



„Strahlenschutz und Risikowahrnehmung“

**Beitrag zur 19. LPS Sommerschule
Berlin, 22. – 26. Juni 2015**

Rolf Michel

Institut für Radioökologie und Strahlenschutz,
Leibniz Universität Hannover

michel@irs.uni-hannover.de
www.irs.uni-hannover.de

Inhalt

Vorbemerkung	3
Strahlenschutz und Risiken.....	3
Definitionen von Risiko und der Umgang mit Risiken	4
Risikowahrnehmung	5
Wahrnehmung von Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung.....	6
Sind Radioaktivität und Strahlung etwas Besonderes?	8
Geschichtliche Entwicklung der Wahrnehmung	10
Naturwissenschaft & Technik und die Zukunft des Menschen	12
Radioaktivität, Strahlung und die biologische Wirkungen	13
Die archetypischen Bilder der Transmutation	13
Hiroshima, Nagasaki & der kalte Krieg	15
Die 1968er: Es ist politisch! Zerschlagt den Atomstaat!.....	18
Die Unfälle als Signale: Three Miles Island, Tschernobyl und Fukushima	20
Gesellschaftliche Verstärkung durch die Medien	24
Hat unsere Gesellschaft ein Problem mit dem Risiko?.....	25
Hat auch der Strahlenschutz Probleme mit dem Risiko?	27
Schlussfolgerung.....	28
Literaturnachweis	29

Vorbemerkung

Dieser Beitrag ist eine historische Betrachtung über das Verhältnis zwischen Strahlenschutz und Risikowahrnehmung in unserer Gesellschaft. Dabei werden einige wichtige Mechanismen der Risikowahrnehmung auf die historische Entwicklung abgebildet, um das Warum und Wie der heutigen Situation der Risikowahrnehmung und des Umgangs mit Risiken zu verstehen.

Es ist die Einleitung zu einem Vortrag „Strahlenschutz und Risikowahrnehmung“ anlässlich der 19. Sommerschule für Strahlenschutz (22.-26. Juni 2015, LPS, Berlin). Die Kernaussagen des Vortrags werden hier wiederholt und auch einige Quellen angegeben. Die Literaturangaben sind jedoch nicht vollständig. Ich habe umfangreich auf das Internet zugegriffen; man findet fehlende Information leicht beim Surfen im Internet.

Im Vortrag wird auch auf Poster verwiesen, die in der langjährigen Beschäftigung mit der Geschichte der Radioaktivität und der Frage, wie es von der anfänglichen Euphorie zur heutigen weit verbreiteten Radiophobie kam¹, entstanden sind. Sie können auf Anfrage vom Autor dieses Beitrages erhalten werden. Es handelt sich um die Poster: „Mad Scientists“ (mit Beiheft), „Uran-Farben und Uranglasuren“, „Uran-Gläser“, „Quacksalberei mit Radium“, „Strahlende Kuriosa“, „Atomic Explosions“, „Leben mit dem Atom“ (mit Beiheft), „Atomic Fears“ (mit Beiheft), „Atomic Monsters“ (mit Beiheft), „Der Reaktorunfall von Tschernobyl – 25 Jahre danach“, „Der Reaktorunfall von Fukushima Dai-ichi: Ein Rückblick nach dem ersten Jahr“, „Inside the Atom I“ (General Electric 1948), „Inside the Atom II (General Electric 1955)“ und „Dagwood splits the atom (Joe Musial 1949)“. Die letzten drei sind Reproduktionen von Publikationen aus der frühen Zeit nach dem 2. Weltkrieg, mit denen die Möglichkeiten der Kernenergie der Bevölkerung nahegebracht werden sollten.

Strahlenschutz und Risiken

Strahlenschutz ist der Schutz des Menschen und der Umwelt vor den schädlichen Einflüssen von Radioaktivität und Strahlung. Er beruht auf den Prinzipien der Rechtfertigung, der Optimierung und der Begrenzung. Die Rechtfertigung von Tätigkeiten soll sicherstellen, dass menschliche Handlungen mehr Nutzen als Schaden bewirken und die Chancen die Risiken überwiegen. Optimierung soll die Strahlenexpositionen so gering wie möglich halten unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und ökonomischer Faktoren (ALARA-Prinzip). Die Begrenzung der Strahlenexpositionen soll das Risiko stochastischer Schäden in einem akzeptablen oder tolerierbaren Rahmen halten und das Risiko deterministischer Schäden vermeiden.

Wesentlich schwieriger als diese kurze Definition des Strahlenschutzes ist es, zu sagen, was Risiko ist. Wir kennen vielfältige Risiken: Gesundheitsrisiken, finanzielle Risiken, technologische Risiken, politische Risiken, Umweltrisiken, natürliche Risiken, Life-

¹ R. Michel (2012): Geschichte der Radioaktivität: von der Euphorie zur Radiophobie, http://www.irs.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/gdrvde12.pdf

style Risiken, militärische Risiken, terroristische Risiken, chemische Risiken, genetische Risiken, etc. Die Liste ist endlos. Wir kennen auch Strahlenrisiken, d.h. das Risiko deterministische Effekte zu erleiden, strahlenbedingt an Krebs oder Leukämie zu erkranken oder genetische Defekte an zukünftige Generationen weiterzugeben. Unter nuklearen Risiken verstehen wir die Risiken eines Krieges mit Kernwaffen, der Endlagerung radioaktiver Abfälle, von Kernkraftwerksunfällen, von Strahlenunfällen, von terroristischen Anschlägen oder radioaktiven Kontaminationen oder ganz allgemein der Kernenergienutzung.

Definitionen von Risiko und der Umgang mit Risiken

Allerdings genügen zwei Definitionen von Risiko, das ganze genannte Spektrum abzubilden. Da ist einmal die naturwissenschaftliche Definition

„Risiko = Wahrscheinlichkeit × Schaden“

und die andere Definition

„Risiko ist die Gefahr eines Verlustes, real oder wahrgenommen, von etwas, das wir schätzen.“²

Diese beiden Definitionen finden auch ihren Ausdruck im Umgang mit Risiken. Slovic et al (2004) haben zwei Herangehensweisen beschrieben, mit denen Menschen auf Risiken reagieren (Tab. 1). Der Umgang mit Risiken kann danach beschrieben werden durch **„Risiko als Analyse“** (analytisches System) oder **„Risiko als Gefühl“** (erfahrungsgemäßes System). Letzteres ist das entwicklungsgeschichtlich und fürs Überleben in realen Gefährdungssituationen wichtigere Verhalten, das aber bei der Beurteilung von komplexen und diffusen Risikosituationen auch leicht zu falschen Reaktionen führt. Dann ist eine analytische Herangehensweise die erfolgversprechendere Methodik für den Umgang mit Risiko. Eine dritte Möglichkeit des Umgangs mit Risiko, die in unserer Gesellschaft nicht selten anzutreffen ist, kann man mit **„Risiko als Politik“** beschreiben. Darauf werden wir noch zurückkommen.

² „Risk is a threat of loss, real or perceived, to that which we value.“ (Milligan und Covello 2012)

Tab. 1: Zwei Denk- und Reaktionssysteme beim Umgang mit Risiken; nach Slovic et al. (2004)

Erfahrungsmäßiges System	Analytisches System
Holistisch	Analytisch
Emotional: Lust-Schmerz orientiert	Logisch: Vernunft orientiert
Assoziative Verknüpfungen	Logische Verknüpfungen
Verhalten vermittelt durch Stimmungen aus früheren Erfahrungen	Verhalten vermittelt durch bewusste Bewertungen von Ereignissen
Kodiert die Realität in konkrete Bilder, Metaphern und Geschichten	Kodiert die Realität in abstrakte Symbole, Worte und Zahlen
Schnellere Verarbeitung ausgerichtet auf unmittelbare Aktion	Langsamere Verarbeitung ausgerichtet auf verzögerte Aktion
Offensichtlich gültig: "Erfahren ist Glauben"	Benötigt Rechtfertigung durch Logik und Nachweis

Risikowahrnehmung

Es kommt in unserer Gesellschaft nicht auf die Höhe des Risikos sondern auf die Wahrnehmung des Risikos an. Die entscheidende Komplikation für die Risikowahrnehmung ist, dass der Mensch meist nicht rational vorgeht, sondern dass die Wahrnehmung im erfahrungsgemäßen System weitgehend durch archetypische Festlegungen dominiert wird. Symbole, mit denen Urerfahrungen belegt sind, siegen über die Tatsachen. Die rechte Hirnhälfte siegt über die linke.

Risiko ist ganz allgemein schlecht! Dabei wird oft nicht unterschieden, ob es sich um reale Risiken handelt, d.h. Risiken, die nach einer Exposition das Auftreten des betrachteten Endpunktes signifikant erhöhen oder epidemiologisch nachweisbar sind, oder um hypothetische Risiken, d.h. Risiken, die nach einer Exposition bei Vorliegen einer plausiblen Hypothese über die Verursachung des Endpunktes rechnerisch abschätzbar sind, aber weder epidemiologisch nachweisbar sind noch das Auftreten des Endpunktes signifikant erhöhen. Noch komplizierter wird es, wenn die Exposition noch nicht stattgefunden hat, sondern wenn lediglich eine potentielle Exposition reale oder hypothetische Risiken mit sich bringen würde.

Dabei leben wir ständig mit Risiken: realen, hypothetischen und potentiellen. Aber die Wahrnehmung bildet meist die Risiken nicht wirklich ab und wir fürchten uns vor dem Falschen (Renn 2014). Daher beschäftigt sich dieser Beitrag mit einigen Faktoren, die die Risikowahrnehmung beeinflussen und bildet diese für die Risikowahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung auf der historischen Entwicklung von mehr als 100 Jahren ab.

Die **Einflussfaktoren für die der Wahrnehmung von Risiken**, die hier betrachtet und im Folgenden näher erläutert werden, sind:

- **Weltsicht, Denk- und Reaktionssysteme,**
- **Assoziationen, Bilder und Symbolik,**
- **Realitäten,**
- **kognitive Dissonanz und**
- **soziale Verstärkung.**

Diese Einflussfaktoren sind vielfach verwoben und wechselwirken miteinander.

Die **Weltsicht** des Einzelnen wirkt wie ein kognitiver Filter zur Aussonderung von Information (Jenkins-Smith 1993).³ Dabei ist Weltsicht (worldview) mehr als nur sehen. In der Literatur werden archetypische Formen der Weltsicht genannt. Serge Prêtre (1992) unterschied in Bezug auf Wahrnehmung von und Umgang mit Risiken die Kategorien der Pioniere, der Bürokraten und der Reinen. Andere Stereotype der Weltsicht wurden von Paul Slovic (1999) bezeichnet als fatalistisch, hierarchisch, individualistisch egalitaristisch und technologisch enthusiastisch. Die Weltsicht bestimmt weitgehend die Denk- und Reaktionssysteme beim Umgang mit Risiken. Manche Weltsichten und -anschauungen befördern auch selektive Wahrnehmung (siehe unten).

Wahrnehmung von Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung

Eine erste Assoziation: Ob wir es wollen oder nicht, Strahlung, Radioaktivität und Strahlenschutz sind in der öffentlichen Wahrnehmung zu allererst mit Kernenergie verbunden. Dazu ein Zitat: "*Nuclear energy was conceived in secrecy, born in war, and first revealed to the world in horror. No matter how much proponents try to separate the peaceful from the weapons atom, the connection is firmly embedded in the minds of the public*" (Smith 1988).

Gegenwärtige Einschätzungen der Kernenergie (einschl. radioaktiver Abfälle) könnten kaum schlechter sein. Kernenergie stellt sich in Untersuchungen zur Risikowahrnehmung dar als unbekannt, unkontrollierbar und gefürchtet mit einem wahrgenommenen Potential, ungeheure Anzahlen von Todesopfern zu verursachen und dies sogar in zukünftigen Generationen.

Slovic et al. berichteten schon 1991, dass die öffentliche Wahrnehmung harte Kritik von Experten hervorgerufen hat. So schrieb der Psychiater R.L. Dupont in Business Week (2.9. 1981, pp. 8-9) "*... die irrationale Angst vor Kernkraftwerken beruht auf einer Fehleinschätzung des Risikos*"⁴. B.L. Cohen, Kernphysiker und Befürworter der Kernenergie sagte "*Die Öffentlichkeit wurde in den Wahnsinn getrieben wegen der*

³ An individual's worldview acts as a cognitive filter to screen information (Jenkins-Smith 1993).

⁴ Alle Übersetzungen englischer Texte erfolgten durch den Autor dieses Beitrages. Falsche Übertragungen oder Fehlinterpretationen sind ausschließlich ihm anzulasten.

Furcht vor Strahlung [der Kernenergie]. Ich benutze das Wort „Wahnsinn“ absichtlich, da eine seiner Definitionen den Verlust des Kontaktes zur Wirklichkeit beinhaltet. Das Verständnis der Öffentlichkeit von Strahlengefahren hat praktisch jeden Kontakt zu den tatsächlichen Gefahren, wie sie von Wissenschaftlern eingeschätzt werden, verloren“ (Cohen 1983).

O. Kosti (2014) fasste die Ergebnisse eines Workshops "The Science of Responding to a Nuclear Reactor Accident, Summary of a Symposium" zusammen und berichtete unter dem Thema „Social, Psychological, and Behavioral Impacts“: *„Dr. Becker, Old Dominion University, nannte als besondere Charakteristiken (der Risikowahrnehmung)⁵:*

- Strahlung ist unsichtbar.*
- Strahlung ist den meisten Menschen unbekannt.*
- Die Bedrohung wird als unbegrenzt und ohne Ende eingeschätzt.*
- Es gibt die Möglichkeit langfristiger Kontaminationen.*
- Strahlung hat das Potential verborgene Schäden zu verursachen.*
- Die gesundheitlichen Effekte haben lange Latenzzeiten.*
- Strahlung wird als besonderer Gefahr für schwangere Frauen und Kinder angesehen.*
- Strahlung ist mit Erkrankungen und Todesarten verbunden, die in den meisten Kulturen Furcht erzeugen wie insbesondere Krebserkrankungen.“*

Die Risiken von Radioaktivität und Strahlung werden nicht als Wahrscheinlichkeiten wahrgenommen. In einer frühen und grundlegenden Untersuchung hat P. Slovic (1987) mit einem Vergleich von 81 Risiken die besonders hohen Einschätzungen der mit Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung verbundenen Risiken belegt. Er konnte zeigen, dass die Einschätzungen der Risiken in einem 2-dimensionalen Faktorenraum abbildbar sind. Als die zwei ausschlaggebenden Faktoren erkannte er den „Grad der Bedrohung“ und den „Grad der Unbekanntheit“.

Risiken werden umso größer wahrgenommen, je höher der „Grad der Unbekanntheit“ ist, der beinhaltet, ob die Exposition nicht beobachtbar und den Exponierten unbekannt, ob es ein neues Risiko ist, das wissenschaftlich noch nicht geklärt ist und ob die Effekte verzögert auftreten. Geringer werden beobachtbare, und den Exponierten und der Wissenschaft altbekannte Risiken mit unmittelbaren Effekten eingeschätzt.

Der „Grad der Bedrohung“ ist höher und damit die Wahrnehmung des Risikos, wenn die Bedrohung nicht kontrollierbar, die Folgen fatal sein können, das Risiko als unfair empfunden oder als katastrophal hoch für zukünftige Generationen angesehen wird, nicht leicht reduzierbar oder sogar zunehmend ist, und man unfreiwillig selbst betroffen ist. Der „Grad der Bedrohung“ ist geringer bei als kontrollierbar eingeschätzten Risiken ohne Bedrohungspotential, die keine fatalen Folgen und nur geringe Auswirkungen auf zukünftige Generationen haben, die leicht reduzierbar und abnehmend

⁵ Einschub durch diesen Autor

erscheinen, einen nicht selbst betreffen oder individuell freiwillig eingegangen werden und als fair empfunden werden.

Radioaktive Abfälle tendieren dazu, in gleich negativer Weise wahrgenommen zu werden (Slovic 1987, Kunreuther et al 1988, Slovic et al. 1991). Slovic et al. (1991) fanden auch, dass mit dem Begriff „nukleares Endlager“ (nuclear-waste storage facility) vor allem „Tod“, „Verschmutzung“ oder „schlecht“ verbunden wurden. Angesichts solcher Wahrnehmungen muss man Risikokommunikation als Aufklärung betrachten; siehe dazu z.B. Wiedemann und Schulz (2010). Dies ist jedoch nicht Thema dieses Beitrags über die Risikowahrnehmung.

Die Realität der Risikowahrnehmung ist u.a. eine Frage der Bilder in unseren Gehirnen. Die Handouts enthalten eine Fülle von Beispielen, wie die wahrgenommenen Risiken von Radioaktivität und Strahlung in jedermann zugängliche Bilder umgesetzt werden können. Dies zeigte sich auch auf eindrucksvolle Weise auf der Kunstaussstellung am Rande des 4. Europäischen IRPA Kongresses im Jahr 2014 in Genf: Textilkünstlerinnen aus aller Welt waren eingeladen ihr künstlerisches Herangehen an das Thema „Strahlung“ darzustellen. Es ergab sich ein eindrucksvoller Blick auf die Vielfalt der Assoziationen und Interpretationen, die für Laien mit Strahlung verbunden sind – von der Schönheit bis zum Verderben. Die Handouts dieses Beitrages enthalten ein paar der düsteren Interpretationen, die zum einen die Fülle der Begrifflichkeiten und Realitäten zum anderen die Bildhaftigkeit der überwiegend negativen Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung zum Ausdruck bringen.

Sind Radioaktivität und Strahlung etwas Besonderes?

Seit ihrer Entdeckung sind Radioaktivität und Strahlung in einzigartiger Weise mit **Assoziationen, Bildern und Symbolik** verbunden. Stuart R. Weart (1988) hat die Macht nuklearer Symbolik und ihre tiefe Verankerung in unserem sozialen und kulturellen Bewusstsein während der vergangenen mehr als 100 Jahre aufgezeigt.

Die tiefverwurzelten Ängste der Menschen sind aber auch verbunden mit **zahlreichen Realitäten**, einschließlich der Realität der einzigartigen und machtvollen Eigenschaften von Strahlung. Die Realität der Kernenergie ist untrennbar verbunden mit Kernwaffen, Proliferation, Krieg und globalem Fallout, mit vielen schlimmen Beispielen von Missmanagement (z.B. Freisetzungen von Radioaktivität in die Umwelt aus militärischen Kernanlagen) sowie kleinen und großen Störfällen und Unfällen.

Hinzu kommt die Realität einer umfangreichen Berichterstattung in den Medien, die kleine und große Probleme und Kontroversen (auch wissenschaftliche) in Bezug auf nukleare Technologien, Radioaktivität und Strahlung intensiv begleitet und zur sozialen Verstärkung beiträgt.

All diese Realitäten bewirken **kognitive Dissonanz**. Mit kognitiver Dissonanz bezeichnet man in der Sozialpsychologie einen negativen Gefühlszustand, der durch unvereinbare Wahrnehmungen, Gedanken, Meinungen, Einstellungen, Wünsche oder

Absichten erzeugt wird. Diese ambivalenten Gefühle und Bestrebungen werden umso stärker empfunden, je mehr Erkenntnisse gewonnen werden, die nicht für die gewählte Alternative sprechen oder je mehr eigenes Verhalten den eigenen Einstellungen zuwiderläuft.

Soziale Risiko-Verstärkung wird ausgelöst durch widrige Ereignisse, bei denen es sich um einen großen oder kleinen Unfall, die Entdeckung einer Umweltverschmutzung oder einen böartigen Akt handeln kann. Risiko-Verstärkung bezeichnet die Tatsache, dass die Auswirkungen eines solchen Ereignisses bisweilen weit den direkten Schaden an Opfern oder Werten übersteigen und massive indirekte Konsequenzen haben können. Risikowahrnehmung spielt eine Schlüsselrolle bei der sozialen Risiko-Verstärkung. Wahrscheinlich tragen aber vielfältige Mechanismen zur sozialen Risiko-Verstärkung bei; siehe Slovic et al. (1991). Dazu gehören auch:

1. Ein bestimmtes Risiko oder Ereignis kann zum Gegenstand der Agenda von gesellschaftlichen oder politischen Gruppen innerhalb einer Gemeinschaft oder Nation werden.
2. Ein weiterer Mechanismus der Verstärkung ist die Interpretation von Unglücksfällen als Signale und Hinweise bzgl. der Größe eines Risikos und der Angemessenheit des Risikomanagements. Das Signalpotential von Unglücksfällen und ihrer potentiellen gesellschaftlichen Auswirkungen beeinflussen systematisch die wahrgenommene Charakteristik eines Risikos. Umfangreiche Berichterstattung der Medien über ein Ereignis kann eine höhere Wahrnehmung eines Risikos und eine Verstärkung der Auswirkungen bewirken.

Geschichtliche Entwicklung der Wahrnehmung

In diesem Beitrag werden im Folgenden die Einflussfaktoren Weltansicht, Assoziationen, Bilder und Symbolik, die Realitäten, die kognitive Dissonanz und die soziale Verstärkung, die in der Geschichte der Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung von anfänglicher Euphorie zur heutigen Radiophobie geführt haben, auf dem Hintergrund der geschichtlichen Entwicklung exemplarisch abgebildet. Exemplarisch deshalb, weil es unmöglich ist, die wissenschaftlichen Aspekte aus Naturwissenschaft, Technik, Medizin, Psychologie, Philosophie, Religion, Soziologie, Ökonomie, Recht und Politik umfassend darzustellen. Dabei folge ich der in Abb. 1 dargestellten naturwissenschaftlich-technischen Zeitachse. Damit kann die Ambivalenz der Realitäten, die die Risikowahrnehmung in der Gesellschaft beeinflussten und noch immer beeinflussen, gut dargestellt werden. Es sind Realitäten wie

- die Entdeckung der Röntgenstrahlen und des Radium, ihrer schädigenden Wirkungen und ihrer heilenden Anwendungen in der Medizin,
- die Entdeckung der Kernspaltung, Entwicklung von Atombomben, Hiroshima und Nagasaki, die oberirdischen Kernwaffenexplosionen, die globale Kontamination und der atomare Overkill,
- die zivile Nutzung der Kernenergie und die Reaktorunfälle von Three Mile Island, Tschernobyl und Fukushima Dai-ichi.

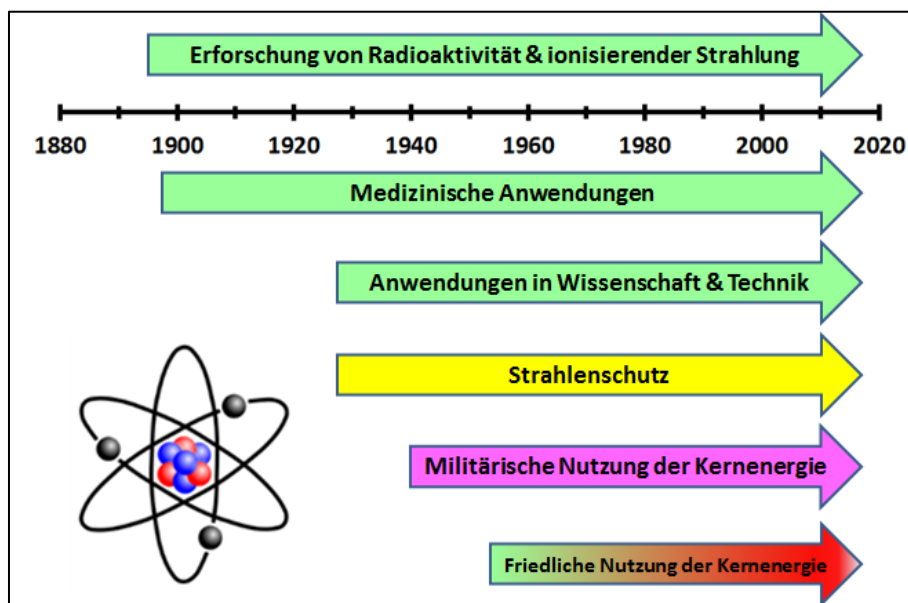


Abb. 1: Die naturwissenschaftlich-technische Zeitachse

Man könnte die Liste fortsetzen, aber dies sind die Aspekte auf die ich mich hier beschränke. Diese Beschränkung ist notwendig, wenn nicht andere wesentliche Aspekte der Wahrnehmung der Risiken von Radioaktivität und Strahlung vernachlässigt werden sollen. Diese Aspekte behandeln die Verarbeitung in den Medien, wobei Medien ganzheitlich als Fiktion & Fantasy, Comics & Cartoons, Film, Theater & Musik, TV, Ra-

dio & Printmedien und die sozialen Medien verstanden werden soll. Dies alles ist wichtig für die Bilder in den Köpfen und für die soziale Verstärkung des Risikos.

Um dies alles einzuordnen in das Schema von Weltsicht, Assoziationen, Bildern & Symbolik, Realitäten, kognitiver Dissonanz und sozialer Verstärkung wird die historische Entwicklung nach Abb. 1 mit Themen und Schlagworten gemäß Abb. 2 belegt, um die Faktoren, die die öffentliche Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung negativ beeinflussen, deutlich zu machen. Diesen Linien folgen die Handouts des Vortrages.

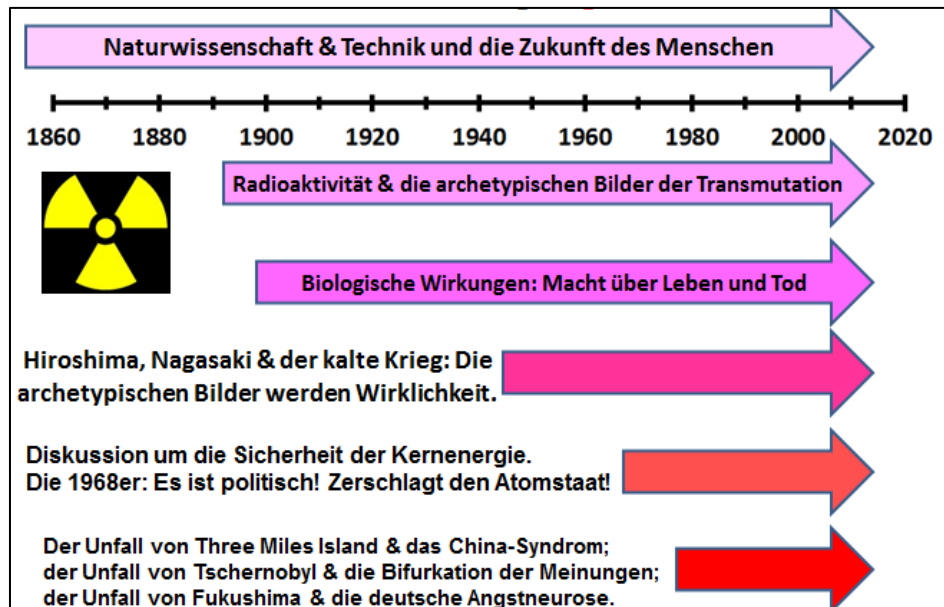


Abb. 2: Faktoren, die die öffentliche Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung negativ beeinflussen

Naturwissenschaft & Technik und die Zukunft des Menschen

Ein generelles Phänomen der Wahrnehmung von Naturwissenschaft und Technik und der Beurteilung der Zukunft des Menschen ist der Einfluss der Weltsicht des Einzelnen. Stuart R. Weart (1988) hat zwei grundsätzlich verschiedene Weltsichten dazu einander gegenübergestellt (Abb. 3), die man als Kulturoptimismus und Kulturpessimismus bezeichnen kann. Es handelt sich um unvereinbare Standpunkte, die unsere Gesellschaft spalten. Man könnte eine Vielzahl von Zitaten anführen, aber ich denke, dass jeder Leser aus eigener Anschauung einschlägige Erfahrungen mitbringt. Diese Diskrepanz, die bereits seit Beginn der Industrialisierung – und nachweislich auch schon viel früher – gesellschaftliche Diskussionen bestimmt hat, wirkt bis heute fort. Die Frage der richtigen oder in der Gesellschaft allgemein akzeptierten Sicht bleibt unbeantwortet – nicht nur im Hinblick auf die Nutzung von Radioaktivität, Strahlung und Kernspaltung. Sie ist aber auch für letztere von Relevanz, weil die dadurch bedingten Weltsichten direkte Auswirkungen auf die selektive Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung der Menschen haben.

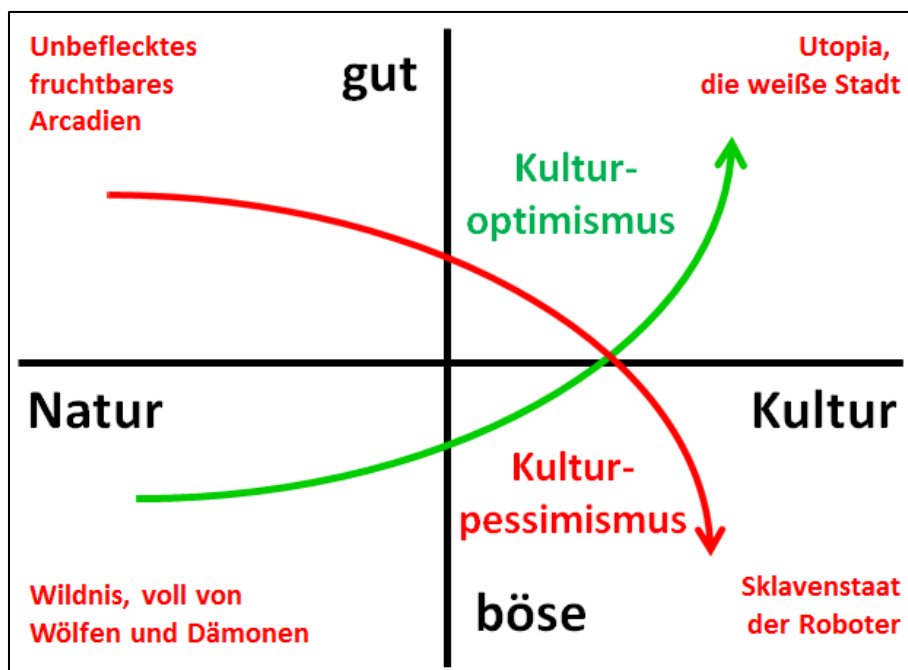


Abb. 3: „Fortschritt“ im Schema der Ideen des modernen Denkens; (Weart 1988) modifiziert

Radioaktivität, Strahlung und die biologische Wirkungen

Hier folgt dieser Beitrag nur kurz der wissenschaftshistorischen Entwicklung der Entdeckungen der ionisierenden Strahlung, der Radioaktivität und radioaktiver Elemente. W.C. Röntgen entdeckte am 8.11.1895 die nach ihm benannten Strahlen und erhielt 1901 den ersten Nobelpreis für Physik. 1896 folgten die Entdeckung der Radioaktivität durch Henry Becquerel und anschließend die bekannten Arbeiten von Piere und Marie Curie, die zur Entdeckung der Radioaktivität des Thoriums, des Poloniums und Radiums und der Radiochemie führten und ebenfalls mit Nobelpreisen belohnt wurden (1903 für Henri Becquerel sowie Piere und Marie Curie; 1911 für Marie Curie).

Praktisch zeitgleich oder nur wenig zeitversetzt wurden die schädigenden biologischen Wirkungen von Radioaktivität und Strahlung beobachtet, aber auch das Potential von Röntgen- und Radiumstrahlung zur Heilung von Krebs genutzt. Radioaktivität und Strahlung bedeuteten Macht über Leben und Tod. Eine detaillierte Darstellung der frühen Erkenntnisse mit Literaturnachweis dazu findet sich bei Clarke und Valentin (2009).

Die archetypischen Bilder der Transmutation

Ein wichtiger Begriff im Zusammenhang mit der Risikowahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung ist der Begriff **Transmutation**. 1901 entdeckten Soddy und Rutherford, dass Radioaktivität eine fundamentale Umwandlung der Materie darstellt. Sie fanden u.a., dass radioaktives Thorium sich in Radium verwandelte. Frederick Soddy rief aus: "*Rutherford, this is transmutation!*" Ernest Rutherford antwortete: "*For Mike's sake, Soddy, don't call it transmutation. They'll have our heads off as alchemists.*"

Mit dem Begriff Transmutation besetzen Radioaktivität und Strahlung uralte Mythen, Bilder, Stereotype, Ängste und Hoffnungen, die auch im modernen Menschen noch vorhanden sind (Weart 1988):

- Alchemie und Transmutation,
- verbotenes geheimes Wissen und der Stein der Weisen,
- verrückte Wissenschaftler und ihre Opfer,
- Macht über Leben und Tod,
- Vernichtung der Welt und ein Goldenes Zeitalter.

Von der Transmutation der Materie zur Transmutation des Menschen ist es nur ein kleiner Schritt. Bei dem Opus Magnum der Alchemie, das heißt der Transmutation eines Stoffes in Gold oder die Schaffung des Steins der Weisen, ging es nicht nur um die praktische Umwandlung von Elementen; es gab eine philosophische Dimension. Die verschiedenen alchemistischen Vorgänge stehen für die innerpsychische Entwicklung des Menschen. In den antiken Mysterienkulten wurde die Transmutation der Psyche durch Leiden, Tod und gewandelte Auferstehung des Alchemisten zu einer neuen, göttlichen Existenz auf die Materie übertragen. Sie führte zur Transmutation der Materie, wenn die mineralischen Stoffe durch Zerstückelung, Verbrennung und Behandlung

all die Wandlungsqualen erleiden wie der zur Erlösung und Wandlung bestimmte Mensch.

Das **atomare Verderben**, das inhärent in dem Begriff Transmutation enthalten ist, wurde schon früh thematisiert. Im Jahr 1903 beschrieb Gustave Le Bon in verschiedenen Zeitungen die Vision eines radioaktiven Geräts, das auf Knopfdruck die ganze Erde in die Luft jagen könnte. Rutherford erklärte die mögliche Gefahr ganz plausibel einem anderen Physiker, der dann in einem Magazin schrieb: *„Es erscheint denkbar, dass eines Tages Mittel gefunden werden, radioaktive Umwandlungen von Elementen zu erzeugen, die normaler Weise nicht radioaktiv sind. Professor Rutherford hat gegenüber dem Autor scherzhaft eine beunruhigende Idee erwähnt: könnte ein geeigneter Zünder entdeckt werden, könnte eine Welle atomare Zerstörung explosionsartig sich durch alle Materie ausbreiten und die ganze Masse des Globus in Helium oder ähnlich Gase verwandeln.“* Rutherford witzelte, dass *„irgendein Narr in einem Labor unbeabsichtigt das ganze Universum in die Luft jagen könnte.“*

Auch die **Vision von Atombomben** erschien lange vor der Entdeckung der Kernspaltung. Im Jahr 1914 publizierte H. G. Wells die erste Geschichte über Atomwaffen. Der Roman *„The World Set Free“* war inspiriert worden durch die Berichte über Radium. Wells entwickelte die Idee einer radioaktiven Kettenreaktion um zu demonstrieren, dass diese für *„Atombomben“* genutzt werden könne. Wells sah Krieg als das unausweichliche Ergebnis des modernen Staates an; die Einführung der Atomenergie in eine gespaltene Welt würde zum Kollaps der Gesellschaft führen. Die möglichen Konsequenzen waren für ihn: *„entweder fällt die Menschheit in bäuerliche Barbarei, aus der sie sich so mühsam befreit hat, zurück oder sie nutzt den wissenschaftlichen Fortschritt als Grundlage einer neuen sozialen Ordnung.“* Wells Traum von einer Weltregierung wird im Roman als Lösung der Bedrohung durch Atomwaffen dargestellt.

Damit war die **Symbolik der Kernenergie** vorweggenommen. Bereits in den 1930ern assoziierten die meisten Menschen Radioaktivität vage mit unheimlichen Strahlen, die scheußlichen Tod oder wunderbares neues Leben brachten, mit verrückten Wissenschaftlern und ihren vieldeutigen Monstern, mit kosmischen Geheimnissen von Leben und Tod, mit einem zukünftigen goldenen Zeitalter, das vielleicht nur durch eine Apokalypse erreicht werden konnte, und mit Waffen – stark genug die Welt bis auf wenige Überlebende zu zerstören. Kernenergie war zu einer symbolischen Verkörperung einer magischen Transmutation der Gesellschaft und des Individuums geworden; nach Weart (1988).

Hiroshima, Nagasaki & der kalte Krieg

Aber noch gab es die Kernenergie nicht. Einstein hatte zwar gesagt, welche unendliche Energie in der Materie steckt; aber wie sollte man sie herausholen? Diese Frage wurde erst 1938 mit der experimentellen Beobachtung der Kernspaltung durch Otto Hahn und Fritz Straßmann und der theoretischen Deutung durch Lise Meitner und Otto R. Frisch beantwortet. Das nutzbare Potential war danach klar und ein Brief von Albert Einstein an Franklin D. Roosevelt, vom 2.8.1939 leitete die amerikanischen Anstrengungen zum Bau von Atomwaffen ein.

Aber auch hier war die menschliche Phantasie schneller. 1940 publizierte Robert A. Heinlein eine kurze Geschichte mit dem Titel "Solution Unsatisfactory" im Astounding Science Fiction Magazin. Die Geschichte beschreibt ein Projekt der US Regierung, eine Kernwaffe zu bauen, um den 2. Weltkrieg zu beenden, und die daraus sich ergebenden Konsequenzen für das Land und die Welt. Das Projekt ist streng geheim und mit unbegrenzten Mitteln ausgestattet, um die Kernwaffe vor den Nazis zu bauen. Es ist nicht erfolgreich. Heinlein bekam ein wenig Ärger mit dem Geheimdienst, denn es gab seit 1939 ein Projekt "Development of Substitute Materials", das später „Manhattan Project“ genannt wurde.

Doch dann werden die Phantasien und archetypischen Bilder Wirklichkeit: Hiroshima, Nagasaki und der kalte Krieg. Von jetzt an wird die Wahrnehmung der Kernenergie immer mit Kernwaffen verbunden sein. Am 16.07.1945 05:29 auf Trinity Site wurden die apokalyptischen Prophezeiungen Realität. Ein neues Zeitalter war angebrochen. Robert Oppenheimer wird zitiert mit den Worten (Herbig 1976): *„Wir wussten, dass nichts mehr wie früher wäre. Nur wenige lachten oder weinten. Die meisten verharrten still. Ich erinnerte mich an eine Zeile aus den Hinduschriften der Bhagawadgita: „Nun bin ich der Tod, der Zerstörer der Welt“ Ich vermute, wir dachten alle irgendwie an dasselbe.“*

Am 6. August 1945 wird in Hiroshima die Atombombe zum ersten Mal im Ernstfall eingesetzt, am 9. August 1945 eine zweite in Nagasaki. Die Welt sieht die Bilder des Unbegreiflichen und der verbrannte Buddha steht als Symbol für die 210.000 Toten und 160.000 Verletzten unter den 610.000 Menschen der Bevölkerung von Hiroshima und Nagasaki.

Doch der Krieg war zu Ende. Am 14. August 1945, erließ der Tennō den „Kaiserlichen Erlass über das Kriegsende“, der am 15. August 1945 (V-J-Day) verkündet wurde. Die Erleichterung über das Ende des Krieges verhinderte anfänglich eine soziale Verstärkung der Wahrnehmung der Atombombenexplosionen. Doch die Bilder gingen weiter. Am 24. Juli 1946 fand die Unterwasserexplosion Baker, Crossroads, im Bikini Atoll statt. Und sie wurde gefeiert. Im Life Magazine (1946) heißt es: *"U.S. Navy Vizeadmiral W.H.P. Blandy, seine Frau und Konteradmiral F.J. Lowry schneiden einen Kuchen in der Form eines Atompilzes auf einem Empfangs anlässlich der Operation Crossroads am 6. November 1946."*

Mit der Explosion der erste Sowjetische Atombombe, Joe One, am 29.08.1949 in Kasachstan, begann das Wettrüsten. Am 28. Februar 1954 explodierte die erste Wasserstoffbombe, Bravo/Castle, auf dem Bikini Atoll mit einer Sprengkraft von unvorstellbaren 15 Mt TNT. Für die Öffentlichkeit und die soziale Verstärkung des Phänomens der Höllenbombe war es wesentlich, dass ein Japanisches Fischerboot, die Fukuryu Maru – der glückliche Drache, in den Fallout geriete und die Seeleute an Strahlenkrankheit erkrankten.

Insgesamt wurden die diffusen Zukunftsängste der Vergangenheit Gegenwartsängste in den 1950ern, als Wasserstoffbomben und Interkontinentalraketen den Kriegsarsenalen hinzugefügt wurden. Zudem überzeugte der globale Fallout aus den Kernwaffentests die Menschen, dass Bomben und Radioaktivität globale Verseuchung bedeuteten. Es war die totale Ambivalenz der Gefühle, mit der die Menschen im täglichen Leben fertig werden mussten: auf der einen Seite die Schrecken eines die gesamte Menschheit bedrohenden Krieges mit Kernwaffen, auf der anderen Seite das Versprechen unerschöpflicher Energiequellen zum Wohle der Menschheit. Kognitive Dissonanz wurde die Normalität.

Zusätzlich zu den Beispielen im Poster „Living with the Atom“ sollen hier als Zeugen dieser Ambivalenz der Verarbeitung von Radioaktivität, Strahlung, Kernwaffen und Kernenergie die „**Atoms for Peace**“ Rede von Dwight D. Eisenhower am 8. Dezember 1953 auf der 470. Plenarversammlung der UNO sowie die Resolution des **Russell-Einstein Manifest** vom 9. Juli 1955 angeführt werden.

Dwight D. Eisenhower sagte: *“It is not enough to take this weapon out of the hands of the soldiers. It must be put into the hands of those who will know how to strip its military casing and adapt it to the arts of peace. The United States knows that if the fearful trend of atomic military build-up can be reversed, this greatest of destructive forces can be developed into a great boon for the benefit of all mankind.*

The Atomic Energy Agency could be made responsible for the impounding, storage and protection of the contributed fissionable and other materials. The ingenuity of our scientists will provide special, safe conditions under which such a bank of fissionable material can be made essentially immune to surprise seizure. The more important responsibility of this atomic energy agency would be to devise methods whereby this fissionable material would be allocated to serve the peaceful pursuits of mankind.

Experts would be mobilized to apply atomic energy to the needs of agriculture, medicine and other peaceful activities. A special purpose would be to provide abundant electrical energy in the power-starved areas of the world. Thus the contributing powers would be dedicating some of their strength to serve the needs rather than the fears of mankind.”

Im Russell-Einstein Manifest herausgegeben in London am 9. Juli 1955 hieß es: *“We invite this Congress, and through it the scientists of the world and the general public, to subscribe to the following resolution: In view of the fact that in any future world*

war nuclear weapons will certainly be employed, and that such weapons threaten the continued existence of mankind, we urge the Governments of the world to realize, and to acknowledge publicly, that their purpose cannot be furthered by a world war, and we urge them, consequently, to find peaceful means for the settlement of all matters of dispute between them." Unterschrieben war die Resolution von Max Born, Perry W. Bridgman, Albert Einstein, Leopold Infeld, Frederic Joliot-Curie, Herman J. Muller, Linus Pauling, Cecil F. Powell, Joseph Rotblat, Bertrand Russell und Hideki Yukawa.

Otto Hahn sagte in seiner Broschüre „ Co-60 Gefahr oder Segen für die Menschheit“: *„Sollten nicht die vielen Möglichkeiten für Frieden und Wohlstand der Völker den Sieg davon tragen können, wenn die Menschen wirklich erfahren, um was es geht?“*

Doch die Kernwaffentests gingen weiter und der globale Fallout und die nukleare Bedrohung dauerten an. Filme, Bücher, Bilder, Comics und später auch Computerspiele gaben den atomaren Ängsten Ausdruck, wirkten einerseits als Katalysatoren dieser Ängste und halfen andererseits bei ihrer Verdrängung. Die Poster „Atomic Fears“ und „Atomic Monsters“ geben einen kleinen Eindruck von der Vielfalt der Bilder und transportierten Botschaften. Eine umfänglichere Dokumentation existiert in einer Langversion des Vortrages, die auf Anfrage vom Autor erhältlich ist⁶

Da sind die Weltuntergangsromane und -filme, die Filmungeheuer als Ausgeburten der oberirdischen Kernwaffenversuche und die „Atomic Monsters“. In den Comics wimmelt es von Superhelden und –schurken, die eines gemeinsam haben: Sie sind alle Verstrahlungsoffer. Hier werden die archetypischen Bilder der Transmutation aus dem Unterbewussten in die Realität transportiert.

Bereits in den 1950ern wurde die Ambivalenz von Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung zu der Agenda gesellschaftlicher Gruppen und der Politik. Dabei diente die Symbolik allen Spielern (Weart 1988):

- Senator McMahan, wenn er forderte, zahllose Wasserstoffbomben zu bauen,
- Bertrand Russell, wenn er forderte, alle Kernwaffen zu zerstören,
- Glenn Seaborg, wenn er versprach, dass nukleare Städte ein Utopia sauberer Technologie bringen würden,
- Ernest Sternglass, wenn er warnte, dass Kernreaktoren den gesamten Planeten verseuchen würden.

Alle Gruppen und Parteien nutzten dabei die gleichen Bilder und Symbole um ihre Sichtweisen durchzusetzen. Sie setzten dabei auf den Mythos der Macht der Transmutation und die archetypischen Bilder im Bewusstsein der Menschen. Es waren frühe Formen der Politik mit der Angst.

In den frühen 1960ern brach die Symmetrie für die meisten Menschen. Nach Weart (1988) konnten die nuklearen Hoffnungen nicht länger die nuklearen Ängste ausba-

⁶ Außerdem sei auf zwei lesenswerte Seiten im Internet verwiesen: http://longstreet.typepad.com/thesciencebookstore/atomic_and_nuclear_weapons/page/2/ und <http://longstreet.typepad.com/thesciencebookstore/2014/03/j.html#more>

lancieren. Eine ganze Technologie und tatsächlich ein ganzer Teil der physikalischen Realität, die Kernenergie selbst, die alle Menschen mit den Atomen in ihren Körpern tragen, wurde nun mit unheilbarem Misstrauen betrachtet. Gleichzeitig mit dieser Einstellung kamen neue Stereotype wie Militäroffiziere und auch andere Offizielle als gefährliche Männer nicht unähnlich verrückten Wissenschaftlern.

Die 1968er: Es ist politisch! Zerschlagt den Atomstaat!

Doch dann – und wir beschränken uns nun weitgehend auf die Situation in Deutschland – bekam die gesellschaftliche Behandlung des Themas Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung eine neue Dimension. Es begann mit Fragen nach der Sicherheit der friedlichen Nutzung der Kernenergie. Im Jahr 1957 sagten Risikoanalysen einen kern-technischen Unfall mittlerer Größe in einer Lebenszeit voraus (WASH-740), 1975 wurde die Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze mit 1 pro 20.000 Jahren berechnet (WASH-1400).

Aber da war noch etwas Anderes, das sich am Stereotyp der 1968er-Bewegung festmachen lässt. Es kam der Zweifel an der Autorität der Wissenschaft und der Wirtschaft, der Behörden und staatlicher Funktionsträger sowie der Parteien und Regierenden. Die Antiatombewegung wurde zum Ausdruck einer gesellschaftlichen Revolution. Die Frankfurter Schule und die kritische Theorie machten daraus ein politisches Programm. Dann war es jedoch nicht die mehr Frage „nukes oder no nukes“ sondern „Welche Gesellschaftsform soll es sein?“ Der Slogan war: „Macht kaputt, was euch kaputt macht! Zerstört den Atomstaat!“

Die Vorstellungen der Kritischen Theorie⁷ der Frankfurter Schule können in stark verkürzter Form wie folgt beschrieben werden. In der spätkapitalistischen Gesellschaft trete durch zunehmende Kapitalkonzentration und Bürokratisierung eine Abtötung des Spontanen und Individuellen in der „verwalteten Welt“ ein. Zwar habe aufklärerische Vernunft das Erlangen von wahren Erkenntnissen über die Welt als das Wesen des Menschen angesehen, doch habe sich diese Vernunft zu einer „instrumentellen“ und „zweckbestimmten“ gewandelt. Diese instrumentelle Vernunft betrachte die Welt und die Menschen einzig unter dem Aspekt des Nutzens. Die Beziehungen zwischen den Individuen werden, so die Argumentation, unter Auflösung tradierter Bindungen weitgehend versachlicht und objektiviert. Am Ende entsteht demnach eine „total verwaltete Welt“, die gegenüber dem Einzelnen umfassende soziale Kontrolle ausübt und Idealismus, Nonkonformismus, Unkonventionalität oder Kreativität – als ihrem Charakter entgegenlaufend – konsequent unterdrückt: **der Atomstaat**. Siehe hierzu auch das Buch von Robert Jungk „Der Atom-Staat“ (Jungk 1977), das diese Vorstellungen einem breiten Publikum nahebrachte.

Es gab eine ganze Reihe von Synergien für die Anti-Atomkraft-Bewegung. In den 68er Bewegungen kamen zusammen und verstärkten einander die ökologische Bewegung,

⁷ siehe hierzu https://de.wikipedia.org/wiki/Kritische_Theorie

die Friedensbewegung und die sozial-revolutionäre Bewegung. Ab 1973 sind auch die deutschen Massenmedien gegen Kernenergie. Der Rahmen ist das Bedrohungspotential der Kernenergie. Es war jetzt politisch!

Stuart R. Weart (1988) berichtete aus der Gründungslegende der Grünen in Frankreich: *„1978 arrangierte ein Französischer Soziologe ein Treffen zwischen einer Gruppe militanter Kernkraftgegnern und Andre Gauvenet. Gauvenet war in der CEA der Verantwortliche für nukleare Sicherheit. Gauvenet hatte auf jede technische Kritik, die von den Kernkraftgegnern vorgebracht wurde, eine Erwiderung. Die Militanten waren schnell von der Argumentation ermüdet. Besonders irritiert war der Führer der lokalen Friends of the Earth, ein junger Mann, der seine Familie verlassen und sein Studium aufgegeben hatte, um in einer Kommune dem anti-nuklearen Widerstand zu leben. Er erhob seine Stimme, um darauf zu bestehen, dass das wirkliche Problem nicht in technischen Sicherheitsspielen bestand: Es ist politisch!“*⁸

Auch die Frauenbewegung machte im Atomstaat ihre Gegner aus: *„Für uns war es ganz klar: Die Atomindustrie ist eine Männerdomäne. Männer maßen sich an, den Planeten, unsere Mutter Erde, zu verseuchen und zu vergiften. Dieser Herrschaftsanspruch, aus Gier und Macht gespeist, durchzieht alle Bereiche unserer Gesellschaft, die Atomtechnik ist die Spitze des Eisbergs... Durch Aufklärungsarbeit muss nun eine Bewegung entstehen, die stark genug ist, Regierung und Betreiber von Atomkraftwerken zu zwingen, das Atomprogramm aufzugeben.“* (Zitat von Zita Termeer, Gründerin der Gruppe „Frauen gegen Atom“; gesehen in einer Buchladenauslage im September 2013 in Bonn).

In Deutschland wurde die Auseinandersetzung zwischen Kernkraftgegnern und Kernkraftbefürwortern massiv. Während bei den Demonstrationen in Wyhl im Jahr 1975 noch die Befürchtungen um die Auswirkungen des geplanten Kernkraftwerks auf die Umwelt im Vordergrund standen, wurden die Demonstrationen im Laufe der Zeit politisch immer radikaler und nahmen teilweise bürgerkriegsähnliche Züge an, z.B. 1979 der Gorleben Treck, 1981 in Brockdorf und 1986 in Wackersdorf. Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang auch die Demonstrationen gegen die Startbahn West des Frankfurter Flughafens in den 1980ern. Man kann sich fragen, was diese mit der Auseinandersetzung um die Kernenergie zu tun haben. Weil es anscheinend ähnliche politische Gruppierungen waren, die dort agierten⁹.

In Deutschland ist die Auseinandersetzung um die Kernenergie zum Dauerbrenner und längst zu einem Glaubenskrieg geworden. Plakate mit dem Slogan „Zerschlagt den

⁸ Siehe hierzu z.B. Claudia Hangen (2005) Die Partei der Grünen in Frankreich: Ideologie und Bewegung

⁹ Am 2. November 1987 wurde anlässlich einer Demonstration zum Jahrestag der Räumung des Hütten dorfs aus der Demonstration heraus mit einer auf einer Anti-AKW-Demonstration in Hanau am 8. November 1986 geraubte Polizeidienstwaffe auf Polizeibeamte geschossen. Dabei wurden neun Beamte getroffen, wobei zwei Polizeibeamte ihren Verletzungen erlagen.

http://de.wikipedia.org/wiki/Startbahn_West#Demonstrationen

Atomstaat“ wurden noch nach dem Unfall von Fukushima im Jahr 2011 durch die Straßen von Berlin und Köln getragen.¹⁰

Ich bin in meinem Beitrag nicht auf weitere wesentliche Aspekte der 1980er eingegangen, in denen der Nato-Doppelbeschluss, die Nachrüstung und die Mittelstreckenraketen zu massiven Reaktionen der Friedensbewegung führten und ebenfalls ihre Auswirkungen auf die Risikowahrnehmung hatten. Das hätte jedoch den Rahmen dieses Beitrages gesprengt. Stattdessen betrachte ich jetzt die drei großen kerntechnischen Unfälle.

Die Unfälle als Signale: Three Miles Island, Tschernobyl und Fukushima

Die Geschichte geht weiter: 1979 der Unfall von Three Miles Island (TMI), 1986 der Unfall von Tschernobyl und 2011 der Unfall von Fukushima Dai-ichi. Warum wurden die drei Unfälle so wichtig? Sie waren **Realitäten und Signale für die gesellschaftliche Verstärkung**. Es war politisch und der psychologische und soziologische Grund war vorbereitet.

Besser hätte die zeitliche Abstimmung nicht sein können. Am 16.3.1979 kam der Film „Das China Syndrom“ in die Kinos. Das China-Syndrom ist ein US-amerikanischer Spielfilm, der sich kritisch mit der wirtschaftlichen Nutzung der Kernenergie auseinandersetzt. In dem Film wird ein fiktiver Störfall in einem amerikanischen Kernkraftwerk beschrieben, dessen Ursache sowohl in technischem als auch menschlichem Versagen liegen. 12 Tage später, am 28.3.1979 kam es im Kernkraftwerk in Three Miles Island zu einer Kernschmelze.

Die Kernschmelze in TMI war die Folge eines „kleinen“ Lecks im Primärkreislauf. Die Ursachen lagen in mangelhafter Leittechnik und menschlichen Fehlern. Es wurden weniger als 10^{12} Bq I-131 über ein Hilfsanlagegebäude freigesetzt. Die maximalen effektiven Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung lagen bei 1 mSv; es wurden keine gesundheitlichen Folgen beobachtet. Aber es gab riesige Kommunikationsprobleme und große Verwirrung.

Der Begriff China Syndrom hat sich als SUPER GAU in die Gehirne der Menschen unauslöschlich eingebrannt. Er ist so schön bildhaft; was er radiologisch bedeutet, wurde allerdings bisher nicht kommuniziert.

Am 26.04.1986 explodierte Block 4 des Kernkraftwerks in Tschernobyl. Es handelte sich um einen RBMK Reaktor, einen mit Graphit moderierten Siedewasserreaktor mit Druckröhren. Im Rahmen eines Experimentes kam es zu einer unkontrollierten Leistungsexkursion aufgrund von inhärenter Unsicherheit des Reaktortyps, Designmängeln, Managementfehlern und menschlichem Fehlverhalten. Ein großer Teil des Reaktorgebäudes wurde weggesprengt. Der Reaktorkern lag offen. Ein Graphitbrand und

¹⁰ z.B. <http://anarchosyndikalismus.blogspot.de/2011/03/26/koeln-zehntausende-gegen-atomkraft/> und <http://de.indymedia.org/2011/03/303231.shtml>

die Schmelze des restlichen Kerns verursachten riesige Freisetzung radioaktiver Stoffe, die große Teile Europas kontaminierten und großflächige Evakuierungen und Umsiedlungen erforderlich machten; siehe z.B. IAEA (1996), UNSCEAR (2000), SSK (2006),

Der Unfall von Tschernobyl im Jahr 1986 war die Erfüllung der Prophezeiungen der Kassandren der Sicherheitsdiskussion. Alle Ängste und Bilder der Vergangenheit wurden jetzt in die Realität dieses Unfalls projiziert. Die Umstände des Notfallmanagements in der USSR verstärkten die Wirkung. Die Stichworte dazu sind mangelnder Notfallschutz, Missachtung der eigenen Bevölkerung und Geheimhaltung auch vor den Bruderstaaten.

Im totalitären Staat der Geheimhaltung entwickelt sich eine Subkultur der Opfer. Es kam zum Zusammenbruch des Systems. Wohlbegründete Referenzwerte, wie das 350 mSv pro Lebenszeit Konzept, wurden in der Perestroika gegen einen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr aufgegeben. Man beobachtete erlernte Hilflosigkeit in der betroffenen Bevölkerung von Weißrussland und der Ukraine bis in die 1990er Jahre. Erst ab 2000 konnte man einen Stimmungswechsel wahrnehmen und hörte ein „We shall overcome!“

In Deutschland führte der Reaktorunfall von Tschernobyl im Jahr 1986 zu einer beispiellosen Emotionalisierung und Verhärtung der Kernenergie-Debatte; auch sah man eine frühe Manifestation der „German Angst“. Die Angst vor Radioaktivität und Strahlung war sogar Ursache von Abtreibungen und Auswanderungen. Allerdings wurde die Situation nicht überall so kritisch gesehen wie in Deutschland.

International bewirkte der Unfall von Tschernobyl im Jahr 1986 eine Polarisierung der Wahrnehmungen, Meinungen und Einstellungen. Da gab es zum einen den wissenschaftlichen Mainstream, beispielhaft vertreten durch IAEA, UNSCEAR, WHO und eine deutliche Mehrheit der Wissenschaft, und zum anderen Gruppen und Personen, für die Tschernobyl zum Fanal der Kernenergie und zur Wurzel allen Übels in der zerfallenden USSR wurde. Für letztere Einstellungen seien beispielhaft die Publikationen von Chernousenko (1991) und Yablokov (2009) genannt. Ohne hier in eine detaillierte Diskussion dieser Arbeiten einzusteigen sei auch auf die Kritik Balanovs (2012) am Buch von Yablokov (2009) verwiesen.

Aus einer wissenschaftlichen Arbeit, die die möglichen gesundheitlichen Folgen des Unfalls von Tschernobyl abschätzte (Cardis et al. 1996), entstand eine Instrumentalisierung der Opferrechnungen und der Wettbewerb um die meisten Toten; ein Wettbewerb, der bis heute anhält und nach dem Unfall von Fukushima konsequent fortgesetzt wird. Grund für diese Entwicklung war und ist die gnadenlose Anwendung der Linear-No-Threshold (LNT) Hypothese zur Berechnung von Toten bis herunter in Dosisbereiche, die klein sind gegenüber der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition und wo die rechnerisch ermittelten Risiken absolut hypothetisch sind.

Selektive Wahrnehmung hilft hier zwischen positiven und schädlichen Strahlenwirkungen bei kleinsten Dosen zu wählen. Obwohl beide Phänomene sich in der internationalen Literatur finden, haben sich beide in der internationalen Evaluation nicht bestätigt. Es fehlt für beide praktisch jede belastbare Empirie. Aber es gibt Menschen, die nur das eine oder das andere sehen wollen. Eine Frage der Weltsicht? Sicherlich ja, man muss die Welt nur selektiv wahrnehmen!

Im erfahrungsgemäßen System des Umgangs mit Risiken mag das nachvollziehbar sein, beim analytischen Umgang sollte man aber versuchen, nicht unter selektiver Wahrnehmung zu leiden. Bei den selektiv Wahrnehmenden beobachtet man häufig das Phänomen: Glauben ist Wissen, Gefühle sind Tatsachen. Man vertraut auf die Wissenschaft, aber nur selektiv. Und die Soziologie sagt uns, dass es in der Postmoderne keine Wahrheiten mehr gibt. Die Aufklärung wurde in den Mülleimer der Geschichte geworfen.

Selektive Wahrnehmung ist auch ein Mechanismus zur Abwehr der kognitiven Dissonanz und kognitive Dissonanzen gab es in der Geschichte von Kernenergie, Radioaktivität und Strahlung allein aufgrund der Realitäten in hinreichendem Maße. Die Theorie der kognitiven Dissonanz (Festinger 1957) besagt, dass wir eine starke Neigung verspüren, die erlebte kognitive Dissonanz möglichst rasch zu reduzieren. Wir versuchen, die gegensätzlichen Tendenzen miteinander vereinbar zu machen, wobei wir unterschiedliche Strategien wie bspw. Einstellungsänderungen oder Verhaltensänderungen benutzen. Menschen versuchen aber auch, dissonante Informationen zu vermeiden. Die Folge solchen Verhaltens ist die selektive Wahrnehmung von Informationen. Menschen neigen dazu, einmal getroffene Entscheidungen zunächst beizubehalten oder zu rechtfertigen. **Selektive Wahrnehmung ist ein Phänomen der kognitiven Dissonanz.** Selektive Wahrnehmung führt auch dazu, dass gesellschaftliche Gruppen sich zum Teil auf sog. „kritische Wissenschaftler“ festlegen. Für sie sind „Mainstream-Wissenschaftler“ gekauft, obsolet und die Realität der Glaubensgewissheit, die durch augenfällige Bilder vermittelt wird, verweigernd.

In den 1990iger und den folgenden Jahren setzt sich der Trend der Bifurkation der Meinungen fort: Aber Kerntechnik und Radioaktivität müssen doch schuld sein!! Dabei hilft selektive Wahrnehmung. Die Folgen des Unfalls von Tschernobyl müssen doch entsetzlich sein. Doch die Effekte sind meist zu klein, etwas zu erkennen. Da die Strahlenexpositionen langfristig gering sind, müssen kleine Dosen also gefährlich sein. Wenn keine kleinen Dosen da sind, muss man sie finden: die Suche nach Kernbrennstoffkügelchen in der Elbmarsch (SSK 2003), die Untersuchungen zur Leukämie bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken (SSK 2008) und die Krebshäufigkeit in der Umgebung der Schachtanlage Asse II (SSK 2013). Die Untersuchungen wurden vielfach zu einer Politik mit der Angst genutzt.

Und parallel dazu gab es dann noch die nukleare Renaissance. *„Nach dem Unfall von Three Mile Island wurden viele Bauaufträge für Kernkraftwerke storniert. Der Bau neuer Kernkraftwerke kam praktisch zum Erliegen. Die Diskussion um die Klimaverän-*

derungen und die Möglichkeit mittels Kernenergie CO₂ bei der Elektrizitätserzeugung einzusparen, haben zu einem Umdenken geführt. In der Kernenergiewirtschaft sprach man seit etwa 2001 von "nuklearer Renaissance" in der Hoffnung auf ein großes Comeback der Kernenergie."

<http://www.whatisnuclear.com/articles/renaissance.html>.

Anfang 2011 war der Atomausstieg zwar beschlossen, aber die Angst vor dem Ausstieg aus dem Ausstieg war ein wichtiges Thema in der gesellschaftlichen Diskussion. Sie beeinflusst als verborgene Agenda auch heute im Jahr 2015 noch die Diskussion um die Endlagerung und die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II.

Am 11. März 2011 14:46 ereignete sich ein Erdbeben der Stärke 9,0 vor der Küste Tohokus in Japan. Etwa eine Stunde nach dem Erdbeben verwüstete ein 7 m – 15 m Tsunami die Küsten Nord-West-Japans. Mehr als 28.000 Tote und Vermisste wurden als Folge von Erdbeben und Tsunami gezählt. Im Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi fiel als Folge des Tsunamis in drei Reaktorblöcken die Kühlung aus und es kam zu Kernschmelzen, in deren Folge sich 3 Wasserstoffexplosionen und das Versagen eines Sicherheitsbehälters ereigneten. Große Mengen radioaktiver Stoffe wurden freigesetzt, die zwar meist über dem Pazifik niedergingen, von denen jedoch ein Teil zu massiven Kontaminationen auf dem japanischen Festland, vor allem in der Präfektur Fukushima, führte. Siehe zu den Auswirkungen des Unfalls die Vortragsfolien „Der Reaktorunfall von Fukushima Dai-ichi und seine Folgen für Mensch und Umwelt“ aus dem Jahr 2012¹¹, dessen Inhalte auch vor dem Hintergrund der Berichte der WHO (2013) und von UNSCEAR (2014) Bestand haben.

Die Wahrnehmung des Unfalls von Fukushima Dai-ichi wurde durch Medienpräsenz massiv gesellschaftlich verstärkt. Alles war live im Fernsehen; es war der absolute Gegensatz zur Lage nach dem Unfall von Tschernobyl. Zudem gab es innerhalb weniger Tage eine Fülle von Information im Internet für die, die sie verstehen konnten und wollten. Es gab kein Herrschaftswissen mehr, keine Interpretationshoheit über die Information.

Die Informationspolitik in Japan, die anfänglich große Defizite aufwies, wurde sehr schnell an die Anforderungen des Internetzeitalters angepasst. Allerdings gelang es der japanischen Regierung nicht, die im Internet publizierten Daten den Menschen glaubhaft zu vermitteln und zu erklären.

Das Medienecho war ein Desaster. Dort interessierten nur die Reaktoren, die Opfer der Naturkatastrophe waren deutlich unwichtiger. Katastrophenmeldungen über Fukushima Dai-ichi dominierten selbst in den sog. seriösen Medien. Die sachliche Berichterstattung hatte nahezu keinen Platz. In den sozialen Medien wurden die Angst und die Lust am Untergang ausgelebt.

¹¹ http://www.irs.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/duvfsk12.pdf

Es kam die große Stunde der Weltuntergangspropheten und Betroffenenheitsapostel und der Misinformation. Diverse machten und machen „Niedrigstrahlung“ für alles verantwortlich: siehe dazu unter vielen anderen Videos im Internet solche von und mit Chris Busby, Helen Caldicott, Alexey Yablokov und Arnolf Gunderson. Wie katastrophal musste dann erst Fukushima sein? Angst verbreitete sich weltweit. Artikel wie „Is the increase of baby deaths in the US a result of Fukushima fallout?“ von J.D. Sherman, J. Mangano (2012) und “Why the Fukushima disaster is worse than Chernobyl!” von David McNeill (2011) trugen das Ihrige dazu bei. Weitere Beispiele sind in den Vortragsfolien zu finden.

Gesellschaftliche Verstärkung durch die Medien

Bezeichnend für die Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung in unserer Gesellschaft ist die Darstellung in den Medien, die – nicht generell, aber vielfach – von mangelhafter Recherche und großer Verantwortungslosigkeit im Umgang mit wissenschaftlichen Befunden zeugt. Die folgenden Beispiele belegen ein Medien-Desaster mit Stimmen der Medien zu Tschernobyl sowohl von den Inhalten als auch von der Wortwahl. Die Beispiele wurden von A. Gonzalez/IAEA auf der IRPA Tagung in Hiroshima im Jahr 2000 genannt.

- „... 800 000 children are affected by Chernobyl which is likened to a past time nuclear attack“ ...„ [only] 1 % of Byelorussian territory is ecologically clean“ Reuters: London, October 13, 1995,
- „... impact of the accident is comparable to that of the Second World War ...“ UNESCO, Man and the Biosphere Series, Vol. 16,
- „... about 9 million people affected400 000 forced to leave their homes with only their clothes on their backs 800 000 men worked inside the reactor for no more than 90 seconds ...“ UN Dept. of Humanitarian Affairs, DHA News, No. 16, Sep./Oct. 1995,
- „... 1 million children had been severely deformed ...“ „Igor – child of Chernobyl“, British TV documentary,
- „... 3.2 million people are victims of the accident, including 1 million children...“,
- „... over 125 000 have already died ...“ UNIAR news agency, Kiev 23 December, 1995.

Die 125.000 Toten in der letzten Meldung stammen aus einem Interview in dem der zuständige ukrainische Minister nach den Opferzahlen gefragt wurde. Er nannte zuerst alle seit dem Unfall verstorbenen Ukrainer: 120 000. Diese Zahl wurde kolportiert und auch in den deutschen Medien verbreitet. Die Zeitung „Die Zeit“ ist damals hinter den Fehler gekommen. Andere Zeitungen haben ihre Berichte bis heute nicht widerrufen.

Ein weiteres Beispiel zum Thema Hiroshima möchte ich anführen, das ich selbst im Fernsehen gesehen habe. NDR 3 berichtete am 50. Jahrestag des Atombombenab-

wurfs: „250.000 Spätfolgen in Hiroshima durch radioaktive Strahlung“. Auf telefonische Nachfrage wurde als Quelle genannt: „Oberpfälzer Nachrichten“.

Auch die ARD Tagesschau berichtete am 6.8.2008: "... auch heute noch sterben an den Spätfolgen der atomaren Strahlung jährlich Tausende Japaner ...", eine Aussage konträr zu den Erkenntnissen der Epidemiologie aus der Life Span Study. Preston et al. (2004) fanden für den Zeitraum von 1950 bis 2000 eine Anzahl von 93 zusätzlichen Leukämiefällen und 479 zusätzlichen soliden Tumoren. Wie kann das zusammenpassen?

Es gibt einen Grund für die falschen Berichte in den Medien. Es ist der Begriff „hibakusha“. Das japanische Atomic Bomb Survivors Relief Law definiert hibakusha als Menschen, die in eine der folgenden Kategorien fallen: innerhalb von ein paar Kilometern von den Hypozentren beim Abwurf der Bomben; innerhalb 2 km von den Hypozentren innerhalb von zwei Wochen nach dem Abwurf der Bomben; Exposition durch radioaktiven Fallout; oder ungeboren im Leib einer Mutter in einer der vorstehenden Kategorien. 210.830 hibakusha waren am 31. März 2012 von der japanischen Regierung anerkannt. Die japanische Regierung schätzt, dass etwa 1% von ihnen an Erkrankungen leiden, die auf die Atombombenexplosionen zurückzuführen sind. Hibakusha haben Anrecht auf staatliche Unterstützung, z.B. eine monatliche Rente, und diejenigen von ihnen, die an mit den Atombombenexplosionen zusammenhängenden Erkrankungen leiden, erhalten spezielle medizinische Betreuung.

Die Gedenkstätten in Hiroshima und Nagasaki führen Listen mit den Namen der hibakusha, die seit den Bombenabwürfen gestorben sind. Die Listen werden jeweils am Jahrestag der Bombenabwürfe fortgeschrieben. Im August 2012 enthielten sie die Namen von nahezu 440.000 verstorbenen hibakusha; 280.959 in Hiroshima und 158.754 in Nagasaki. Der japanische Fernsehsender nhk meldete am 21. Mai 2013 07:55 UTC, dass die Namen von etwa 3.000 Opfern, die zwischen August 2012 und Juli 2013 verstarben oder deren Tod als Folge der Atombombenabwürfe zertifiziert wurden, dem Register hinzugefügt wurden.

Die von den Medien genannten Zahlen haben nichts mit den stochastischen Strahlenschäden zu tun. Das hätten auch Journalisten bei Wikipedia nachlesen können: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hibakusha>.

Hat unsere Gesellschaft ein Problem mit dem Risiko?

Der heutige Zustand wird dadurch charakterisiert, dass in Deutschland die gesamte Diskussion auf Kernenergie fokussiert ist; die Risiken von Radioaktivität und Strahlung und der Strahlenschutz sind nur Werkzeuge in diesen Diskussionen. Die vielfältigen Anwendungen von Radioaktivität und Strahlung außerhalb der friedlichen und militärischen Nutzung der Kernenergie sind meist kein Thema der öffentlichen Diskussion. Zwar wurde im Jahr 2011 unter dem Eindruck der Reaktorunfälle von Fukushima Dai-ichi der Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen, aber die Politik mit der Angst

musste bleiben. Jetzt sind es die radioaktiven Abfälle und die Endlagerung. Die Angst vor einem Revival der Kernenergie bleibt im gesellschaftlichen Raum bestehen. Darum ist z.B. auch die Schachanlage Asse II als Signal so wichtig.

Unabhängig davon bleibt die Frage: Hat unsere Gesellschaft ein Problem mit dem Risiko und speziell mit dem Risiko von Radioaktivität und Strahlung? Meine Antwort ist ja und das speziell vor dem Hintergrund des Phänomens der deutschen Angst.

Fukushima bewirkte nach Ansicht des Autors in der deutschen Gesellschaft eine weit verbreitete Angstneurose. Angstreaktionen sind natürliche Vorsichtsreaktionen des Menschen. Manche sagen: Angst ist ein guter Ratgeber. Aber wie kann man mit Angst umgehen? Man kann sie verarbeiten. Man kann die Ursachen beseitigen. Die Angst kann jedoch bleiben. Wenn Ängste überhand nehmen oder wenn die Ursachen (die Realitäten) für die Ängste nicht beseitigt werden können, werden sie verdrängt. Eine Neurose wird durch einen inneren, unbewussten Konflikt verursacht. Kognitive Dissonanzen können solche Konflikte darstellen. Die Tendenz zur Verdrängung von Bedürfnissen nimmt bei einem Übermaß an kognitiven Dissonanzen überhand. Eine Neurose ist eine psychische Verhaltensstörung längerer Dauer. Die auslösenden traumatisierenden Faktoren sind Stressoren. Nach verhaltenstheoretischen Konzepten wird eine Neurose durch erlernte Fehlanpassung hervorgerufen. Dies ist das Ergebnis der Geschichte von Radioaktivität und Strahlung in Deutschland. Dann ist Angst kein guter Ratgeber.

Fukushima hat gezeigt, dass Angstneurosen in unserer Gesellschaft zum Kulturgut geworden sind. Man liest dazu (<http://de.wikipedia.org/wiki/Neurose>): *„Als subjektiv erleichternd wirkt sich die weite Verbreitung eines bestimmten Typs von Neurose in der jeweils betroffenen Kultur aus, der dadurch zur sozialen Norm wird.“* Schon Freud war äußerst skeptisch, dass solche „Normalität“ vielfach mit „Gesundheit“ gleichgesetzt wurde. Der Bevölkerung Angst nehmen, scheinen manche für kein gutes politisches Geschäft zu halten, kann man sie doch instrumentalisieren.

In Bezug auf „Politik mit der Angst“ sollte man daran erinnern, dass Franklin D. Roosevelt am 6.1.1941 in einer Rede zur Lage der Nation die folgenden „vier Freiheiten des Menschen“ als grundlegende Ziele der Politik formulierte: *„In künftigen Tagen, um deren Sicherheit wir uns bemühen, sehen wir freudig einer Welt entgegen, die gegründet ist auf vier wesentliche Freiheiten des Menschen.“*

Die erste dieser Freiheiten ist die der Rede und des Ausdrucks – überall auf der Welt.

Die zweite dieser Freiheiten ist die jeder Person, Gott auf ihre Weise zu verehren – überall auf der Welt.

Die dritte dieser Freiheiten ist die Freiheit von Not. Das bedeutet, weltweit gesehen, wirtschaftliche Verständigung, die jeder Nation gesunde Friedensverhältnisse für ihre Einwohner gewährt – überall auf der Welt.

Die vierte Freiheit aber ist die von Furcht. Das bedeutet, weltweit gesehen, eine globale Abrüstung, so gründlich und so lange durchgeführt, bis kein Staat mehr in der Lage ist, seinen Nachbarn mit Waffengewalt anzugreifen – überall auf der Welt."

Was aber ist, wenn die Mehrheit der Bevölkerung nicht oder falsch informiert wird und daher inkompetent ist? Nach Kruger und Dunning (2009) tragen Inkompetente eine doppelte Last: Sie kommen zu falschen Schlussfolgerungen und machen bedauerliche Fehler. Sie neigen dazu, ihre Kompetenz zu überschätzen. Man kann dies heilen, indem man Kompetenz vermittelt. Aber dann sind die Inkompetenten nicht mehr inkompetent. Insofern besteht Hoffnung, falls systematische Anstrengungen unternommen werden, die Bevölkerung über Risiken im Allgemeinen und über die von Radioaktivität und Strahlung im Besonderen aufzuklären. Dazu können wissenschaftliche Gesellschaften beitragen, aber nur wenn in der Politik eine breite Übereinstimmung über dieses Ziel besteht, wird ein Erfolg möglich sein.

Hat auch der Strahlenschutz Probleme mit dem Risiko?

Zum Abschluss dieses Beitrages möchte ich noch diese Frage stellen. Ich beantworte sie mit ja! Allerdings habe ich als Antwort lediglich ein paar neue Fragen:

- Ist der Strahlenschutz zu komplex?
- Können wir seine Inhalte nicht vermitteln?
- Haben wir selbst Schuld, wenn aus minimalen Dosen über die Kollektivdosis Hunderttausende Tote ausgerechnet werden?
- Stellen wir mit der Optimierung und dem Vorsorgeprinzip den bestehenden Strahlenschutz selbst in Frage?
- Gelingt es uns nicht, das Risiko zu kommunizieren?
- Bemühen wir uns nicht um die Menschen?
- Tun wir genug in der Ausbildung?
- Üben wir Druck auf Politiker aus, Ängste nicht zu instrumentalisieren, sondern sich für die Emanzipation einer rationalen, angstfreien Gesellschaft einzusetzen?

Diese Fragen sollten wir in der Zukunft beantworten.

Schlussfolgerung

Die Wahrnehmung von Strahlenschutz und Risiko stellt eine extrem verfahrenere Situation dar, für die es gute Gründe gibt. Ich kann keinen Weg aus dieser Situation aufzeigen; ich kann nur ein paar Wünsche formulieren. Ich konnte auch nichts zur Risikokommunikation sagen. Das hätte den Rahmen dieses Beitrages gesprengt und muss späteren Arbeiten vorbehalten bleiben. Die Situation ist jedoch so unerträglich, dass etwas geschehen muss. Über das Wie muss gesprochen werden.

Dabei erscheint mir eines sicher zu sein: Wir wollen einen wissenschaftlichen und rationalen Weg, der die Menschen mitnimmt und die Risikowahrnehmung der „normalen“ Menschen ernst nimmt, mit dem Ziel einer aufgeklärten, vorsichtigen, aber angstfreien und risikobewussten Gesellschaft. In jedem Fall sollte ein wichtiger Teil unserer Bemühungen sein, die Politik anzuhalten, die existierenden Risiken und die Ängste der Menschen nicht für politische Zwecke zu missbrauchen. Es ist so schon schlimm genug.

Literaturnachweis

- Balanov, M.I. (2012) On protecting the inexperienced reader from Chernobyl myths. *J Radiol Prot.* 32(2):181-9. doi: 10.1088/0952-4746/32/2/181
- Cardis, E., et al. (1996) Estimated long term health effects of the Chernobyl accident. in: *One Decade After Chernobyl. Summing up the Consequences of the Accident. Proceedings of an International Conference, Vienna, 1996.* STI/PUB/1001. IAEA, Vienna, pp. 241-279
- Chernousenko, V.M. (1991) *Chernobyl: Insight from the inside.* Springer, Berlin
- Clarke, R.H., Valentin, J. (2009) *The History of ICRP and the Evolution of its Policies,* ICRP Publication 109, Ann. ICRP 39 (1)
- Cohen B.L. (1983) *Before It's Too Late: A Scientist's Case for Nuclear Energy* (Plenum, New York, p. 31
- Dupont R.L. (1981) The nuclear power phobia. *Business Week,* September 2, pp. 8-9
- Festinger L. (1957) *A Theory of Cognitive Dissonance.* Stanford University Press. Stanford
- Hahn O. (1955) *Co-60 Gefahr oder Segen für die Menschheit.* 1. Aufl. März 1955, Musterschmidt Verlag
- Heinlein R.A. (1940) *Solution Unsatisfactory,* *Astounding Science Fiction Magazin;* http://www.baenebooks.com/chapters/0743471598/0743471598_5.htm
- Hangen C. (2005) *Die Partei der Grünen in Frankreich: Ideologie und Bewegung.* Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden
- Herbig J. (1976) *Kettenreaktion , Das Drama der Atomphysiker.* Hanser Verlag, Berlin.
- Hiyama A. et al. (2012), *The biological impacts of the Fukushima nuclear accident on the pale grass blue butterfly.* *Scientific Reports* 2, 570
- Jenkins-Smith H.C. (1993) *Nuclear imagery and regional stigma: Testing hypotheses of image acquisition and valuation regarding Nevada.* University of New Mexico, Institute of Public Policy, Albuquerque, NM
- IAEA (1996) *One decade after Chernobyl. Summing up the consequences of the accident.* Proc. of an International Conference, 8. – 12. April 1996. STI/PUB/1001, IAEA, Wien. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1001_web.pdf.
- Jungk R. (1977) *Der Atomstaat. Vom Fortschritt in die Unmenschlichkeit,* Kindler, München 1977
- Kosti O. (2014) *The Science of Responding to a Nuclear Reactor Accident, Summary of a Symposium: Social, Psychological, and Behavioral Impacts,* National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, Washington, D.C., www.nap.edu;
http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=19002&page=R1.
- Kruger J., D. Dunning (2009) *Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments,* *Psychology* 1,30-46, <http://www.scirp.org/journal/psych>.
- Kunreuther H. et al. (1988) *Nevada's Predicament: Public Perceptions of Risk from the Proposed Nuclear Waste Repository.* *Environment* 30(8), 16-20
- McNeill D. (2011) *Why the Fukushima disaster is worse than Chernobyl!* <http://www.independent.co.uk/news/world/asia/why-the-fukushima-disaster-is-worse-than-chernobyl-2345542.html>

- Milligan P.A, Covello V.T. (2012) Radiological Risk Communication, Message Mapping for Effective Radiological Risk Communications for Nuclear Power Plant Incidents, IRPA 13, Glasgow, <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1212/ ML12124A215.pdf>
- Preston et al. (2004) Effect of recent changes in atomic bomb survivor dosimetry on cancer mortality risk estimates. *Radiation Res.* 162: 377-389.
- Prêtre S. (1992) Atom, Symbolik und Gesellschaft: Geistige Ansteckung oder Risikobewusstsein? *Forum Medizin und Energie, FME, Baden-Dättwil*
- Renn, O. (2014) Das Risikoparadox – Warum wir uns vor dem Falschen fürchten. Fischer Taschenbuch, 3. Auflage.
- Sherman, J.D., Mangano J. (2012) Is the increase of baby deaths in the US a result of Fukushima fallout? *Int. J. Health Serv.* 42(1): 47-64
- Slovic et al. (2004) Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis* 24(2), 311-322
- Slovic P. (1987) Perception of Risk. *Science* 236, 280-285
- Slovic P. (1999) Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: Surveying the Risk-Assessment Battlefield. *Risk Analysis* 19(4) 689-701
- Slovic P., et al. (1979) Images of Disaster: Perception and Acceptance of Risks from Nuclear Power. in G. Goodman and W. Rowe (eds.), *Energy Risk Management* (Academic, London, 1979), pp. 223-245
- Slovic P., et al. (1991) Perceived Risk, Stigma, and Potential Economic of a High-Level Nuclear Impacts Waste Repository in Nevada. *Risk Analysis* 11(4) 683-696
- Slovic P., et al. (1991) Risk Perception, Trust, and Nuclear Waste: Lessons from Yucca Mountain. *Environment* 33, 6-11, 28-30
- Smith K.R. (1988) Perception of risk associated with nuclear power. *Energy Environment Monitor* 4, 61 – 70; p.62
- SSK (2003) Bewertung von Messungen der ARGE PhAM zur Radioaktivität in der Elbmarsch. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 183. Sitzung der SSK am 14.02.2003. www.ssk.de
- SSK (2006) 20 Jahre nach Tschernobyl – Eine Bilanz aus Sicht des Strahlenschutzes. Berichte der SSK, Heft 50: Redaktion: Daniela Baldauf, Detlef Gumprecht und Horst Heller, Bonn; www.ssk.de
- SSK (2008) Bewertung der epidemiologischen Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie). Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 227. Sitzung der SSK am 25./26.09.2008. Veröffentlicht im BAnz Nr. 60a vom 22.04.2009. www.ssk.de
- SSK (2013) Krebshäufigkeit in der Samtgemeinde Asse. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 260. Sitzung der SSK am 28.02./01.03.2013. Veröffentlicht im BAnz AT 03.03.2015 B3. www.ssk.de
- UNSCEAR (2000) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume II: Effects, Annex J. Exposures and effects of the Chernobyl accident, United Nations, New York, <http://www.unscear.org/docs/reports/annexj.pdf>
- UNSCEAR (2014) UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami, United Na-

tions, New York, http://www.unscear.org/docs/reports/2013/13-85418_Report_2013_Annex_A.pdf

WASH-1400 (1975) (NUREG 751014) Reactor Safety Study. An assessment of accident risks in U.S. commercial nuclear power plants. U.S. Nuclear Regulatory Commission.

WASH-740 (1957) Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants. United States Atomic Energy Commission.

Weart S.R. (1988) Nuclear fears – a history of images. Harvard University Press; S.R. Weart (2012) The rise of nuclear fear, Harvard University Press

WHO (2013) Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami based on a preliminary dose estimation. WHO.

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78218/1/9789241505130_eng.pdf?ua=1

Wiedemann P.M., H. Schulz (2010) Risikokommunikation als Aufklärung: Informieren über und Erklären von Risiken. in: V. Linneweber, E-D. Lantermann, E. Kals (Hrsg.) Enzyklopädie der Psychologie, Umweltpsychologie, Spezifische Umwelten, Publisher: Hogrefe, Göttingen, pp.793-827

Yablokov, A.V. (2009) Chernobyl – Consequences of the Catastrophe for People and the Environment. Annals of the New York Academy of Sciences