrscheinlichkeit, bezogen auf eine Zeiteinheit, und der Schadensauswirkung der Konsequenz verstanden:

$$\text{Risikowert} = \text{Schadenswahrscheinlichkeit} \times \text{Schadensauswirkung}$$

Weiter zeigt uns die Ballade auf, zwischen beherrschbarem Risiko und unbeherrschbarem Risiko zu unterscheiden. Der Zauberlehrling erkennt, dass er das von ihm herbeigerufene Risiko nicht beherrscht und ruft in seiner Verzweiflung um Hilfe:

Herr, die Not ist groß!
Die ich rief, die Geister
werd' ich nun nicht los.

Der Meister dagegen beherrscht durch sein Wissen die Szene und zeigt Handlungskompetenz:

In die Ecke,
Besen, Besen!
Seids gewesen.
Denn als Geister
Ruft euch nur zu diesem Zwecke,
erst hervor der alte Meister.

Der Zauberlehrling verfügt nicht über dieses Wissen und ist verzweifelt:

Ach, ich merke es! Wehe! wehe!
Hab ich doch das Wort vergessen!

Ach, das Wort, worauf am Ende
er das wird was er gewesen.

Wir fassen die Handlungssequenz der Ballade stichwortartig zusammen:

- Selbstüberschätzung, vermeintliches Können unter Beweis stellen, bewusste Überschreitung seiner Kompetenz,
- Ignoranz eigener Zweifel,
- Machtrausch, persönlichen Erfolg haben,
- Angst vor den Konsequenzen,
- Verzweiflungstat zur Beherrschung,
- Rettung durch den Zaubermeister.

Transformiert auf den Produktansatz für den Risikowert:

- Schadenswahrscheinlichkeit: zur Bestätigung der eigenen Kompetenz bewusst herbeigeführtes Ereignis.
- Schadensauswirkung: überschaubar und eingrenzbar.
- Risiko: Durch das Eingreifen des Meisters wird die vom Zauberlehrling bewusst herbeigeführte Herausforderung neutralisiert.

Die Einschätzungen für die Abfolge der Handlungen und des Produktansatzes für den Risikowert, die hier für den Zauberlehrling vorgenommen wurden, sollen auch bei den drei folgend dargestellten Katastrophen jeweils aufgegriffen und als Bewertungsmaßstab herangezogen werden.

Die Einschätzungen der Handlungssequenzen für die insgesamt vier betrachteten Ereignisse sind zusammengefasst in Tab. 1.1 dargestellt.

Soweit der Rückgriff auf Goethes Ballade „Der Zauberlehrling“.

1.3 Umgang mit Wissen

Jetzt können wir uns der Frage zuwenden, was Wissen (engl. „knowledge“) ist und wie es entsteht. Diese Frage gehört zu den grundlegenden Fragestellungen der Philosophie.

Die Definition von Wissen und damit Handlungskompetenz ist wichtig, nach dem Motto „define your terms“, um zu vermeiden, dass unterschiedliche Sachverhalte unter dem gleichen Begriff verstanden werden.

Die Frage, was genau das „Wesen“ des Wissens ist, wie Wissen eigentlich entsteht und letztlich in Entscheidungen und in Handeln umgesetzt wird, ist bis heute ohne verbindliche Antwort geblieben: Handelt es sich beim Wissen doch eher um den Erkenntnisprozess selbst in Form einer kontinuierlichen Konstruktion von Menschen und sozialen Systemen? Wie wird letztlich Wissen zum Handeln? Welche Rolle spielen dabei Emotionen, Motivationen, Wille, Einstellungen und Werte einerseits sowie soziale Beziehungen, Kultur andererseits?

Vor dem Hintergrund solcher auf Klärung drängender Fragen ist Wissen keine Domäne einer Disziplin allein.

Der intelligente, effiziente und verantwortungsbewusste Umgang mit Wissen ist eine große gesellschaftliche Herausforderung und damit letztlich auch eine individuelle Kompetenz. Ist die individuelle Kompetenz in der Lage, zwischen beherrschbarem und nicht beherrschbarem Risiko zu unterscheiden? Wo liegt die Grenze der Gefahrenschwelle?

Die gleichzeitige Wahrnehmung von Schaden, Kosten und Nutzen der Technik ist in der Gesellschaft nicht einheitlich. Meist ist keine Vorstellung für die Bewertung von Eintrittswahrscheinlichkeiten vorhanden (sonst würde niemand Lotto spielen, weil die Wahrscheinlichkeit für 6 Richtige bei knapp 1:14 Mio. liegt). Die individuellen Voraussetzungen, die vom natürlichen und sozialen Umfeld, von der Erziehung und erworbenen ethischen und politischen Grundlagen geprägt sind, bestimmen gefühlsmäßige Einschätzungen von einem sehr unterschiedlichen individuellen Wissens- und Informationsstand aus.

Mit Sicherheit lässt sich sagen, dass die Gefahrenschwelle bei den drei folgenden Ereignissen überschritten wurde:

- der Störfall in dem Kernkraftwerk Tschernobyl,
- der Störfall in dem Kernkraftwerk Fukushima Daiichi sowie
- die Explosion der Bohrinne „Deepwater Horizon“,

auf die wir nun näher eingehen möchten.

1.4 Tschernobyl (26. April 1986; Explosion des Reaktors 4)

Zu diesem Störfall existiert eine Vielzahl von Literatur. Wir stützen uns hauptsächlich auf (Reason 1994) ab, weil dort die technische Störfallabfolge um die menschliche Komponente erweitert wurde.

Das Inbetriebnahmeprogramm eines Reaktors umfasst auch die experimentelle Absicherung des Störfallkonzepts. Zum Störfallkonzept gehört der Nachweis, dass die Leerlaufkapazität eines Turbinengenerators bei Vorhandensein eines brauchbaren Spannungsgenerators ausreicht, um das Notkühlssystem für den Reaktorkern einige Minuten lang mit Strom zu versorgen. Das würde die Zeit überbrücken, bis die dieselbetriebenen Ersatzgeneratoren einsatzbereit sind.

Ein Spannungsgenerator wurde bei zwei früheren Gelegenheiten getestet, hatte aber wegen eines schnellen Spannungsabfalls versagt. Bei dem Versuch am 26. April 1986 bestand das Ziel darin, den Test zu wiederholen, bevor der Reaktor zur jährlichen Überprüfung abgefahren werden sollte, was unmittelbar bevorstand.

Der Versuch ist durch die folgende Ereigniskette gekennzeichnet:

Am 25. April 1986 um 13:00 Uhr beginnt die Reduzierung der Reaktorleistung mit dem Ziel, die Versuchsbedingungen herzustellen. Der Versuch sollte bei etwa 25 % der nominalen Reaktorleistung (in der Größenordnung von etwa 700 MW) im Block 4 durchgeführt werden. Um 14:00 Uhr wird das Notkühlssystem vom Primärkreis getrennt. Um 14:05 Uhr ordnet der Dispatcher von Kiew aus (Aufsicht für das Stromnetz) an, die Stromerzeugung des Reaktors 4 fortzuführen. Das vorher abgeschaltete Notkühlssystem wird nicht wieder zugeschaltet. Um 23:10 Uhr wird der Reaktor 4 vom Stromnetz getrennt. Um 00:28 Uhr wird der Versuch vom Bedienungspersonal des Reaktors fortgesetzt. Dabei wird versäumt, die Reaktorleistung beizubehalten, was zu einer sehr geringen Leistung führt. An dieser Stelle hätte der Versuch angesichts der sehr niedrigen Leistung abgebrochen werden müssen. Das Bedienungspersonal versucht weiterhin, den Reaktor in einem unbekanntem und instabilen Bereich zu steuern, um den geplanten Test fortzuführen zu können, dabei überschreitet der Reaktor den kritischen Punkt. Die Überschreitung ist irreversibel. Die Kettenreaktion gerät außer Kontrolle, um 01:24 Uhr explodiert der Reaktor.

Das Chaos im Innern des havarierten Reaktors unter dem Sarkophag und die Belastung der gesamten Umwelt sind unvorstellbar.

Als Hauptursache für die Katastrophe gelten die bauartbedingten Eigenschaften des Graphit-moderierten Kernreaktors (Typ RBMK-1000; transkribiert Reaktor Bolschoi Moschtschnosti Kanalny, zu Deutsch etwa Hochleistungsreaktor), der Betrieb in einem unzulässig niedrigen Leistungsbereich und schwerwiegende Verstöße der Operatoren gegen geltende Sicherheitsvorschriften während des Versuches. Der Minimalwert der Abschaltreaktivität (Reaktivität ist das Maß für die Abweichung eines Kernreaktors vom kritischen Zustand. Der Neutronenvermehrungsfaktor k ist der Quotient aus der Zahl der erzeugten Neutronen dividiert durch die Zahl der absorbierten und ausfließenden Neutronen. Anstelle von k benutzt man oft die „Reaktivität“, ρ ; $\rho = k - 1$ dividiert durch k . Die Reaktivität misst die Abweichung des Vermehrungsfaktors von 1 und geht daher in die Beschreibung der nichtstationären Vorgänge ein. Für den stationären Reaktor ist die Reaktivität $\rho = 0$, die Neutronenbilanz

ist ausgeglichen. Abschaltreaktivität steht für die nachhaltige Beendigung der Kettenreaktion im Reaktorkern, das langfristige Halten im unterkritischen Zustand) war bereits vor Beginn des Versuches unterschritten – der Reaktor hätte abgeschaltet werden müssen. Außerdem hat die Betriebsmannschaft Sicherheitssysteme abgeschaltet. Allein die Vermeidung dieses Fehlers hätte den Eintritt einer Katastrophe verhindert.

Die explosionsartige Leistungsexkursion ist auf einen Konstruktionsfehler in der Reaktorschnellabschaltung zurückzuführen.

Dass Betriebsvorschriften verletzt wurden, ist eine Tatsache. In welchem Umfang sie dem Personal bekannt waren, ist fraglich. Unerfahrenheit und unzureichende Kenntnisse sind wohl bestimmend gewesen. Wesentlich für das Zustandekommen des Unfalls beigetragen hat die Verschiebung des Versuchs um rund einen halben Tag, dadurch wurde das neutronenphysikalische Verhalten des Reaktors erheblich komplexer und unübersichtlicher.

Es sind ähnliche Handlungsschritte wie im Zauberlehrling zu beobachten:

- Überheblichkeit gepaart von Unwissenheit (Hinwegsetzen über Sicherheitsvorschriften),
- Machtrausch (erwartete Auszeichnung zum 1. Mai als Helden),
- Verzweiflungstat (weitermachen, obwohl der Versuchsablauf unterbrochen werden musste, damit wurde die Möglichkeit der Vermeidung der Katastrophe nicht genutzt),
- zur langfristigen Schadensbegrenzung wird ein Sarkophag errichtet.

Transformiert auf den Produktansatz für den Risikowert:

Schadenswahrscheinlichkeit Gründe für Planung und Durchführung des bewusst herbeigeführten Versuchs sind nicht erkennbar.

Schadensauswirkung Zur Schadensbegrenzung wird ein Sarkophag mit einer Höhe von 108 m, größer als die Freiheitsstatue in New York, errichtet. Das Schadensausmaß selbst ist nicht absehbar, da noch mit Spätschäden zu rechnen ist.

Risiko Ein Eingriff in den Ablauf der Katastrophe war nicht möglich, selbst die Aufräumarbeiten wurden ohne ausreichenden Schutz des Personals durchgeführt.

Die Einschätzungen für die Abfolge der Handlungen und des Produktansatzes für den Risikowert, die hier für den Unfall von Tschernobyl vorgenommen wurden, werden bei den insgesamt vier dargestellten Katastrophen jeweils aufgegriffen und als Bewertungsmaßstab herangezogen werden.

Die Einschätzungen der Handlungssequenzen für alle vier betrachteten Ereignisse sind zusammengefasst in Tab. 1.1 dargestellt.