

Atommüll und Langzeitkommunikation. Entwürfe und Debatten seit 1984*

Susanne Hauser, Universität der Künste Berlin

Summary. The article presents central debates on nuclear waste and long-term communications originating in the early considerations of the 1980s. After brief remarks on the current state of the final disposal of high-level radioactive waste and after an equally brief overview of the most important stages of the discussions on long-term communications, the paper explores two fundamental questions: Is long-term communication accompanying the prospective repositories desirable at all? And if that's the case, how is it possible? Institutions involved in the planning of final disposal sites, such as the US Department of Energy and the Nuclear Energy Agency of the OECD, have repeatedly answered the first question in the affirmative and turned to a number of scientific disciplines and arts that has grown significantly in recent decades for answers to the second. With particular attention to the observable shifts of theoretical, methodological and disciplinary focal points, the following article considers proposed signs and sign carriers, messages and their expected receptions, designs for institutions that might accompany and secure possible signs, messages and repositories, and finally, ideas for practices of their remembrance designed to be set in motion right now and around the world.

Zusammenfassung. Der Beitrag stellt zentrale Debatten über Atommüll und Langzeitkommunikationen vor, die ab Mitte der 1980er Jahre geführt worden sind. Nach kurzen Bemerkungen zum aktuellen Stand der Endlagerung hochradioaktiver nuklearer Reststoffe und einem ebenso kurzen Überblick über die wichtigsten Etappen der hier nachgezeichneten Diskussionen geht der Text zwei prinzipiellen Fragen nach: Ist eine langfristige Kommunikation über die künftig zu errichtenden Endlager überhaupt erstrebenswert? Und wenn das der Fall ist: Wie ist sie möglich? Mit der Planung von Endlagerung befasste Institutionen wie das US-amerikanische Department of Energy wie auch die Nuclear Energy Agency der OECD haben die erste Frage immer wieder bejaht und sich für Antworten auf die zweite an einen in den letzten Jahrzehnten deutlich gewachsenen Kreis von wissenschaftlichen Disziplinen und Künsten gewandt. Mit besonderer Aufmerksamkeit für die dabei beobachtbare Verlagerung der theoretischen, methodischen und disziplinären Schwerpunkte betrachtet der hier folgende Beitrag Vorschläge

für Zeichen und Zeichenträger, für Botschaften und ihre erwarteten Rezeptionen, Entwürfe von Institutionen, die eventuelle Zeichen, Botschaften und Endlager begleiten und sichern könnten, sowie Ideen zu Formen, mit denen das Erinnern an eventuelle Endlager gleich jetzt und weltweit in Gang kommen soll.

Seit den 1980er Jahren haben mehrere Arbeitsgruppen und einzelne Forscher:innen archäologische, anthropologische, linguistische, semiotische und soziologische Untersuchungen und Erwägungen angestellt, um über Jahrtausende verlässliche Formen der Kommunikation mit künftigen Generationen zu finden: Das Eindringen in Endlager mit radioaktiven Stoffen soll auch über semiotische Hürden verhindert werden. Der über die Jahrzehnte immer deutlicher artikulierte aktuelle Handlungsdruck im Umgang mit langfristig strahlendem Müll motivierte die Suche nach Vorbildern in der Vergangenheit durch den Fokus auf archäologische Stätten und Blicke in die Zukunft mittels futurologischer Konzepte. Die Frage der Verantwortung für langfristig wirksame Botschaften zum radioaktiven Müll wurde philosophischer Prüfung unterzogen, wissenschaftshistorische Untersuchungen befassten sich mit dem Wissen, das mit einer langfristig verständlichen Warnung verbunden sein müsste, kulturhistorische wie medienwissenschaftliche Kritik ist eingeflossen und architektonische wie künstlerische Eingriffe wurden konzipiert. Bis heute sind die Diskussionen nicht abgeschlossen.

Die seit den 1980er Jahren geführten Debatten über den kommunikativen Umgang mit radioaktiven Abfällen sind Versuche, im Rahmen der jeweils aktuellen wissenschaftlichen Paradigmen Möglichkeiten rationaler Handlungsfähigkeit zu beschreiben. Dieser Versuch wird angesichts eines weltweit verteilten nuklearen Erbes unternommen, das den Charakter eines Hyperobjects im Sinne Timothy Mortons hat: „an entity that's so massively spread out in time and space that you can't point to it all at once“ (Morton 2019: 22).¹ Weder in Bezug auf die räumliche Verteilung² noch in Bezug auf die Zeitdimensionen³ sind radioaktive Abfallstoffe zu umfassen oder zu kontrollieren. Sie gehören wie Plastik oder persistente organische Schadstoffe zu jenen geologisch nachweisbaren Stoffen, die es nahelegen, mit dem Anthropozän ein neues Erdzeitalter auszuweisen. Die Lasten, die sie auferlegen, sind nicht gleichmäßig verteilt. Susanna Rankin Bohme hat für diesen Umstand den Terminus „unequal exposures“ geprägt (Bohme 2014: 73): Minderheiten, indigene Völker, arme und verarmte Gegenden sind überproportional von ökologischen Belastungen betroffen. Für die Belastung mit Radioaktivität ist dieser Umstand gut nachgewiesen (Gray-Cosgrove u.a. 2015: 14; Anm. 3). Dieser Müll, Ergebnis wissenschaftlicher, technischer und sozialer Prozesse, gehört nun zu den Bedingungen, unter denen Leben auf der Erde weiter existieren muss. Für Peter van Wyck ist er das Beispiel eines „ecological threat“, die alle bis zu seiner Entstehung gültigen Vorstellungen von Verantwortung und Wiedergutmachung, von lokaler

Situiertheit und Zuständigkeit, von Ursache und Wirkung in Frage stellt (nach van Wyck 2005: xvii).

Bewältigungsformen von hochradioaktivem Abfall, die als final zu betrachten wären – die konsequente Abschließung allen radioaktiven Abfalls von der Biosphäre, Recyclingverfahren oder die Transmutation – sind nicht verfügbar. Es gibt zur Zeit weltweit kein Endlager für hochradioaktive Reste⁴, der Anspruch von Recycling ist mit der aufwändigen, wenig zielführenden und mit Proliferationsrisiken verbundenen „Wiederaufarbeitung“ von Brennstäben nicht einzulösen, und Versuche zur Veränderung der Atomstrukturen radioaktiver Stoffe, die ihre Abschließungszeiten bis auf 1000 Jahre verkürzen könnten, sind bislang nicht erfolgreich.⁵ Gleichzeitig ist die Produktion von radioaktiven Abfällen durch Energieerzeugung oder Waffenproduktion nicht eingestellt. Eine „Endlagerung“ wenigstens der mittel- und hochradioaktiven Abfälle scheint derzeit die für definierte Bestände weltweit favorisierte Lösung zu sein. Zahlreiche Staaten arbeiten daran, eine Anlage im Bau auf der Insel Olkiluoto in Finnland ist das derzeit fortgeschrittenste Projekt.⁶

Wo sich bisher die Forschungen zur Endlagerung auf Kommunikationsprozesse konzentriert haben, war vorausgesetzt, dass eine definitive Trennung des radioaktiven Mülls von der Biosphäre herstellbar ist und dass diese Trennung ausschließlich durch unerwünschte menschliche Tätigkeiten gestört werden kann. Leckagen und unkontrollierte Verbreitung waren und sind also nicht das Thema dieser spezialisierten Untersuchungen.⁷ Die Entwürfe für langfristige semiotische Prozesse sind also als Versuche zu verstehen, der vorausgesetzten idealen physischen eine kommunikative Begleitung wenn nicht Kontrolle über die Zukunft der biogefährdenden Stoffe hinzuzufügen. Die Geschichte der Bearbeitung dieses so definierten Problems seit 1984 ist Gegenstand dieses Nachwortes. Zeitlich wie konzeptionell stehen die in dieser Ausgabe der Zeitschrift für Semiotik wieder abgedruckten Texte zwischen den Ergebnissen der *Human Interference Task Force* (HITF), der ersten in den USA institutionalisierten Expert:innengruppe zum Thema, und den Überlegungen einer zweiten und größeren Gruppe, die das US-amerikanische *Department of Energy* (DOE) 1990 initiierte. Anlass für die erneute Suche nach Kommunikationsoptionen war die Konkretisierung der Planungen für das *Waste Isolation Pilot Plant* (WIPP) in Carlsbad, New Mexico. Dieses Endlager dient ausschließlich der Aufnahme militärischen nuklearen Materials und ist das bislang fortgeschrittenste in den USA. Die Anlage ist in Salzstöcke gebaut. Sie wird seit den 1970er Jahren entwickelt, soll bis 2033 befüllt werden, 100 Jahre aktiver Kontrolle unterliegen und mindestens bis zum Jahr 12.033 halten.⁸ Im Auftrag des *Department of Energy* (DOE) installierten die *Sandia National Laboratories* für die Planungen des WIPP zwei Panels mit Expert:innen, die die Themen der HITF weiterbearbeiteten: Das *Futures Panel* sollte in vier Teams Szenarien zum möglichen künftigen Eindringen in die Lager entwickeln, durchdenken und bewerten (Hora u.a. 1991; Benford 1999; Trauth u.a. 1993). Das *Markers Panel* hingegen, das in zwei Teams arbeitete, konzentrierte

sich auf Kommunikationsfragen, und hier vor allem auf die Beschaffenheit der von der DOE verlangten und zu Warnzwecken zu errichtenden Zeichen (Ast u.a. 1992; Baker u.a. 1992; Trauth u.a. 1993).

Eine spätere konzentrierte Anstrengung zur Untersuchung semiotischer Optionen stellte die *RK&M*-Initiative dar, ein Forschungsprogramm der *Nuclear Energy Agency* (NEA) der *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), im März 2010 begründet, das sich der „Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations“ widmen sollte. Es wurde 2019 mit einem Abschlussbericht beendet. Er ist mit dem Anspruch geschrieben, die bisherigen Reflexionen in methodischer Weise aufzunehmen und in einen systematischen Zusammenhang zu stellen, der für eine globale Strategieentwicklung genutzt werden kann. Wieder kommen, neben den schon bekannten, neue Aspekte und Motive auf. Vor allem der langfristigen Sicherung der Vermittlung von Wissen und dazu notwendigen Praktiken des Erinnerns werden nun besondere Aufmerksamkeit gewidmet (NEA 2015, 2019).

Neben diesen drei gut publizierten und umfangreichen Unternehmungen gab es Konferenzen, Wettbewerbe, einzelne Stellungnahmen aus unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen von Ingenieur- bis Religionswissenschaft, wissenschaftliche und journalistische Kommentare und Kritiken sowie künstlerische Entwürfe, die das Thema der Kommunikation über Jahrtausende behandelt haben. Der Diskurs über die Langzeitkommunikation, die die noch nicht gebauten Endlager begleiten soll, ist seit den 1980er Jahren nie mehr erloschen. Immer wieder sind Optionen gesucht worden, nicht nur den Abfall, sondern auch Nachrichten dazu über Jahrtausende weitergeben zu können. Einige dieser Suchbewegungen stellen die folgenden Kapitel über Zeichen, Botschaften, Institutionen und das Erinnern vor. Zuerst aber stellt sich eine ganz grundlegende Frage: Muss es denn überhaupt einen Kommunikationsversuch geben oder ist ein solcher Ansatz möglicherweise gleich verfehlt?

Kommunizieren?

Wenn die Einlagerungsphase in Olkiluoto (Finnland) und Oskarshamn (Schweden) endet, sollen die Granitstollen der 400 bzw. 450 Meter tief gelegenen Tunnelsysteme zugeschüttet und verschlossen werden. Man will die Lager nicht markieren, sondern vergessen.

So fasste in ihrem Bericht über eine Tagung zum Thema die Wiener Zeitschrift *Falter* die Grundidee zusammen (Sturmberger 2017: o.p.).⁹ Und in der Tat, die Überlegung, die Lagerstätten schlicht der Vergessenheit anheim zu geben, ist mehrfach diskutiert und mehrfach verworfen worden. Denn, so beispielhaft eine Argumentation in einem der Berichte aus dem *Futures Panel*: eine unmarkierte Stätte gebe Neugierigen immerhin keinen Anlass zu weiteren Aktivitäten. Sollten aber dennoch Grabungen vorkommen, könn-

ten immer noch, so wird der Gedanke fortgeführt, unterirdisch angebrachte Informationen, die erst nach einigem Mühen auffindbar wären, hochentwickelte spätere Kulturen informieren. Doch „wildcatter“, extrem risikobereite Ölsucher, mit denen 1990 gerechnet wurde, könnten ungewarnt bleiben, eine Gefahrenquelle, die die vier Berichter des *South West Team* nicht ausschließen und deren Möglichkeit sie nicht verantworten wollten (Hora u.a. 1991: D-44; Benford u.a. 1991: 37).¹⁰

Und doch ist das Prinzip der Nicht-Kommunikation heute grundlegend für die Errichtung eines der wenigen fortgeschrittenen Endlager, das auch hochradioaktiven Abfall aufnehmen soll. In Finnland, auf der Insel Olkiluoto, entsteht 420 Meter unter der Erdoberfläche das Lager Onkalo in Granitgestein. Sein Erbauer, das Unternehmen *Posiva Oy* im Auftrag der finnischen Regierung, geht davon aus, dass es über einen Zeitraum von 100 Jahren gefüllt werden wird, um dann vor Ort der Vergessenheit anheim gegeben werden zu können. Markierungen oder gar die Einrichtung umfänglicherer Kommunikationssysteme könnten, so die Überzeugung des Unternehmens und seiner Vertreter:innen, das Interesse an dem Lager überhaupt erst anregen und damit die Wahrscheinlichkeit eines Eindringens in das Lager erhöhen. Die Journalistin Sandra Upson berichtete 2009:

‘We needed a place that was very boring’, explains Johanna Hansen, Posiva’s research and development director. Rather than putting up elaborate signage to communicate with their far-future descendants, Hansen and her colleagues are betting that humanity will simply never want to dig here. They’d scanned the entire country for spots with no valuable metal deposits. They’d sampled groundwater all over Finland in search of the most saline, inhospitable locations. Pristine Olkiluoto passed muster (Upson 2009).

In einem Bericht von 2012 über die Sicherheitsaspekte des Lagers kommt die Möglichkeit menschlichen Eindringens als letzte der zu bedenkenden Gefährdungen vor (Posiva Oy 2012a: 459f.), dargestellt als Szenario, das, selbst wenn es sich ereignet, kaum zu fürchten ist:

Deliberate human intrusion is not considered as a relevant event because it is assumed that, if an intrusion was done deliberately, appropriate measures would be taken to protect people and the environment.

Doch ist auch klar, dass, obwohl keinerlei heute brauchbare Rohstoffe oder Wasservorräte im Gebiet des Lagers zu finden sind, spätere Generationen anderer Ansicht sein könnten: „it cannot be ruled out that future civilisations might undertake some drilling or tunneling for their own purposes which we cannot anticipate“ (Posiva Oy 2012a: 459). In einer zusammenfassenden Analyse im Vorfeld der Baugenehmigung kommt *Posiva Oy* zu dem Schluss, dass das Eindringen in das Lager schlicht „unlikely“ ist (Posiva Oy 2012b: 260), unter anderem die Tiefe des Lagers und der Fels stehen dem entgegen (Posiva Oy 2012b: 223).

1997 hat Martin J. Pasqualetti, einer der Beteiligten am *Futures Panel*, Geograph und Verfechter erneuerbarer Energien, eine der Herausforderungen sinnvoller Kommunikation über Atommüll auf den Punkt gebracht:

The essential challenge is how to effectively alert the prudent without attracting the foolish. The many paths toward a solution tend to merge into two broad avenues. One leads toward a silent landscape, a landscape that suggests no hazard and attracts no special attention, quietly masking all buried waste beneath a patina of calculated innocence. The second leads toward a blatant and permanent landscape, brimming with threat and foreboding that only the senseless could miss. Which route is more likely to achieve our goal? How can we weigh our options? (Pasqualetti 1997: 74).

Pasqualetti erinnert an das lange unentdeckte und dann doch vollständig gefundene Grab des Tut Ench Amun, ein Umstand, der seines Erachtens für die Methode der „stillen Landschaft“ spricht (1997: 85). Allerdings steht das schließliche Auffinden durch archäologische Forschungen, nur wenige Jahrtausende nach der Bestattung, dem Argument durchaus entgegen. Doch die Vorstellung der Abschreckung durch Drohgebärden scheint Pasqualetti als Lösung auch nicht sinnvoll, immerhin könne sie Neugierige anziehen. Eine dritte Option, die er schließlich ausarbeitet und die er eine „landscape of illusion“ nennt, ist die Platzierung von „soft surface markers“, die die Generationen warnen, die noch von der Einlagerung wissen, um dann mit ihnen allmählich zu verschwinden:

The marker, made of a material intended to weather and erode, would disintegrate, leaving no trace. The marker would provide warning over the short term, when memory and curiosity would be naturally high, but would disappear from view after a few decades, as would active public memory of the wastes beneath it (Pasqualetti 1997: 86).

Zusätzlich empfiehlt er unterirdische Markierungen für Fachleute, die mit geologischen Erkundungen Erfahrungen haben, und erkennbar mit menschlicher Intention hergestellte akustische, magnetische und radioaktive Signale auffinden sollten (Pasqualetti 1997: 87f.). Kaum lässt sich die Ambivalenz der kommunikativen Pläne und Ziele besser beschreiben als in dieser Vision einer Landschaft, deren Schönheit oberflächlich, deren andauerndes Gefährdungspotential heimlich und deren Geschichte als glücklich aus der Erinnerung schwindend und also als gänzlich vergänglich begriffen wird. Die Voraussetzung dieser sanften Art des Entgleitens ist allerdings, dass die physischen Barrieren halten.

Die mit Sicherheitsfragen befassten finnischen Stellen haben sich übrigens auch an den erwähnten Untersuchungen der *Nuclear Energy Agency* der OECD zwischen 2010 und 2019 beteiligt. Denn auch die finnische Gesetzgebung verlangt permanente Information, allerdings nur in Form archivalischer Überlieferungen. Doch verlassen sich die Verantwortlichen

zuerst und vor allem auf die physischen Barrieren gegen den strahlenden Müll: „‘The idea is that the facility will be safe forever, even if the memory is lost’, says Kai Hämäläinen from the Finnish nuclear safety authority“ (nach Stothard 2016: o.p.): Verlässlich müssen zuerst die physikalischen Barrieren sein, auch wenn sich niemand mehr erinnert; das klingt pragmatisch. Gegen das Vertrauen in die Vorstellung, dass die Erinnerung erodiert, gibt es allerdings Einwände, die der Wirtschaftsjournalist Michael Stothard 2016 in einem Artikel für die *Financial Times* aufgegriffen hat:

How can you make sure that people will forget the location? How do you guarantee that, generation after generation, knowledge of the site will not remain in the collective memory? Maybe after 1,000 years, people will remember that there is something down there – something not to be disturbed, something dangerous and forbidden, perhaps even valuable?

Und er verweist auf den Film *Into Eternity*, in dem der dänische Dokumentarfilmer Michael Madsen diesen Fragen 2009 nachgegangen ist, unter anderem in Bezug auf das Lager auf Olkiluoto: „‘How do you remember to forget?’ he asked“ (nach Stothard 2016: o.p.).

Diese Frage ist anders gelagert als die nach den Folgen versehentlicher oder absichtlicher Bohrungen bis hinab in Lagerstätten: Es geht darum, ob es den heutigen Konstrukteur:innen von Endlagern für gefährliche Stoffe überhaupt möglich ist, nicht zu kommunizieren, also keine Hinweise zu hinterlassen, keinen Anlass für Neugierde und neue Interpretationen zu schaffen und das tatsächlich spurlose Verschwinden des Abfalls zu organisieren. Selbst wenn das lokale, das staatliche, das internationale und globale, also generell alle Überlieferungsformen und alle Archive umfassende Vergessen gelingen sollte, das auch den Verlust aller bisherigen Kommunikationen darüber implizieren würde, kann jede Spur, die von späteren Menschen vorgefunden wird, ein potentieller Gegenstand der Aufmerksamkeit und von Lektüren sein, ohne dass dieser Prozess mit dem Angebot einer, aus der aktuellen Endlagerherstellung heraus erzeugten, Interpretationsoption verbunden wäre. Und dass die massiven Kupferrohre, die den radioaktiven Müll in Finnland und später wohl auch in Schweden umschließen und jeweils mehrere hundert Meter unter der Erdoberfläche liegen werden, gänzlich ohne Interesse betrachtet werden, sollten sie aus irgendeinem Grunde in ihren, sie ummantelnden, Bentonit-Schichten entdeckt werden, ist wohl unwahrscheinlich.¹¹

Methodenfragen

Es sind diese offenen Fragen und Ambivalenzen, die mehrfach wieder neue Untersuchungen möglicher Kommunikation in Gang gesetzt haben. Die Wahl der methodischen wie die disziplinären Optionen haben sich seit den 1980er Jahren stark verändert. Vor allem haben sie sich erweitert. Sie zei-

gen eine deutliche Tendenz weg von formalisierten Prozessen hin zu hermeneutisch informierten Debatten, von kybernetischen und systemtheoretischen Paradigmen hin zu kulturwissenschaftlicher Kritik, von sozialtechnologischen und naturwissenschaftlichen Ansätzen hin zu gestalterischen und künstlerischen Lösungsvorschlägen. Dabei veränderte sich unter anderem die Reflexion von Raum und Zeit. Die Fragen an Vergangenheit, Gegenwart und mögliche Zukunft in Beziehung auf radioaktiven Müll verschoben sich mit einer wachsenden Aufmerksamkeit für die Geschichtlichkeit aller hier zu bedenkenden Prozesse des Erinnerns und auch des Entwerfens.

Der Planungshorizont über 10.000 Jahre war eine Herausforderung, die von der ersten konzentriert am Thema arbeitenden *Human Interference Task Force* schlicht angenommen wurde: Sie wurde in dem Bewusstsein gegründet, dass es ein definiertes Problem gab und dessen pragmatische Lösung durch die beste Expertise anzustreben sei. Scheitern stand nicht zur Debatte, obwohl sich die Beteiligten durchaus mit Schrecken der Dimensionen der semiotischen wie materiellen Fragestellungen bewusst wurden. Instrumente zur Erfassung künftig wirksamer Kommunikationsmittel kamen unter anderem aus Kybernetik, Informations-, System- und Entscheidungstheorie, und die methodische Berücksichtigung von Redundanz war ein recht früh für den Zweck der Langzeitkommunikation entdecktes Konzept:

Although the use of stochastic (probabilistic) techniques to evaluate system effectiveness may entail a number of difficulties, such techniques would likely present a more comprehensive and realistic analysis of system effectiveness than could be obtained on a strictly deterministic basis. The use of fault and event trees to describe the occurrence of human interference scenarios encountering a highly redundant communication system would show the continued effectiveness of such a system even though some elements may fail (Human Interference Task Force 1984: 19).

Die Frage der Kontrolle künftiger Prozesse wurde schon im ersten Versuch der Beschreibung möglicher Zukunftskommunikationen als kaum lösbar betrachtet. Die letztlich nicht im Endbericht der *Task Force* aufgenommenen Überlegungen zur Sicherung der Lagerstätten durch in der Volkskunde bekannte Ritualformen und quasi-religiöse Institutionen markierten diese offene Flanke aller Vorschläge.¹²

Je genauer die Frage nach der Kommunikation bedacht wurde, umso mehr Elemente und Parameter schienen relevant und umso komplexer ihre potenziellen Verbindungen. Im nächsten umfangreichen Versuch der Problemlösung im Jahr 1990 im Zuge der Planungen für das WIPP kamen neue Arbeitsweisen ins Spiel. Anerkanntermaßen war der Blick in die Zukunft mit signifikanten Unsicherheiten und Ungewissheiten verbunden, doch für die Abschätzung daraus folgender konzeptioneller und Handlungsmöglichkeiten gab es nun Strategien. Eine Anlehnung an die Arbeitsweisen, die im Zweiten Weltkrieg und im Kalten Krieg als *Operations Research* entwickelt worden waren, war bereits in den Untersuchungen der HITF erkennbar.

Waren die ersten Untersuchungen aber noch weitgehend von kybernetischen, systemtheoretischen und semiotischen Überlegungen im Kontext von Anthropologie, Linguistik und Archäologie geprägt, betteten die Forschungen nun diese Überlegungen in größere konzeptionelle Kontexte ein. Neue Disziplinen waren gefragt, darunter Astronomie und Architektur.

Wieder wurden also Expert:innen aus zahlreichen Disziplinen versammelt, die nun größere Gruppe von Wissenschaftler:innen beider Panels dann in Teams unterteilt, die jeweils die Aufgabe bekamen, sich mit Methoden des Eindringens in Lager respektive mit Methoden der Nachrichtenübermittlung zu beschäftigen (Bonano u.a. 1990). Die Entwicklung von Szenarien des Eindringens in ein Endlager war die Aufgabe der insgesamt vier Teams des *Futures Panel*, die anhand ausgewählter Parameter technologische und ökologische Entwicklungen modellierten und adressierten. Als methodisches Werkzeug diente ihnen die „expert-judgement analysis“, mit der mögliche Situationen und Optionen bewertet werden sollten. Die Parameter waren nicht sehr differenziert: Sie bestanden aus Annahmen wie denen, dass die technologischen Möglichkeiten der Nachkommenschaft kleiner, gleich oder größer sein könnten als die heutigen, oder es wurde die Vorstellung verhandelt, dass Veränderungen des lokalen Wasserhaushalts, der 1990 schon gut erkennbare Klimawandel und potenzielle globale Katastrophen Tiefbohrungen der Nachkommenden auslösen könnten. Die Modelle funktionierten wie mehrdimensionale Spielfelder, in denen einzelne Spielfiguren höchst unterschiedlicher Qualität und Potenz antraten, während aber das Spielfeld seine Basis, „das Reale“, in keiner Weise kontrollieren konnte, auch kein überzeugendes Modell der Gesamtsituation anbot – und auch die Regeln des Gesamtspiels sehr unklar waren. Die schließlich entwickelten möglichen Zukunftsszenarien wurden abschließend als mögliche Zukunftsnarrative vorgestellt und verglichen: Den Teammitgliedern kam dann mangels empirischer Optionen die Aufgabe zu, jeweils Einschätzungen von Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Spielstände vorzunehmen und daraus Vorschläge zu entwickeln. Am Ende gab es zwar eine Zusammenfassung der Arbeit der vier Gruppen des *Futures Panel*, doch sollte es weitgehend der Politik aufgegeben sein, daraus Schlüsse zu ziehen, wie im „Executive Summary“ angedeutet wird (Hora u.a. 1991: ES-11).¹³

Das *Markers Panel* arbeitete, aufgeteilt in zwei Teams, teils frei, teils auf dieser Grundlage an Vorschlägen für die Gestaltung der warnenden Hinweise, zuerst für die Oberfläche über dem Lager und das nähere Umfeld, dann aber auch für die weitere Kommunikation außerhalb des Gebietes. Zu den sprach- und kulturhistorischen Fragen, die in den Untersuchungen der 1980er Jahre bereits eine Rolle gespielt hatten, kamen weitere Auseinandersetzungen mit Narrativen und emotionalen Momenten wurde neue Aufmerksamkeit geschenkt. Ergänzt wurden die Szenarien um imaginative und vor allem gestalterische Elemente, die die beiden Teams des *Markers Panel*, teils in Aufnahme von Anregungen aus dem *Futures Panel*, beisteuerten. Unmittelbar sinnliche und mediale Optionen in der Gestaltung

von Markern wurden wichtig, neben schriftlichen und piktoralen Formen erschienen nun auch Materialqualitäten als Träger und Vermittler von Erfahrungen und in den Szenarien wurde der imaginative Raum erweitert, in dem nach potenziellen Lösungen gesucht wurde.

2019, als die *Nuclear Energy Agency* der OECD die bisher umfangreichste Studie zu den Möglichkeiten der Kommunikation mit den nach uns kommenden Generationen veröffentlichte, gab es keine „expert-judgement analysis“ und keine Entwürfe von Zukunfts-Szenarien mehr (NEA 2019), auch wenn der Versuch, mögliche Zukünfte zu imaginieren, nicht aufgegeben wurde. Insbesondere auf einer großen Konferenz zum Thema *Radioactive Waste Management and Constructing Memory for Future Generations* 2014 verführten zwar die Fragestellungen, die relevante Themen für je eine kurzfristige, mittel- und langfristige Zeit der Endlagerung in den Blick nehmen, dazu, konkrete Bilder zu entwickeln. Doch die Möglichkeit einer systematischen Betrachtung von umfassenden Szenarien wurde verworfen und zugunsten von Strategien zur Sicherung des Gedächtnisses und der lebendigen Erinnerung an Endlager für radioaktive Stoffe aufgegeben (NEA 2015). Neue und andere Disziplinen spielten nun eine Rolle, darunter die Industriearchäologie, die Denkmalpflege und das Archivwesen.

Für die Herstellung einer systematischen Strategie aber werden auch 2019 noch nahezu alle Maßnahmen und Verfahren, die in der nun über 40-jährigen Geschichte des Nachdenkens über die kommunikative Begleitung des langfristig strahlenden Mülls ge- und erfunden worden sind, aufgerufen. Dazu gehören auch die alten Überlegungen zu langfristig stabilen Zeichen, auch wenn das Vertrauen in ihre Tauglichkeit noch brüchiger geworden ist, als es ohnehin immer schon war.¹⁴

Zeichen, Zeichenträger

Die Frage, welche Zeichen für eine über 10.000 Jahre geplante Kommunikation geeignet sein könnten, hat sich in den seit vier Jahrzehnten geführten Debatten ebenso gehalten wie die Sorge oder auch Furcht, dass es diese Zeichen nicht gibt und sie auch nicht zu erzeugen sind. Gleich zu Beginn der Diskussionen wurden drei Probleme und damit drei schwierige Aufgaben beschrieben: die Sicherstellung der physischen Zuverlässigkeit von Zeichenträgern, die Erzeugung und Erhaltung einer über 10.000 Jahre verständlichen Botschaft und die Beherrschung der Ambivalenz jeder denkbaren Botschaft angesichts des gefährlichen Mülls. Was werden diejenigen tun, die die Zeichen finden und deuten – und wie lässt sich dieses Deuten und Tun beeinflussen? Die Verantwortung für eventuelle Handlungen und damit für die Steuerung künftigen Tuns zu bedenken, hatte die erste *Task Force*, gestützt auch auf die entsprechende Gesetzgebung und das DOE, gleich ausgeschlossen:

The Department of Energy has taken the position that this generation bears no responsibility if a later generation decides to do something which would affect the repository behavior (e. g. retrieve the waste) if that generation is fully cognizant of the hazards and consequences of that action (Kaplan 1982: 4).

Was die möglichen Empfänger:innen der eventuellen Nachricht mit ihr anfangen, liegt jenseits der Verantwortung, die heute übernommen werden kann. Die heute zu verfertigende Nachricht, ihre materielle wie semantische Übermittlung und ihre Deutbarkeit über die lange Zeit von 10.000 Jahren aber wurden und werden als sehr relevant begriffen.

Die Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit von Zeichenträgern fand sofort große Aufmerksamkeit, denn die Vorstellung, die 10.000 Jahre von heute aus gleich materialiter überbrücken zu müssen, war eine der nicht gleich befragten Grundannahmen der ersten Ideenproduktionen: Sollten die Zeichen früher zerfallen als die radioaktiven Stoffe und die sie sichernden Barrieren, wäre ja, so die zunächst angenommene Ausgangsposition, das Kommunikationsziel schon physisch unerreichbar. Die Überlegungen zur Garantie der Dauerhaftigkeit von Zeichenträgern wiesen bald in zwei Richtungen: Sie führten gelegentlich zum Blick auf Edelmetalle, wie das bei dem Physiker und Science Fiction-Autor Stanislaw Lem in diesem Band der Fall war, weiter führten sie zur Examinierung sehr alter auf die heutige Menschheit gekommener Bestände und ihre archäologischen Untersuchungen. Große Steine, monumentale Ruinen und kleine Tontafeln mit Keilschrift waren schon Anfang der 1980er Jahre in der Diskussion, einige Überlegungen dazu, unter anderem des Anthropologen David Givens, enthält auch dieser Band. Die zweite Richtung schien in den 1980er Jahren noch weitgehend utopisch, und wurde, auch in diesem Band nachzulesen, zuerst von zwei Linguist:innen, Françoise Bastide und Paolo Fabbri, und auch von Stanislaw Lem 1984 in Betracht gezogen: die Übermittlung der Botschaft über gezielte Genveränderungen.

Monumentale Strukturen zuerst: Am Anfang der Überlegungen zur Langzeitkommunikation spielte die Referenz auf vorgeschichtliche monumentale Bauten eine große Rolle: Denn im Fall von Stonehenge beispielsweise erreichen immerhin die ältesten Schichten ein Alter von 10.000 Jahren. Auch in den Planungen für das WIPP überlebte als Voraussetzung der Arbeit in beiden Teams des *Markers Panel* aus den Überlegungen der 1980er Jahre die Überzeugung, dass monumentale Zeichen aus extrem haltbarem Material ein viel versprechender Bestandteil der zu planenden Anlage seien. Der schließlich präferierte und dann 2004 im Hinblick vor allem auf die Organisation der Umsetzung weiterentwickelte Entwurf des Team B (Baker u.a. 1992; Hart u.a. 2004) setzte auf riesige Steine, angeordnet in einem Viereck, das wiederum umschlossen sein sollte von weiteren massiven Steinstrukturen. Die angedachten Dimensionen sind gigantisch, die Oberfläche des gesamten unterirdischen Lagers soll mit 16 „Surface Markers“ markiert werden, ein „Information Center“ wird in ihrer Mitte zu finden sein, weitere 32 massive Strukturen warnen am Rande der Kon-

trollzone, die 16 Quadratmeilen groß sein wird. Vom Zentrum aus, so die Auskunft zur Bemessung ihrer Höhe, sollen die äußeren Monumente sichtbar sein.¹⁵

Wie Team B plante auch Team A mit Stein und lieferte mehrere Entwürfe dazu, die auf Michael Brill, den Architekten im Team, zurückgehen. Riesige Skulpturen, ausgebildet als Dornen in einem Raster oder als ungeordnet und zueinander schräg liegende Platten wurden für zentrale Monumente auf dem Lager vorgeschlagen. Sie sollten als massive Drohgebärden wirken. Als Alternative waren schartige, jeder Symmetrie oder Harmonie ferne und also, zumindest für das Team A und die Auftraggeber der Panels, unangenehm wirkende Blöcke aus schwarzem Basalt angedacht, die in einer ausgedehnten Fläche so dicht stehen sollten, dass dazwischen keine produktiven Tätigkeiten möglich wären. Der Aufheizung der dunklen Steine durch die Sonne käme die Aufgabe zu, für physische Unannehmlichkeit direkt über dem Lager zu sorgen. Und im Zentrum der Struktur sollte eine Leere, ein unheimliches Nichts zu finden sein (Ast u.a. 1992: F-57ff.).¹⁶ Ergänzt wurden die Vorschläge für die Konstruktionen in allen Fällen um die Vorstellung, dass die Monumente von herausragender Sichtbarkeit in der weiten Landschaft um das Lager sein sollten.¹⁷

Beide Teams des *Markers Panel* hatten nicht nur Steinstrukturen in riesigen Ausmaßen vorgesehen, sondern auch Bermen, Erdaufschüttungen, „Menacing Earthworks“, wie Team A sie genannt hat (Ast u.a. 1992: F-58, F-68f.). Sie sollten 33 Fuß hoch und 98 Fuß tief werden, oberirdisch die Fläche des im Untergrund liegenden Lagers umgeben und einen äußeren Umriss von 2363 x 2868 Fuß beschreiben. So ist es zumindest in der Weiterbearbeitung des Entwurfs für das WIPP 2004 nachzulesen (Hart u.a. 2004: 25f.). Ihre Gestalt geht auf „mounds“ zurück, zwischen 1000 bis 3000 Jahre alte Strukturen in Nordamerika, die zwar nicht deutbar sind, aber die Teams als Hinweise auf menschengemachte Strukturen überzeugt haben. Die Bermen sollen, hierin Anregungen aus dem *Futures Panel* aufnehmend, mit Magneten und Radarreflektoren ausgestattet werden, um verschiedene Arten der Entdeckung und Kenntnisnahme zu unterstützen; die Frage, wie diese Strukturen auf Dauer gegen Erosion und Bewuchs geschützt werden sollen, ist 2004 noch nicht beantwortet (Hart u.a. 2004: 28f.).

Immer wieder haben sich Zweifel an der Aussagekraft der alten Monumente geregt, die in den Entwürfen der *Panels* Pate standen. Alan Burdick beispielsweise wies gleich 1992 im populären *Harper's Magazine* darauf hin, dass von den sieben Weltwundern der Antike gerade einmal die Cheops-Pyramide noch heute existiert, erst 4500 Jahre alt ist, damit aber immer noch bedeutend älter als Stonehenge (Burdick 1992: 63). 2020 erschien ein Buch der US-amerikanischen Archäologin Rosemary A. Joyce, die die Geschichte von Stonehenge zu einem der Prüfsteine der Vorschläge der *Panels* machte. Joyce ist von der Historizität ihres Gegenstandes wie der – eigenen und anderer – aktuellen Forschungsbemühungen vollkommen überzeugt. Aus dieser Perspektive räumt sie den physischen Veränderungen im Lauf von Jahrtausenden von, heute als bedeutend angesehenen,

archäologischen Stätten breiten Raum ein – wie auch der Veränderung ihrer Deutungen: Im Fall Stonehenge, wurde der Standort seit etwa 10.000 Jahren von Menschen benutzt; vor etwa 4000 Jahren wurden die großen Steine des Rings aufgerichtet, die ab dem 7. Jahrhundert unserer Zeit so wenig beeindrucken konnten, dass sie für Jahrhunderte keine bis heute überlieferte Rolle spielten. Im 12. Jahrhundert wurde Stonehenge für kurze Zeit nachweislich bewundernd bemerkt und ab dem 17. Jahrhundert unter sentimentalischen Gesichtspunkten mehrfach neu gedeutet, bis der Ort durch die Anerkennung als UNESCO-Weltkulturerbe 1985 neu konstituiert und zum Denkmal gewissermaßen versteinert wurde. In den letzten Jahrzehnten wird durch fortgesetzte archäologische Untersuchung immer deutlicher, dass Stonehenge der über Jahrtausende um- und weitergebaute Teil einer komplexen und weithin vernetzten Struktur ist (Joyce 2020: 20–49). Das Grundvertrauen der Expert:innenrunden in die anhaltende kommunikative Kraft und Konstanz von mächtigen Steinen erklärt Joyce schlicht als auf nicht weiter befragtem *common sense* beruhend.

Ein zweiter Einsatz von Joyce gegen *common-sense*-Vorstellungen betrifft die Überzeugung, dass Granit unverwüstlich sei. Denn die Vorstellung, dass es ausgerechnet die imaginierte Haltbarkeit des Materials gewesen sein muss, die vor Jahrtausenden beeindruckt hat, lädt zu Zweifeln ein. Joyce erwähnt die Fissuren, die das Material charakterisieren und fragiler machen als sein Ruf es besagt. Die Arbeitsgruppe um John Hart, die den *Permanent Markers Implementation Plan* für das WIPP in der bisher letzten Fassung von 2004 vorlegte, hatte bei der Beurteilung der Haltbarkeit von Granit ebenfalls Bedenken (Joyce 2020: 35; Hart u.a. 2004: 18, 21). Joyce argumentiert weiter, dass ohnehin keinesfalls von einer historisch konstanten oder gar einer universellen Deutung von Materialien ausgegangen werden kann und führt die bei den Teams verbreitete Vorstellung von haltbarem Granit auf die Verwendung des im 19. Jahrhundert in den USA leicht verfügbaren Steins für Denkmäler und Grabsteine zurück. Prinzipielle Einwände gegen monumentale Strukturen aller Art stammen von Juhani Vira, 2010 Vice President of Research der *Posiva Oy*, der in einem Interview über potenzielle Marker in Onkalo befragt wurde: Seines Erachtens steigern sie allenfalls die Neugierde und sind überdies langfristig wenig brauchbar: „In any event, any markers left in nature are unlikely to survive the next ice age“ (Posiva Oy 2010). Angesichts der auch nicht in 10.000 Jahren erledigten Strahlungsgefahr ist das wohl ein sinnvoller Beitrag zur Debatte.

Wie das Interesse an monumentalen Strukturen ist auch die genetische Option zur Langzeitkommunikation auf andauerndes und internationales Interesse gestoßen. 2017 berichtete die Wiener Stadtzeitschrift *Falter* über eine Wiener Tagung über die Bemühungen um Langzeitkommunikation angesichts der Planungen für Endlager (Sturmberger 2017). Der Autor überschrieb den Artikel mit „Atomblumen und Strahlenkatzen“ und führte also seine Leserinnen und Leser in die Frage langfristiger Kommunikationen gleich mit Verweis auf den Beitrag von 1984 in der *Zeitschrift für*

Semiotik von Françoise Bastide und Paolo Fabbri ein. Ihr Vorschlag dürfte der meistrezipierte in diesem Heft sein, die Idee einer gezielten Züchtung von „Strahlenkatzen“ war und ist faszinierend. Paolo Fabbri, Professor für Semiotik in Urbino, kommentierte ihn 2016 in einem Interview:

‘We wanted to find a medium that would remain important to humans forever’ (...) ‘Symbols, language, everything will change, but cats have always been important to us. We can make a reasonable guess that they will matter to future humans,’ he says, adding that it was a ‘thought experiment’ and clearly not likely to happen in practice (nach Stothard 2016).

„Forever“ ist allerdings auch in diesem Fall eine kühne Annahme: Die Beziehungen zwischen Menschen und Katzen bewegen sich, wo sie nicht gleichgültig sind, zwischen Vergötterung und Dämonisierung, wie kulturhistorische Forschung zeigt (Wischermann 2007). Die Strahlenkatzen aber sind in der Populärkultur angekommen: Im Internet findet sich unter anderem ein *Raycat-Song* in mehreren Interpretationen; es gibt Kurzfilme, die die Katzen in Aktion zeigen, sie haben eine auf Comictraditionen verweisende Gestalt angenommen und bewähren sich in ihren Auftritten als in jeder Hinsicht strahlende Heldinnen fiktiver Szenarien.¹⁸

Wie bei der Erzeugung von Atommüll geht es auch bei der Option genetischer Veränderung um in ökologische Prozesse eingreifendes, menschliches Handeln mit nicht überschaubaren Konsequenzen. Im Fall von Strahlenkatzen wird diese Option eher spielerisch vorgetragen. Doch das Bild der sich über Jahrtausende fortpflanzenden, als Signale tauglichen strahlenden Katzen liefert auch die Vorstellung einer Zukunft, in der sich zwei menschengemachte Prozesse mit ungekannten Folgen verbinden. Es verweist auch darauf, dass Relationalität, ein Thema, das im aktuellen Diskurs über eine schon längst als Politikum erkannte „Natur“ zentral ist, im Diskurs über Radioaktivität und Endlager weitgehend ignoriert ist. Doch liegen genetische Prozesse zur Übermittlung von Signalen oder auch komplexen Nachrichten gänzlich außerhalb des Denkbaren? Zumindest gehören sie zu den Gegenständen und Themen, denen künstlerische wie wissenschaftliche Forschungen gelten. 2019 blickte den Leserinnen und Lesern vom Titel der 258. Ausgabe der Zeitschrift *Kunstforum* eine vor schwarzem Grund grün leuchtende Katze entgegen, Teil des Bestiariums einer Zeit, in der genetische Transformationen von tierischen Mitwesen zugenommen haben und variabler geworden sind. Zum Zwischenbereich von Kunstnatur und Naturkunst, den die Beiträge im Heft ausloten, gehört auch das ungewöhnliche ferale Wesen vom Titel, Lynn Herschman Leeson's *Glowing Cat*, Teil ihrer Installation mit dem Titel *The Infinity Engine* (2007–2018). Eine Schrift im Bild informiert uns, im Gestus an eine Röntgenbildbeschriftung erinnernd und mit korrektem Verweis auf die wissenschaftliche Forschung, in deren Zusammenhang leuchtende Tiere entstehen: „Cat + Jellyfish Gene Born: 2011. Use: AIDS/HIV-Research“ (Reichle 2018: 86). Das Projekt, in dem auch ein Bild von *Bunny 2000* auftaucht, das von Eduardo Kac im Jahr

2000 präsentierte „durch Gentransfer mit einem biolumineszenten Protein ausgestattete() Kaninchen“ (Reichle 2018: 89), markiert die Durchlässigkeit der Grenzen zwischen Viren, Menschen und Tieren, zwischen Haustieren und Wildtieren.

Neben den spektakulären Strahlenkatzen traten zuerst die Entwürfe gentechnisch veränderter Pflanzen im Kontext der Langzeitkommunikation etwas in den Hintergrund. Doch auch sie finden das Interesse von Kunst wie Wissenschaft. Das Interesse an leuchtenden Pflanzen teilen etwa avancierte Landwirtschaft und Kunst: Auf der Suche nach leuchtenden Pflanzen stößt man beispielsweise auf die Fotografien von Rainer Maria Martysik, der die Fluoreszenzmarkierung von Tabakpflanzen wie auch wissenschaftliche Forschungen zur „Rekombination der DNA eines Glühwürmchens und einer Tabakpflanze“ als Anregungen in seine Arbeit aufgenommen hat (Reichle 2018: 88). Die 1984 in der *Zeitschrift für Semiotik* entworfenen leuchtenden Pflanzen waren allerdings schon etwas kühner gedacht: Der Physiker und Science Fiction-Autor Stanislaw Lem konnte sich, wie in diesem Band nachzulesen, blau leuchtende „Atomblumen“ vorstellen, die dann auch gleich als organisches Trägermaterial für codierte Informationen über die lokalen Lagerstätten radioaktiver Abfallstoffe dienen sollten.

Pflanzen, deren sämtliche oberirdische Teile blau sind, sind unwahrscheinliche Ergebnisse der Evolution, sie müssen durch menschliche Eingriffe, durch technische Prozesse entstanden sein: Darin dürfte die Vorliebe für die Farbe blau auch bei weiteren Entwürfen für neue und auf Radioaktivität reagierende Pflanzen liegen. 2002 hat Ashok Sukumaran für das Gebiet der seit den 1980er Jahren immer wieder verfolgten Endlagerplanungen unter dem Yucca Mountain in Nevada¹⁹, nicht weit vom wohl bekanntesten Atomwaffentestgelände *Ground Zero*, Pflanzungen von genetisch manipulierten und wieder blau leuchtenden Yuccas über in Meilen zu bemesende Teile des Berges vorschlagen: „Nuclear technology is kind of a mutation of the atom – the blue yucca would be a malignant manifestation of that“ zitiert ihn die *Los Angeles Times* (Hart 2003). „Blue Yucca Ridge“ war als Beitrag zur Zukunftskommunikation gedacht, als „living warning sign“ und als „local self-replicating system“, wie Sukumaran, damals noch Student an der UCLA, auf der Webseite seiner „alma mater“ schreibt (Sukumaran, o.J.).²⁰ Er gewann mit diesem Entwurf einen Wettbewerb, den die private und gemeinnützige *Desert Space Foundation* mit dem Ziel ausgeschrieben hatte, ein über 10.000 Jahre lesbares Warnzeichen vor Radioaktivität zu finden.

Blau leuchtende Pflanzen sind auch die wichtigsten Akteure in dem ebenfalls großflächig gedachten künstlerischen Entwurf für die sich über etwa dreißig Quadratkilometer erstreckende Oberfläche des bis 2052 in Bure geplanten französischen Endlagers (Burballa Noria 2017). Für diese Fläche hat Stéfane Perraud 2015 eine „Zone bleue“ entworfen, einen sich über lange Zeiträume verdichtenden blauen Wald mit genetisch modifizierten Bäumen, der die Erinnerung an das Endlager wachhalten soll und das Interesse aller künftigen Generationen daran zu erfahren, wie diese frem-

de und mythentaugliche „Natur“ entstanden ist. Den Zielen wird der Wald allerdings vermutlich nicht ganz gerecht. Aram Kebabdjian, der seit einigen Jahren mit Stéfane Perraud kooperiert, hat 2021 anlässlich einer Ausstellung der „Zone bleue“ und ihrer prospektiven Entwicklung die künftige Geschichte bis zum Jahr 3620 in einem animierten „virtual reality“-Format so weitererzählt: Die Bevölkerung vermutet unter dem Wald eine Krankheiten auslösende unterirdische Sonne, die nun endlich wissenschaftlich erkundet werden soll ... (Kebabdjian und Perraud 2021).²¹

Botschaften, Deutungen

Die Frage nach der Lesbarkeit jeglicher Botschaft stellt sich für genetisch übertragene wie auch für in Stein gemeißelte Signale, Codes, Bilder oder Schriften: Die Entwürfe der monumentalen Strukturen des *Markers Panel* waren, wie die blauen Pflanzen, Versuche, schon über physische Eigenschaften und dadurch ausgelöste körperliche und emotionale (Miss-)Empfindungen ein Zurückschrecken von den Lagerstätten zu provozieren, ein Vorhaben das, folgen wir Aram Kebabdjian, nicht glücken muss. Insofern handeln die Materialwahlen wie die detaillierten Auseinandersetzungen mit Formen oder Farben nicht nur von der Sicherung von Dauerhaftigkeit durch unveränderliche Massivität oder fortgesetzte Reproduktion, sondern ebenso von Botschaften. Sie adressieren unwillkürliche, also nicht bewusst kontrollierbare Empfindungen, und zielen auf unmittelbare Gefühlsreaktionen. Alles, was schon auf dieser Ebene abschrecken kann, kommt der warnenden Kommunikation über 10.000 Jahre entgegen. Schließlich ist radioaktive Strahlung mit keinem menschlichen Sinn unmittelbar aufzuspüren. Sie wird über Messwerte und, dann aber zu spät, über Schäden erkennbar: Die geplante Abschreckung über Missempfindungen ist als Übersetzungsversuch von sinnlich nicht erfassbarer Gefahr in sinnliche Realisierung der Situation zu verstehen.

Insbesondere das Team A des *Markers Panel* setzte ganz bewusst auf die Annahme von archetypischen Empfindungen und damit auf eine als anthropologische Konstante gesetzte Beeindruckbarkeit von Menschen durch heute als bedrohlich begriffene Momente. Das Team suchte gezielt nach Formen, die, so die Annahme, für Menschen immer mit bestimmten Bedeutungen verbunden sein werden, „phenomena, that is, that bypass culture(s), and have enormous endurance“, „archetypal forms-bonded-to-meaning“ (Ast u.a. 1992: F-28). Sie werden, so die Überzeugung des Team A, auf eine in der Evolution der Menschheit als Spezies unveränderbare Art der Umwelterfahrung zurückgeführt. Das wiederum führt zu dem Schluss, dass ganze Umwelten über den Endlagern gestaltet werden müssen, und damit sind weite Räume gemeint, die komplexe Sinneserfahrungen ermöglichen:

If archetypal meanings are to be transmitted, and because these meanings originated during hundreds of thousands of years of our activity in an experientially whole environment, they should be best communicated in and through an experientially whole environment. Thus, our medium of communication is the entire environment experienced near and at the WIPP site (Ast u.a. 1992: F-28).

Die Bedeutungen, um die es hier gehen soll, sind dabei eher zu fühlen als intellektuell oder rational zu verarbeiten:

*Meaning is received by all the senses (including the haptic sense of body structure and postures), by the mind, and is probably more felt than understood. It does not have precise meanings, but rather, flickers of bundles or even a mosaic of meanings. No absolutely direct translation into language is possible, or even appropriate. Places speak in another way (Ast u.a. 1992: F-40).*²²

Mit diesem Vorschlag versuchte das Team A für gleich zwei Nachrichten zu sorgen. Die erste war, dass eventuelle spätere Beobachter:innen Menschengemachtes vor sich hatten: Diese Botschaft wurde schon in den ersten Debatten um Langzeitkommunikation als notwendig, doch nicht als ausreichend betrachtet (Kaplan 1982: 31). Die zweite Botschaft sollte besagen, dass dieses Menschengemachte gefährlich war. Das entsprach den Botschaften der ersten und zweiten Ebene, die der Anthropologe David Givens (1982) unterschieden hatte, der sowohl an der HITF als auch an den späteren Panels beteiligt war. Insgesamt unterschied er vier Ebenen von Botschaften an der Oberfläche eines geplanten Endlagers und schlug ihre Implementierung vor. Ein drittes Level sollte „Basic Information“ vermitteln: „Tells what, why, when, where, who, and how (in terms of information relay, not how the site was constructed)“, ein viertes Level sollte vorgesehen werden für: „Complex Information: Highly detailed, written records, tables, figures, graphs, maps, and diagrams“ (Trauth u.a. 1993: 3-3).

Beide Teams des *Markers Panel* sahen neben massiven Steinen und Erdwällen, neben den über mindestens 100 Jahre kontrollierten und für 10.000 Jahre aus jeder weiteren Nutzung herausgenommenen Landflächen, Piktogramme und weitere bildliche wie schriftliche Nachrichten unterschiedlicher Komplexität vor. Als ikonisch betrachtete Zeichen waren in den Bildgestaltungen bevorzugt, da auch sie als potentiell unmittelbar verständlich galten. Sie sollten ebenso wie die als weniger verlässlich betrachteten Schriftzeichen an verschiedenen Stellen zu finden sein, unter anderem auf den Steinen und in dem von Team B geplanten und in den Gesamtbericht übernommenen Informationskern direkt über dem Lager. Das Vertrauen in die langfristigen Leistungen von Schrift beruhte nicht zuletzt auf der Erfahrung mit dem Rosettastein, der nach 3000 Jahren wieder Hieroglyphen entzifferbar gemacht hatte: Auch ein zeitweises Verschwinden aller Deutbarkeit konnte also in diesem Zeichensystem wieder aufgeholt werden, wenn es nur genügend vergleichbare schriftliche Aufzeichnungen des immer selben Textes gab, die also, so der Schluss, vielfach zu produzieren waren.²³

Schriften und Bilder sollten in konzentrierter Form auch in von Team B als „time capsules“ bezeichneten Objekten zu finden sein.²⁴ Sumerische, in Keilschrift beschriebene und gebrannte Tontäfelchen, ca. 5000 Jahre alt, waren schon früh in den Blick der Forschenden zur Langzeitkommunikation geraten. Aus dieser Beobachtung bezogen Überlegungen zu kleinen und vielfach zu vergrabenden Nachrichten ihre Überzeugungskraft. Glas, Keramik, und, mit einigem Zweifel, auch Kunststoff wurden von Team A als Materialien für diesen Fall diskutiert (Ast u.a. 1992: F-105f.). Metall war ausgeschlossen, da es zu interessant für die eventuelle Wiederverwertung schien. Erwogen wurde auch, Holzstücke, gut geschützt, als Teil einer Zeitkapsel einzupacken, um künftigen Generationen Datierungen über die vielleicht ja auch ihnen bekannte Radiokarbonmethode zu erleichtern. Vielfach wiederholte Warnungen in allen zeitgenössischen Sprachen des UN-Sicherheitsrates wurden vorgesehen und international bekannte oder bekannt zu machende Symbole für Strahlengefahr, verbunden mit als universell betrachteten „horrorfaces“ unter Bezug auf die eben auf Englisch erschienene *Human Ethology* von Eibl-Eibesfeldt vorgeschlagen (Ast u.a. 1992: F-27; Eibl-Eibesfeldt 1989). Zusätzlich sollten eine Weltkarte mit allen Lagerstätten und Diagramme zur Charakterisierung der jeweiligen lokalen Lagerstätte eingebracht werden. Von Team B wurde auch die Referenz auf lokale Darstellungsformen und die Einbeziehung der lokalen Schriftsprache geplant, denn das WIPP befindet sich – wie viele Anlagen der Atomwirtschaft – in einem von Indigenen bewohnten Gebiet.²⁵ Sternkarten wurden erwogen und entworfen, die zur Gewinnung und Langzeitsicherung von zeitlichen und räumlichen Referenzpunkten die Veränderungen des Himmels über die nächsten Jahrtausende reflektieren und anzeigen – eingedenk des Umstandes, dass über die nächsten 10.000 Jahre auch der Himmel, von irdischen Standpunkten aus betrachtet, nicht bleibt, wie er heute ist (Baker u.a. 1992: G-36).

Die vielfältigen Probleme, die das Überbringen der warnenden Botschaft mit sich bringt, sind in späteren Kommentaren aus mehreren Perspektiven für unterschiedliche Botschaften und Medien formuliert worden: „In fact, the fear is growing that there is no foolproof way to speak to the future“, konstatierte 2016 der Journalist Michael Stothard als Ergebnis seiner Recherchen (Stothard 2016). Aus medien- und kulturhistorischer Sicht ist die Kritik ähnlich lapidar:

Die zuständigen Wissenschaftler rekurren auf so illustre Denkfiguren wie Archetypen, Urbilder, verkörperte Mythen oder schlicht ‚kulturfreie Zeichen‘ (Claus Pias), um das von vornherein zum Scheitern verurteilte Projekt imaginär zu retten. Den Schwierigkeiten der Kommunikation steht das Ideal einer Unmittelbarkeit gegenüber, einer medien- und kanallosen, an die *communitas* der Engel gemahnenden Kommunikation (Sprenger 2009: 6).

Das Vorhaben scheitert, so Florian Sprenger, an der prinzipiellen Unmöglichkeit der Kontrolle von Deutungsprozessen und ihren Kontexten über

Jahrtausende. Eine der Bedingungen für ihr Glück wäre nun einmal, Zeichen, Bilder oder Dinge zu finden, die eine überkulturell und überzeitlich immer identische und immer unabweisbar evidente Deutung und am besten auch gleich eine aus heutiger Sicht der Situation angemessene Handlungsfolge sicher erzeugen.²⁶

Team A hat mit der Annahme einer jeglichen Kulturwandel überdauernden menschlichen Physis und Empfindungswelt eine Bedingung formuliert, unter der genau so eine Qualität der Kommunikation auf den zwei ersten definierten Levels denkbar werden sollte: Die zweifelhafte Annahme einer unwandelbaren „Natur des Menschen“, die überzeitlich Begegnungen und Verständigung ermöglicht, ist zwar der wohl einzig vorstellbare Weg, eine basale Botschaft aller Veränderungen und jeden Kontextes enthoben zu denken. Doch diese Vorstellung ist eine phantasmatische Version eines seit Mitte des 20. Jahrhunderts prominenten und in mehreren Varianten verbreiteten Kommunikationsmodells: Ein Sender überbringt einem Empfänger mittels eines gemeinsamen, „natürlichen“ Codes, gestört vielleicht durch ein leises, durch Materialdegeneration verursachtes Rauschen im Kanal, eine Nachricht.²⁷

Übrig bleibt von den Entwürfen der *Panels* die Vorstellung eines riesigen Monuments mit Botschaften auf vier Ebenen auf dem noch zu vollendenden Gelände der WIPP in New Mexico. 2004 ist ein geprüfter und finaler Entwurf für 2033 in Aussicht gestellt worden, denn nach damaliger Planung sollte das Lager dann vollständig gefüllt sein (Hart u.a. 2004: 5).²⁸ Dass aber dieses Monument, das wohl größte je mit Aussicht auf Realisierung erwogene, in seiner Deutung und Lesbarkeit langfristig als Warnung fungieren und damit das gesetzlich anzustrebende Ziel erreichen kann, darf bezweifelt werden. Für Peter van Wyck, der dem Zusammenhang von Atommüll, Ökologie und Signifikation 2005 eine ausführliche Studie gewidmet hat, beginnt der Zweifel an vielen Stellen, unter anderem da, wo es um eine klare An- und Aussprache, um Sinn und Bedeutung der Botschaft und um ihre pragmatischen Ziele geht:

[...] this marker, this gravestone monument must serve both more and less than a commemorative purpose. Indeed this monument must seek to *not* commemorate. For what lies beneath must never be celebrated, yet in some fashion must always be remembered. [...] It cannot be allowed to content itself as a monument to the present; it is not something that we wish to remember, nor is it something, for which 'we' wish to be remembered. It must, and again by decree, convey a very specific message to the future— and the message it must convey is Go Away! (...) And it is an enormous wager that hinges on making the waste safe—through burial— then making it dangerous again—through signification (van Wyck 2005: xvf.).

Schon vor 30 Jahren und auch heute können die Entwürfe für das Monument durchaus verwirren.

Institutionen, Begleitungen

Dass ein großes Monument, Gestaltungen weiter Landschaften, abgesperrte Zonen, international bekannte Symbole, viele kleine Schrifttafeln und abschreckende Bilder zur Warnung nicht reichen, war schon zu Beginn der Überlegungen über mögliche Langzeitkommunikationen klar. Die in dieser Ausgabe der Zeitschrift für Semiotik wieder publizierten Aufsätze unter anderem von Vilmos Voigt, Stanislaw Lem und Thomas Sebeok thematisierten sämtlich Formen der Weitergabe, die nicht (allein) an spezifischen Materialien oder Medien hängen sollten, sondern eine, wie auch immer geringe, doch institutionalisierte Begleitung des Mülls durch die Jahrtausende vorsahen. Die Frage der Tradierung hat zahlreiche Überlegungen zu Institutionen hervorgerufen. Die Vorschläge reichen von der Begründung autoritärer Priesterkasten²⁹ bis zur Etablierung demokratischer Verfahren, von Praktiken des Denkmalschutzes bis hin zur Intervention in Alltagskulturen. Sie zeugen davon, welche Herausforderung radioaktiver Abfall in physischer und sozialer wie in politischer und kultureller Hinsicht darstellt.

Auch in der Suche nach Institutionen richtete sich zuerst der Blick auf Dauerhaftigkeit. Neben der Unheimlichkeit und Größe atomarer Kräfte ist das wohl einer der Gründe, aus dem religiöse Gruppen ins Spiel kamen. Immerhin haben Religionen politische und wirtschaftliche Umbrüche wie soziale und technische Revolutionen überstanden und sind nach Jahrhunderten, manchmal selbst nach Jahrtausenden, verwandelt, immer noch da. Die vielfach zitierte Idee einer Atompriesterschaft zur Verbreitung abergläubischer Furcht auf dem Gelände über dem Endlager, die Thomas Sebeok als Entwurf eines „folkloric relay system“ vorgelegt hatte, war nur einer der ersten Vorschläge in dieser Hinsicht (Sebeok 1982, 1984). Dass nur Institutionen, die über exklusives Wissen verfügen und Geheimbünden oder Logen ähneln, sich erhalten und also in der Lage sind, Botschaften langfristig zu transportieren, war eine Vorstellung, mit der Sebeok Anfang der 1980er Jahre nicht alleine stand. Alvin Weinberg, viele Jahre Leiter des Atomforschungslabors *Oak Ridge*, hatte schon 1972 „a military priesthood which guards against inadvertent use of nuclear weapons“ imaginiert und von dem faustischen Pakt gesprochen, den Nuklearindustrie und Gesellschaft geschlossen hätten: Die damals noch als billig und unerschöpflich angesehene Energiequelle verlange Wachsamkeit und „a longevity of our social institutions that we are quite unaccustomed to“ (Weinberg 1972: 33f.). Das war eine Formulierung der Folgen, die auch vor fünfzig Jahren schon als Untertreibung erkennbar war.³⁰

Auch die ersten Überlegungen zu einem „Hüten“ von Atommüll knüpften noch an religiöse Institutionen an: In den USA haben sich in den 1980er und frühen 90er Jahren Wissenschaftler:innen und Aktivist:innen darum bemüht, eine „nuclear guardianship“ zu entwickeln: Diese Haltung war dadurch motiviert, dass die Endlagerung keine Fortschritte machte und die langfristige überwachte Lagerung an der Erdoberfläche als wesentlich risikoreicher betrachtet wurde. Ordensähnliche Gemeinschaften schienen als

Hüter geeignet (Macy und Atkisson 1991). In der Schweiz haben einige Aktivist:innen lange Jahre versucht, die Atombehörden davon zu überzeugen, ein Projekt, das das durchaus religiös interpretierte „Hüten“ in den Mittelpunkt stellte, in die Tat umzusetzen. Der wohl bekannteste Verfechter des Ansatzes war Konradin Kreuzer (Kreuzer 1993). Der aktuelle Stand der Diskussionen in der Schweiz trägt kaum noch Spuren von dieser Auseinandersetzung, vielmehr geht es um die Entwicklung einer „dualen Strategie“, die etwa die Schweizer Energiestiftung vertritt. Die Strategie besteht darin, stark gesicherte Tiefenlager in Granit zu bauen und sie dann mit ausreichend Mitteln und Rechten zum Schutz der Lager in die Obhut der örtlichen Gemeinden zu geben: Diese werden als die „direkt betroffenen Lebensgemeinschaften“ begriffen und in dieser Eigenschaft in Anspruch genommen. Sie werden als die sozialen Institutionen mit dem größten langfristigen Eigeninteresse an einer über Generationen weitergegebenen „Kultur der Erinnerung“ zur Sicherung der Lager betrachtet: Zu „hüten“ sind Interesse und Erinnerung an das strahlende Erbe (Buser 2017).³¹ Säkular waren auch die Intentionen von Vilmos Voigt, ungarischer Ethnologe und Semiotiker. Er hatte 1984 in der Zeitschrift für Semiotik mit den „Nachrichtenhütern“ einen wenig autoritären, wenig ritualisierten und damit anderen Weg der Tradierung vorgeschlagen als es eventuelle Priesterschaften oder Orden wären. Eine Institution sollte im Sinne einer pragmatisch handelnden Gilde die permanente Erneuerung von sprachlich übermittelten Warnungen, ihre Übersetzung in die immer neuen und immer sich entwickelnden Sprachen leisten und auch eventuelle Schreibflächen bei Bedarf erneuern: Diese vorgeschlagene Praxis ist eher die von Kaufleuten oder Handwerkern, die korporativ verfasst sind und sich vor allem durch ihre Aufgaben definieren.

Roland Posner, Herausgeber der hier wieder vorgestellten Texte, wollte ebenso wenig die Vision eines autoritären und auf die Kräfte der religiös verbrämten Irrationalität setzenden Regimes als Option im Umgang mit strahlendem Abfall hinnehmen, noch eine Gilde einsetzen. Als er für eine Buchpublikation der hier veröffentlichten Texte ein Nachwort schrieb (Posner 1990b), formulierte er einen Vorschlag, der heute erstaunlich aktuell wirkt. Er wollte die erforderte Langfristigkeit im Umgang mit radioaktiven Reststoffen mit den damals aktuell existierenden demokratischen und rechtsstaatlichen Institutionen Deutschlands kompatibel machen und dafür eine neue Struktur innerhalb der bestehenden Strukturen schaffen (Posner 1990a). Er wählte dazu den zeitgenössisch existierenden Staat als Bezugsgröße und schlug für Deutschland einen „Zukunftsrat“ vor, der neben Bundesrat und Bundestag als dritte Kammer die langfristige Zukunftsplanung und damit auch die Verantwortung für langfristige Aufgaben übernehmen sollte. Für diesen Zukunftsrat sprach, so Posner, der Umstand, dass langlebiger Müll langfristige Planungen und ihre permanente Anpassung verlange, was den Schluss nahelegte, dass dafür eine eigene, und zwar demokratisch legitimierte, anpassungsfähige Institution vonnöten sei. Der Entwurf ging, und das macht ihn heute noch zu einem ernsthaften Beitrag zur politischen Debatte, über den Anlass weit hinaus: Der Zukunftsrat sollte

sich als starke Institution mit allen über Generationen zu bedenkenden Aufgaben befassen.

In dem Moment, als die Frage nach dem allgemeinen wie wissenschaftlichen Wissen und seiner Geschichtlichkeit mit Fragen der Kommunikation über 10.000 Jahre verbunden wurde, geriet eine weitere Schwierigkeit der Langzeitkommunikation deutlicher in den Blick: Dass auf dem Gelände eventueller Endlager Informationen vorhanden sein werden, war immer wieder bedacht worden – doch welche Informationen würden gebraucht?

Die Wissenschaftsphilosophen Klaus Kornwachs und Stefan Berndes beantworteten Ende der 1990er Jahre diese Frage mit der Überzeugung, dass mindestens das jetzt aktuelle konkrete physikalische Wissen über Jahrtausende transportiert werden müsste, um tatsächlich Handlungsoptionen für die Erben des Mülls zu eröffnen (Kornwachs und Berndes 1999; Berndes 2001). Dieses Wissen aber ließ sich nicht in Stein meißeln, sondern lag auf empfindlichen Medien vor. Die Möglichkeit einer sicheren Übermittlung allein über diese schien nicht ausreichend:

Wir müssen, um Wissen vor dem Vergessen und Verlust zu bewahren, wegen der endlichen Lebensdauer der Trägerprozesse und wegen der endlichen Lebensdauer der sich ständig verändernden Lese- und Schreibetechnologien (was kommt nach dem PC?) zu intelligenten Archivier-, Kopier- und Restaurierungsprozessen kommen (Kornwachs 1999: 59).

Doch auch Prozesse der automatischen Erneuerung von Daten werden, so Kornwachs, immer unzureichend sein. Diese Überlegung wiederum führte zu dem Schluss, dass Institutionen notwendig sind, die „nicht nur Information übertragen, sondern Wissen vermitteln können“ (Kornwachs 1999: 59). Es ist eine Institution erforderlich, die „weiß“, was die eventuell automatisch erneuerten Informationen bedeuten. Gerade die Ende der 1990er Jahre avanciertesten Aufschreibssysteme schienen anfällig, und eine automatisierte Erneuerung der von ihnen gespeicherten Daten ohne Wissen, Verständnis und Reflexion wurde als sinnlos erkannt.³²

In den 2000er Jahren verliert unter anderem an diesem Befund die in den 1980er Jahren optimistisch vorgetragene Idee an Überzeugungskraft, man könne den Müll, physisch gut gesichert und mit hinreichender Information versehen, letztlich doch in öffentlich wenig beachteten Weltgegenden beiseitelegen. Die Vorstellung, er ließe sich irgendwo am Rande der publizistisch wahrgenommenen Welt begraben und so aus dem alltäglichen Leben fast der gesamten Menschheit herausbringen, erodiert im Grunde schon in und mit den absurd wirkenden und doch so sorgfältigen Erwägungen der HITF und der *Panels*, deren Mitglieder oft genug über die Unzulänglichkeit der eigenen Ergebnisse erschrecken. Die Vorstellung, dass radioaktive Stoffe so lange wie nur irgend möglich von kenntnisreichen Menschen oder wenigstens von Menschen, die wissen, wo und wie diese Kenntnisse zu gewinnen sind, begleitet werden müssen, erfährt daher immer mehr Beachtung.

Die Diskussion um langfristige Kommunikation verändert sich in den folgenden Jahren und wird vor allem vielfältiger. Als die *Nuclear Energy Agency* sich ab 2012 dem Thema mit einem eigenen, die bisherigen Diskussionen versammelnden, Projekt nähert, haben sich die Schwerpunkte der Debatte schon verschoben: Das Thema Endlagerung von radioaktiven Stoffen ist zu dem Zeitpunkt mit neuen Praktiken der langfristigen kommunikativen Sicherung und mit Impulsen zur Förderung der öffentlichen Präsenz des Themas verbunden. Nicht mehr werden einzelne Gruppen als institutionalisierte Träger der Erinnerung und des Wissens um die nuklearen Überreste ausgezeichnet, vielmehr hat an vielen Stellen eine breite kulturelle und ästhetische Befassung mit ihnen begonnen. Ein wichtiges Element der neuen Zugänge ist die Etablierung der Sicht auf Atommüll als kulturelles Erbe der Zukunft. Die Archäologen Cornelius Holtorf und Anders Högberg beispielsweise, die mit Geldern der in Schweden für radioaktiven Abfall zuständigen *Svensk Kärnbränslehantering AB* (SKB) zum Thema forschten, zitierten überzeugt David Lowenthal: „nothing is less likely than a plausible future“ (Holtorf und Högberg 2014: 5) und meinten damit, dass heutiger Müll künftig reich an Optionen sein könnte. Die aktuelle Verantwortung für die strahlenden Reste kann aus dieser Sicht vor allem als Überlieferungsproblem betrachtet werden. Diese Haltung negiert nicht die Gefahr, die von hochradioaktivem Material ausgeht, öffnet aber neue Perspektiven insofern, als mit diesem Blickwechsel die Institutionen, Apparate und Diskurse des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege als mögliche Spieler in das Feld der Debatte einbezogen werden.

Als Mittel der Tradierung wird nun auch die Schaffung von lebendigen Kulturen entdeckt, die einen räumlichen Ausdruck finden sollen. Landschaftsgestaltung und Kunst kommen auf neue Weise ins Spiel. Sie sind, wo Technologie und Ökonomie in der Bewältigung von ökologischen Problemen wie Altlasten oder ruinösen Ausgangslagen versagen, schon öfter zu Rate gezogen worden.³³ In Bezug auf radioaktive Abfallstoffe werden sie nun vielfach für öffentlichkeitswirksame Aktivitäten eingeladen. Die grundsätzliche Haltung ist nicht neu: Percy H. Tannenbaum, Psychologe mit dem Forschungsschwerpunkt Massenkommunikation und an einem der *Panel* beteiligt, plädierte schon 1984 in der Zeitschrift für Semiotik dafür, künftige Endlager nicht zu verstecken, sie nicht vor allem mit unheimlichen Prozessen zu assoziieren, sondern sie in die allgemeine Sichtbarkeit zu bringen, um sie nicht vergessen zu machen. Er schloss die Möglichkeit nicht aus, dass auf einem Endlager ein Campingplatz, ein Park oder ein Museum für Kernenergie entstehen könnte – und bei der Dosierung der Information und ihrer konnotativen Aspekte riet er, ein gewisses Maß zu wahren, das weder Panik noch allzu große Ruhe auslösen sollte.

Dass das nicht leicht fiel angesichts des Wissens über strahlenden Müll, war und ist offensichtlich. Zu bedenken ist schließlich, dass, je nach Generation, Sprache und Genreinteressen, viele Werke der Fiktion, die sich mit nuklearer Sprengkraft oder Strahlung befassen, ihre emotionalen Spuren hinterlassen haben. Selten erzählen sie utopische, oft aber dystopische

Geschichten: Sci-Fi Romane wie Arno Schmidts *Die Gelehrtenrepublik* (1957), der nach einem Dritten Weltkrieg spielt und unter anderem Mutanten und Menschenexperimente behandelt, *A Canticle for Leibowitz* von Walter M. Miller Jr. (1959), der das fatale Missglücken von Langzeitkommunikation über radioaktive Stoffe erzählt, Katsuhiro Otomos Cyberpunk-Comicserie *AKIRA*, die in einem verstrahlten Neo-Tokio spielt (1982–1990), Gudrun Pausewangs *Die Wolke* (1987), das zur Nach-Tschernobyl-Schullektüre avancierte, Andrej Tarkowskis Film *Stalker* (1990), der „die Zone“ in schwer zu vergessende Bilder umsetzte, die Computer-Rollenspiel-Serie *Fallout* (Black Isles Studio 1997–2018), deren Geschichte 2077 nach einem desaströsen Atomkrieg einsetzt, oder kürzlich Thomas Erles im verstrahlten Schwarzwald spielende Fantasy-Serie *Das Lied der Wächter* (2018–2019ff.).

Seit 1994 arbeitet beispielsweise Cécile Massart, gelegentlich beauftragt von der französischen ANDRA (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*), in eine künstlerisch ergiebige Richtung: Durch ihre Kunst will sie ein Gedächtnis für die Endlager schaffen. „The work of Cécile Massart is focussed on researching new means of conveying the memory of radioactive waste sites in the landscape“ (Massart o.J.). Sie entwirft *Sarcophagi*, die in der Landschaft als Marker fungieren sollen und die tödliche Vitalität radioaktiver Strahlung reflektieren. 2014 hat sie Labore auf Endlagern entworfen, die als „markers and living research platforms at the same time“ fungieren können (NEA 2015: 16): Generation auf Generation sollen die Labore als Orte der Begegnung und Kreativität erleben, als Orte, an denen sich sämtliche Kapazitäten bündeln, um aus heterogenen Perspektiven Bewältigungsstrategien des radioaktiven Mülls zu versammeln.

Doch energische Versuche zur Erzeugung angenehmer symbolischer Oberflächen über radioaktivem Müll scheinen auch Erfolg zu haben. Anfang der 2000er Jahre setzte William Verstraeten hier neue Maßstäbe für ein aus Sicherheitserwägungen umstrittenes Projekt der Zwischenlagerung. 2001 entwarf er für die niederländische Gesellschaft für die Entsorgung von radioaktivem Abfall (COVRA) ein auf 100 Jahre angelegtes oberirdisches Zwischenlager in Vlissingen (HABOG). Hier kühlen wiederaufgearbeitete Brennstäbe, hochradioaktive Abfälle also, über 100 Jahre ab, um möglicherweise in ein dann eventuell zur Verfügung stehendes Endlager überführt zu werden. Das Gebäude wurde leuchtend orange gestrichen und trägt die Formel $E=mc^2$ in riesigen Lettern. Die Farbe wird alle 20 Jahre in immer blässeren und also der Abkühlung der innen gelagerten Stoffe entsprechenden Tönen nachgestrichen werden, bis sie in nun 80 Jahren in weiß übergegangen sein wird. Nobilitiert wurde das Projekt dadurch, dass die damalige Königin der Niederlande es – allerdings begleitet von Protesten – 2003 eröffnete (Greenpeace 2003). Das Gebäude ist eine Attraktion geworden, wie Verstraeten 2016 in einem Interview berichtete:

The Americans are wrong. [The site] can be a place of honour. Nuclear waste is dangerous, yes, but is also a monument to what we have been able to achieve (nach Stothard 2016).

2017 hat Verstraeten ein weiteres, diesmal vorwiegend blaues, oberirdisches Zwischenlager für die COVRA gestaltet, dessen Abluftrohre als Sonnenuhr funktionieren: „This too is a reference to the time factor, which ultimately renders radioactive waste harmless“, wie die Auftraggeberin auf ihrer Webseite, ganz ohne Referenz auf die nach Hunderttausenden von Jahren zählende Dauer des „Zeitfaktors“, schreibt (COVRA o.J.). Das Thema Lagerung ist für die COVRA auf jeden Fall zentral und betrifft noch einen weiteren Gegenstand: Beide Zwischenlager lagern auch Kunst, sie fungieren als Depots für die Museen Zeelands. Daraus haben sich auch Ausstellungen entwickelt. Die Öffentlichkeit ist eingeladen, die Lager über und neben dem Zwischenlager zu besuchen.

Gedächtnis und Erinnerung

Die Ambivalenzen, die sich in den Arbeiten Cécile Massarts zeigen, weichen nie, wo von Endlagerung die Rede ist. Mit der Atomwaffen- und der nuklearen Energieproduktion ist eine Bedingung für jede jetzt absehbare Zukunft geschaffen worden. Dieser Bedingung entkommen auch Gegner:innen der Atomkraftnutzung nicht. Die radioaktiven Reststoffe sind schlicht da. Selbst wo der Vermehrungsprozess nicht gestoppt ist, wird es in einigen Staaten nicht nur als staatliche und staatlich regulierte privatwirtschaftliche Aufgabe, sondern als in genereller gesellschaftlicher Verantwortung liegend begriffen, mit diesen Stoffen so umzugehen, dass kein oder nur ein möglichst geringer aktueller und künftiger Schaden entsteht. Es spielt bei dieser grundlegenden Überlegung keine Rolle, dass viele Staaten, Kulturen und Gesellschaften nie Atomkraft eingesetzt haben oder nie über Nuklearwaffen verfügt haben: Das Problem wird als universelles behandelt, das die Menschheit als Ganze betrifft.

Auf dem so gestalteten *common ground* haben sich im letzten Jahrzehnt Vertreter:innen der der International Atomic Energy Agency (IAEA) sowie von privaten und öffentlichen Unternehmen und Institutionen getroffen, die in Mitgliedsländern der OECD für die Lagerung von Atom Müll zuständig und/oder verantwortlich sind, um erneut über die Kommunikation über Jahrtausende nachzudenken. Im März 2011 wurde die internationale RK&M-Initiative gegründet, die sich der „Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) across Generations“ widmete. Gründerin war das *Radioactive Waste Management Committee* (RWMC), Teil der *Nuclear Energy Agency* (NEA) der *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD). Ziel der Initiative war das bekannte und im ersten US-amerikanischen Gesetz zur Endlagerung definierte Vorhaben, ein zufälliges Eindringen in Endlager zu verhindern, ergänzt nun aber um den Anspruch, Grundlagen für eine informierte Entscheidung über die vergrabenen Materialien zu vermitteln:

to reduce the likelihood of inadvertent human intrusion and to support the capacities of future members of society to make their own informed decisions regarding radioactive waste repositories after closure (NEA o.J.),

wie auf der homepage der Initiative zu lesen ist (<https://www.oecd-nea.org/rwm/rkm>). Obwohl es zunächst darauf ankomme, dass geologische Endlager unabhängig von menschlicher Anwesenheit und Intervention sicher und endgültig sind, ist es die erklärte Absicht, „not to renounce at any time the obligation of maintaining records, knowledge and memory (RK&M) of the repository and the waste it contains“ (NEA 2015: 3).³⁴ Ein „systemic approach“ ist das Ziel: Dieser impliziert neben den schon länger verhandelten Mitteln, von ausgesuchten Medien, Inhalten, Vermittlungsformen, Akteuren – Risiko-Analysen, rechtliche Regeln für die Landnutzung in der Umgebung von Endlagern, die Etablierung eines Wissensmanagements, die Gestaltung internationaler Kooperations- und Kontrollmechanismen, weltweite Informations- und Erziehungsanstrengungen, die tief in die nationalen, vor allem aber die je lokalen Traditionen an Endlagerstandorten eingreifen sollen – und: den guten Willen aller, die Kenntnis von den Endlagern erhalten, zu ihrem Schutz und dem der Umgebung zu handeln.

2019 legte die Organisation nach der Durchsicht vieler der verfügbaren Ideen zur Kommunikation über Jahrtausende einen Abschlussbericht vor (NEA 2019). Dieser Bericht ist der sehr ernsthafte Versuch, Verfahren zu definieren, die als „preservation mechanisms“ dienen können. Die Arbeit der in den einzelnen Staaten für die Handhabung des Atommülls verantwortlichen Institutionen aus Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Kanada, aus Russland, Schweden, der Schweiz, aus Spanien, Tschechien, Ungarn, den USA und Japan, im Verein mit der NEA und der IAEA ist ein, in seinem so ernsten Bemühen um vernünftige Lösungen, überwältigend ambivalenter Versuch, eine pragmatische und rationale Vorgehensweise zu entwerfen und ihr die beruhigende Form einer technischen Anleitung zu geben.

Einige Grundannahmen der *RK&M*-Initiative, die der Endbericht bestätigt, sind deshalb erwähnenswert, weil sie manche unlösbaren Probleme älterer Überlegungen identifizieren und hinter sich lassen (NEA 2019: 47ff.). Die wohl wichtigste dieser Annahmen ist, dass die Hoffnung auf eine wie auch immer geartete informierte Fernsicht auf die Kommunikation in 10.000 Jahren illusorisch ist: Hier aber wird diese Einsicht zur zentralen Voraussetzung der Untersuchung und nicht zur resignierten Schlussfolgerung. Das hat eine Konsequenz, die sich etwa schon in dem Beitrag von Roland Posner zur Institutionalisierung eines „Zukunftsrates“, einer Dritten Kammer, angekündigt hatte: Mit der Vermittlung des Wissens zur Behandlung und Kontrolle von radioaktiven Abfallstoffen ist genau jetzt anzufangen. Daher sind zunächst einmal die Bedingungen des Vergessens zu erforschen, um ihnen entgegentreten zu können (NEA 2019: 35ff.). Eine damit verbundene und konzeptionell sehr wirksame Entscheidung, übrigens schon in den Anfängen der Untersuchungen und Kompilierungen der *RK&M*-Ini-

tiative, war das Wissen um die Existenz der Lager und um das darin Gelagerte so lange wie möglich an so vielen Stellen wie möglich zu sichern und abreißende Überlieferungsketten zu verhindern: „keeping memory alive is key“ (NEA 2015: 30), heißt es in dem schon zitierten Kongressbericht. Orientierend für die Konzeptentwicklung war außerdem, die Zeiten zu redefinieren, für die in Hoffnung auf Kommunikation mit Künftigen jetzt agiert werden soll. Drei Phasen werden unterschieden: Die erste ist diejenige, an die sich Kommunikation unmittelbar in der Hoffnung auf Verstehen richten kann (etwa 100 Jahre), dann wird eine Zwischenzeit angenommen, die möglicherweise im Sinne einer „indirect oversight“ noch überbrückbar scheint (1000 Jahre). Alles, was danach kommt, wird als heute nicht zu beeinflussender Zeitraum schlicht späteren menschlichen Gesellschaften überlassen („long term“, „no oversight“) (NEA 2015: 9; NEA 2019: 48). Damit ist eine Struktur gegeben, die das Abgleiten der Überlegungen ins gänzlich Unbegreifliche und Unvorstellbare thematisiert, markiert, akzeptiert und das Thema als eventuell zu lösendes Problem verabschiedet – auch wenn das keine Beruhigung für die Leser:innen des Berichts bedeuten muss.

Eine weitere grundlegende Entscheidung betraf die Identifizierung derjenigen, die die Verantwortung für die Weitergabe der Kommunikationen übernehmen und das Gedächtnis der Lager pflegen sollen: Es sind die heutigen Staaten und als ausführende Institutionen keine neuen Einrichtungen, sondern die in ihnen schon arbeitenden Museen, Bibliotheken und Archive, das heißt, bereits professionell arbeitende Erinnerungsagenturen, ergänzt durch lokale Geschichtsgruppen – nicht, dass diese Institutionen eine große Rolle in der Bearbeitung der Vorschläge gespielt hätten. Konzeptionell aber leuchtet die Wahl sofort ein, steht man auf dem Standpunkt, dass mit dem Aufbau von Strukturen für den Erhalt des Wissens über die noch nicht existenten Lager genau jetzt anzufangen ist: Denn diese Institutionen sind vorhanden. Und ohnehin sind es staatliche Organisationen, die die Verantwortung für Atommüll, mindestens aber für die mit ihm verbundenen Regulierungen übernehmen. Vorgesehen wird außerdem eine weltweite Speicherung der Informationen an verschiedenen Orten, um ein Vergessen möglichst unwahrscheinlich zu machen. Doch, so ein weiteres Thema der Überlegungen, lassen sich nicht alle Unterlagen, die zu den projektierten Lagern existieren, sinnvoll überall versammeln, schon aus Gründen der Fülle. Eine wichtige Leitidee ist daher die der „Key Information Files“ (KIF), die nicht mehr als 40 Seiten umfassen sollen, in denen die entscheidenden Informationen, darunter solche zur Auffindung weiterer, spezifischer und lokal relevanter Informationen, zusammengefasst erscheinen. Diese KIFs sollen für Laien lesbar und weltweit an vielen Orten verfügbar sein.³⁵

Im 2019 erschienen Abschlussbericht des Forschungsprojektes, der die Aktivitäten der *RK&M*-Initiative von 2011 bis 2018 zusammenfasst, zeigt sich also insgesamt eine erhebliche Verschiebung der Themen gegenüber früheren Großunternehmungen zur Erforschung langfristiger Kommunikationen. Nach wie vor spielen die Berichte aus den *Panels* von 1990, die

Auseinandersetzung mit Monumenten, Zeitkapseln und weiteren Aspekten bisheriger Suche eine bedeutende Rolle in der Orientierung der *RK&M*-Initiative (NEA 2019: 68ff.) und selbst die Strahlenkatze hat einen prominenten Auftritt im Abschlussbericht (NEA 2019: 24). Doch im Zentrum steht die mit pragmatischem Ehrgeiz verbundene Frage nach der Etablierung von Praktiken, die das Erinnern genau jetzt in Gang setzen und dann perpetuieren können. Ergänzt werden daher bisherige Überlegungen, etwa zu Markern, um Auseinandersetzungen mit industriellem Erbe und seiner Behandlung, unter Verweis auf die theoretischen Fundamente des UNESCO-Weltkulturerbes. Erziehung, und das, was sie für die Pflege eines auch „immateriellen Kulturerbes“ im Sinne der UNESCO tun kann, wird als sehr bedeutend eingeschätzt. Gezielt wird die Arbeit am Erinnern von radioaktivem Müll unter Bezug auf Institutionen wie Archive, Bibliotheken und andere bereits etablierte Agenturen der Bewahrung von Medien und Wissen angesprochen (NEA 2019: 66ff., 131ff.). Auch Rituale sind erwünscht, werden allerdings nicht mit der Aggression einer Atompriesterkaste verbunden, sondern eher mit den regelmäßigen vergnüglichen Treffen, die sich um das COVRA-Gelände und das von William Verstraeten gestaltete Zwischenlager etabliert haben (NEA 2019). Wissensmanagement, internationale Regulierungen und Aktivitäten sowie das Monitoring des gesamten Prozesses werden als eigene und wichtige Themen betont.

Die Zusammenfassung der Forschungen im Abschlussbericht der *RK&M*-Initiative beschreibt die Ergebnisse in „9 approaches, comprised of a set of 35 mechanisms“ (NEA 2019: 105). Beschrieben sind sie jeweils in einem „Mechanism Description Sheet“ (NEA 2019: 108–175). Die Blätter sehen aus wie Formulare, sind also im immer selben Schema gestaltet, und erinnern in ihrem Aufbau wie in ihrem Duktus an technische Anleitungen, was sie thematisch manchmal, doch selten in der Beschreibung des jeweiligen Gegenstandes einlösen. Sie geben zuerst Auskunft über den Namen und die Definition des jeweiligen „Mechanism“, den Effekt und die Art der Implementierung, über räumliche, zeitliche und institutionelle Reichweiten des gerade behandelten Beitrags zur Lösung, den optimalen Zeitpunkt der Implementierung und die Dauer der erwarteten Wirksamkeit, über die Kontroll- und Interventionsmöglichkeiten wie auch über die Interventionsnotwendigkeiten im Laufe der Zeit; sie beschreiben die handelnden Institutionen und „stakeholder“, nennen Stärken und Schwächen, enthalten eine sehr variable gefüllte Zeile zu „specific issues/challenges“, benennen die internationale Dimension, die Verbindung mit anderen „Mechanisms“, ergänzt um Verweise auf Forschungen der NEA sowie weitere Informationsquellen dazu, und schließen mit der Angabe von Beispielen.

Liest man beispielsweise das „Mechanism Description Sheet“ zu „Art“, also zur „Kunst“, zeigen sich die Herausforderungen oder aber auch die Dilemmata des Großunternehmens zur Kommunikation. Um die Erinnerung an den strahlenden Müll, die Lager und das Wissen darüber zu verankern, ist nahezu jede Form der Kreativität verlangt, jede Art der Herstellung von Aufmerksamkeit, der Befestigung von Vorstellungen im Alltag.

„Kunst“ wird daher hier ausschließlich betrachtet als nützlicher „Mechanismus“ und erscheint insofern als ein geeignetes Mittel, das – zwar unspezifisch aber wirkungsvoll – das zu Erinnernde im Gespräch der Öffentlichkeit und damit in der gesellschaftlichen Verständigung halten kann (NEA 2019: 144–146). Doch taugt „Kunst“ in dieser Weise? Und wie verbindet sie sich mit den übrigen 34 Mechanismen, mit dem „Archive“, mit „Education“, die zusammen mit „Research“ und „Training“ einen Mechanismus bilden sollen, mit der Landnutzungskontrolle, den „Knowledge Retention Tools“, der „Knowledge Sharing Philosophy“ und der „International Cooperation“?

Gestus und Terminologie zeigen deutlich den Willen zur Gestaltung eines wirkungsvollen und beherrschbaren Werkzeugs an. Die Lektüre aber zeigt, dass der sozialtechnisch angelegte, zumindest rhetorisch so präsentierte Zugriff den Eigensinn der heterogenen Inhalte der „Mechanisms“ gnadenlos ignoriert. Historisch und hermeneutisch zu bearbeitende Gegenstände mit langen Diskursgeschichten wie „die Kunst“, „das Archiv“, oder auch politisch, ökonomisch und gesellschaftlich zu verhandelnde Konzepte wie „Safeguards“ oder „International Regulations and Agreements“ finden sich in Formularen kurz und entschieden erklärt und in Kästchen mit ordentlicher Beschriftung gesperrt. Praktiken von hoher Relevanz und kulturell stark variierender Ausprägung wie etwa „Erziehung“ ergeht es genauso. Und so steht am Ende der Untersuchungen weniger ein unmittelbar verwendbares System von „9 approaches, comprised of a set of 35 mechanisms“ (NEA 2019: 105) als vielmehr eine Einsicht: Dass die an technische Anleitungen angelehnte Rhetorik, die auf Vergleichbarkeit referierende Formularform nicht darüber hinwegführen, dass das in ihnen umrissene Feld der künftigen Erinnerungsarbeit aller globalen Kulturen hoffnungslos unterkomplex behandelt ist. Die Formen und der Eindruck von Ordnung und Handhabbarkeit werden von den behandelten Inhalten problemlos gesprengt.

So unhandlich das Ergebnis der *RK&M*-Initiative also ist, so aufschlussreich sind seine Implikationen. Diese sind unter anderem auch unheimlich. Der Entwurf des „Systems“ macht wieder deutlich, dass radioaktiver Abfall nicht in irgendeinen Teil der Welt oder auch aus dem Gedächtnis der Menschheit abzuschieben ist – das Konzept besagt aber nun darüber hinaus, dass alle jetzigen und alle jetzt vorstellbaren künftigen Kulturen bis in den Kern des jeweiligen Selbstverständnisses und ganz alltäglich durch das Wissen um Radioaktivität und radioaktive Abfälle geprägt sein sollten. Um die Kette der Überlieferungen nicht abreißen zu lassen, so die immer wieder in den Publikationen der Initiative vertretene Ansicht, muss es selbstverständlich werden, die Bedrohung im Blick zu haben wie auch den Zugang zu mindestens dem heutigen Wissen über die – noch zu bauenden – Lager. Angesichts der Schäden, die Strahlung verursacht, gibt es keine Entscheidungsfreiheit als die, das Vorhandensein von radioaktivem Abfall als eine Bedingung des eigenen Lebens und aller künftigen Kulturen anzuerkennen. Um es mit Michael Peterson und einem Derrida-Zitat zu sagen:

Nuclear waste entails – or even necessitates – precisely the sort of attitude that Derrida refers to in writing [...]: '[t]he only attitude (the only politics – judicial, medical, pedagogical, and so forth) I would absolutely condemn is one which, directly or indirectly, cuts off the possibility of an essentially interminable questioning, that is, an effective and thus transforming questioning.' The continued production of nuclear waste and its contagious logic of programmatics is precisely the sort of practice that would take decision-making, questioning, and revising off the table. Not only for future generations, but, indeed, for 'us' as well (Peterson 2017: 11).

Das hier entworfene systematische Vorgehen antwortet auf diesen Umstand mit dem Vorschlag einer weltweiten Dokumentierungs- und Ausbildungsinitiative, die Voraussetzungen hat, die das System selbst nicht mitbringt oder sichern kann. Der Weg, den die Ergebnisse der *RK&M*-Initiative vorzeichnen, verlangt global und universell mindestens guten Willen, geteilte Vorstellungen von Rationalität und dem Streben nach Sicherheit für alle Lebewesen vor radioaktiver Strahlung. Das „System“ verlangt außerdem Vertrauen. Das bedeutet unter anderem die offene Kommunikation eventueller Probleme: denn diese ist Voraussetzung dafür, dass irgendein schützendes „System“ Vertrauen genießen kann.³⁶ Das vorgeschlagene Werkzeug stellt außerdem hohe Ansprüche an die Konfliktfähigkeit und auch an die Fähigkeit zur Übereinstimmung der jeweils lokal, regional, staatlich und/oder global maßgeblichen Akteure im Kontext radioaktiver Stoffe.³⁷ Durch Mythen gestützter Aberglaube, Größenwahn jeglicher Provenienz oder schiere Lust an Destruktion vertragen sich nicht mit dem Vorhandensein von radioaktivem Müll, auch nicht mit dem von Atomsprengköpfen.³⁸ Hoffnungen bestehen: dass sich die weitere Erzeugung hochradioaktiver Abfälle allenfalls vermindert fortsetzt, dass die Transmutation tatsächlich eine Option wird, vor allem aber, dass endlich die finale Ächtung und Vernichtung von Atomwaffen geschieht.

Anmerkungen

- * Für die Unterstützung bei der Recherche bedanke ich mich bei Peer Frantzen und Richard Dmitri Hees.
- 1 Der Begriff „hyperobject“ geht auf Timothy Morton (2013) zurück, der ihn unter anderem für die Klimakrise verwendet hat. Der Begriff beschreibt ökologisch und gesellschaftlich relevante Gegenstände, die sich physisch wie physikalisch nicht einfach umgrenzen lassen – eine der Eigenschaften auch des Atommülls, die im Diskurs um die Markierung von Lagern gelegentlich untergeht. Die hier zitierte Kurzumschreibung bezieht sich auf das „hyperobject“ „Menschheit“.
- 2 Nicht jeder strahlende Müll ist heute identifiziert, kartiert und von der Umwelt sicher abgeschlossen gelagert. Die USA, die UdSSR wie Großbritannien haben u.a. radioaktive Stoffe im Meer hinterlassen, eine Praktik, die 1975 auf leicht- und mittlerradioaktive Stoffe eingeschränkt und erst 1994 international geächtet wurde. Rückholungen sind aufgrund der Tiefe der Lagerstätten oft nicht realisierbar (Uranatlas 2019:

42f.). Man denke auch an havarierte Flugzeuge und U-Boote mit Nuklearwaffen oder an „Testsites“ weltweit, darunter die Nevada Test Site in den USA oder die in Lop Nor in China; an die verstrahlten Gebiete um Tschernobyl und Fukushima; an bröckelnde Betonabdeckungen über provisorischen Lagerstätten wie den *Runit Dome* auf einer der kleinen Inseln des Bikini-Atolls oder das bis heute praktizierte Ablassen von radioaktivem Wasser in den Aufarbeitungsanlagen in La Hague, Frankreich, und im englischen Sellafield, auch an die größeren, teilweise heute gesicherten und zahllosen kleinen ungesicherten Uranminen in Gebieten indigener Völker (Uranatlas 2019: 8, 12, 14f., 18f.). Weitere Orte und Praktiken von Interesse in dieser Hinsicht sind z.B. auf der Webseite von Hibakusha Worldwide (o.J.) dokumentiert.

- 3 Hochradioaktiver Müll, der aus verschiedenen radioaktiven Isotopen besteht, ist der bisher dauerhafteste und für die Biosphäre schädlichste Stoff, der durch menschliche Aktivitäten entstanden ist. Manche Nebenprodukte der Energieerzeugung haben Halbwertszeiten, die die diskutierten Zeitdimensionen von 10.000 oder auch 100.000 Jahren für Endlager bei weitem überschreiten. Plutonium 239, ein Stoff, der im Betrieb von Kernreaktoren entsteht, hat eine Halbwertszeit von mehr als 24.000 Jahren, ist also nach ca. 240.000 Jahren als in etwa unschädlich zu betrachten; andere Stoffe haben Halbwertszeiten, die sich nach Millionen von Jahren bemessen. Das Gefährdungspotential für die Biosphäre ändert sich im Zeitverlauf. Manche Stoffe zerfallen über wenige Jahrzehnte oder Jahrhunderte, sind aber während dieser Zeit extrem gefährlich. Langfristig sind die langlebigen Anteile der Abfälle die problematischsten, auch wenn sie zuerst nicht den größten Anteil der Strahlung erzeugen. Zu den langlebigen Isotopen gehören, neben Plutonium 239, Iod 129, dessen Halbwertszeit über 15 Millionen Jahre beträgt, Cäsium 135 (2,3 Millionen Jahre) und Technetium 99 (211.000 Jahre). – Eine knappe Darstellung dazu findet sich unter dem Stichwort „Radioaktiver Abfall“ im *RP-Energie-Lexikon* (Paschotta 2013). Das deutsche Standortauswahlgesetz von 2017 geht von einer Lagerzeit von einer Million Jahren aus (§1, Abs. 2 StandAG).
- 4 Der Welt-Atomtmüllbericht 2019 stellt fest, dass „noch rund 70 Jahre nach Beginn der militärischen und zivilen Nutzung der Atomenergie kein Land es geschafft hat, ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Betrieb zu nehmen“ (WNWR 2020: 3). Das scheint zutreffend: Weder das WIPP noch das Lager in Onkalo in Finnland nehmen bisher hochradioaktive Stoffe auf.
- 5 Das Prinzip der Transmutation, einer Kernumwandlung in weniger gefährliche Stoffe, wurde in den 1980er Jahren gefunden. Das *Karlsruher Institut für Technologie* (KIT) hat im Rahmen eines EU-Projektes, zusammen mit einem internationalen Netzwerk mit über 400 Beteiligten, die technischen Voraussetzungen erkundet (Etspüler 2011: 1). Das Verfahren könnte, sollte es einmal großtechnisch umsetzbar sein, die zeitliche Dimension der Lagerung von 100.000 Jahren auf wenige hundert Jahre verkürzen, so die Hoffnung der in Karlsruhe Forschenden (Gompper und Tromm 2005). 2015 kommentierte Christoph Pistner (*Oeko-Institut*), dass das Projekt „fern der technischen Realisierung“ und extrem teuer sei; es berge „relevante Unfall- und Proliferationsrisiken“ (Pistner 2015: 8,14). Das Ziel wird seit 2018 mit einem Forschungsreaktor in Mol in Belgien weiterverfolgt, finanziert aus belgischen Steuermitteln. Er soll, so die Hoffnung der Autoren eines Artikels im Organ der internationalen Lobbyorganisation *World Nuclear Association*, 2034 in

- Betrieb gehen (World Nuclear News 2018; siehe auch die Darstellung der Betreiber, z.B.: SCK CEN 2020).
- 6 Der Direktor der IAEA beschreibt Ende 2020 diese Anlage als „Game Changer“ für die Atomindustrie, das berichtet die PR-Abteilung der IAEA (Gil 2020).
 - 7 An den Vorstellungen einer idealen Immobilität sind, bis auf das finnische Projekt, bisherige Endlagerstandorte schon zu ihren Entstehungszeiten gescheitert. Hier liegt ein weites Forschungsfeld für Methoden der Risikoabschätzung. Im Zusammenhang mit der Entwicklung des WIPP ist der damalige Stand nachzulesen in Cranwell u.a. (1990).
 - 8 Am 26. März 1999 wurden dort die ersten transuranischen radioaktiven Abfallstoffe („TUR waste“) eingelagert. – Während der Bauzeit des Lagers gab es Probleme, wie der Journalist Fred Pearce berichtet: „A chemical explosion in 2014 sprayed waste in the tunnels. Some plutonium reached the surface through the ventilation system, and seventeen workers were contaminated. The military shut the tunnels for three years to clean up. The eventual cost of the accident, including keeping the dump open longer to catch up with the waste backlog, has been put at \$2 billion“ (Pearce 2018: 202).
 - 9 Zur Frage der Kommunikation interviewte der Verfasser unter anderen Christian Trautsch von der Berliner Arbeitsstelle für Semiotik, der im Vergessen keine Lösung sah und sich auf ethische Gründe für Markierungen berief (Sturmberger 2017: o.p.).
 - 10 „No-marker strategy? Consider a ‘no surface marker’ strategy, or a ‘soft’ marker, which erodes in a few centuries, to meet short-term marking needs. Hidden markers could still be placed underground. This avoids attracting curiosity seekers, yet the hidden markers below can warn off high technological societies. The risk lies in the Seesaw Scenario, since wildcatters in a reviving era receive no warning at all“ (Benford u.a. 1991: 37) – wobei das „Seesaw Scenario“ einen künftigen Stand modelliert, in dem Informationen weitgehend verloren gegangen sind.
 - 11 Bildmaterial zum finnischen Endlagerbau findet sich in einem Vortrag der (Stand März 2022) Senior Vice President of Development von *Posiva Oy*, Tiina Jalonen (Jalonen 2020).
 - 12 Thomas Sebeoks bekannte Imagination einer Atompriesterkaste wurde übrigens nicht als Vorschlag in den finalen Bericht der damaligen Task Force übernommen: Ihre relative Popularität verdankt sich vor allem der Rezeption von Vorträgen und Aufsätzen Sebeoks, darunter dem in der *Zeitschrift für Semiotik* 1984.
 - 13 Ein grundlegendes Problem der Modellierungen war, dass sie Bekanntes als individuell unterscheidbare und identifizierbare Größen modellierten, Unbekanntes aber nicht modellieren konnten. Die Methoden spiegeln recht gut die damaligen Möglichkeiten der Vorhersagbarkeit von Prozessen wider. Heute fällt es leichter, komplexe Modelle rechnerisch zu überprüfen und Alternativen durchzutesten, was allerdings die erkenntnistheoretischen Probleme futurologischer Versuche nicht löst. Die Entwicklung von Szenarien blieb ein wichtiger Bestandteil von Untersuchungen, in Deutschland etwa bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, die in ihrem Arbeitskreis Szenarienentwicklung unter anderem das menschliche Eindringen in Lager und – das interessiert hier besonders – kommunikative Mittel der Verhinderung diskutiert hat (Beuth u.a. 2012, vor allem die Bewertungsmatrix auf Seiten 125–128).

- 14 Eine Untersuchung der nachhaltigen kommunikativen Wirksamkeit von alten japanischen Warnungen vor Tsunami-Gefahren, die zum Ergebnis kommt, dass die Warnungen nicht ernstgenommen wurden, spielt für die Einschätzung der Lage durch die NEA eine bedeutende Rolle (NEA 2014).
- 15 Rosemary A. Joyce hat 2020 die Planung der Marker aus Hart u.a. 2004 rekonstruiert (Hart u.a. 2004: 12–40; Joyce 2020: 22).
- 16 Die Vorschläge, dargestellt in Entwürfen des Architekten Michael Brill und gezeichnet von Safdar Abidi, sind überschrieben mit „Landscape of Thorns“ (Figs. 4.3-1, 4.3-2) „Spike Field“ (Figs. 4.3-3, 4.3-4) „Spikes Bursting Through Grid“ (Figs. 4.3-5, 4.3-6), „Leaning Stone Spikes“ (Fig. 4.3-7), „Menacing Earthworks“ (Figs. 4.3-8, 4.3-9) „Black Hole“ (Figs. 4.3-10, 4.3-11), „Rubble Landscape“ (Figs. 4.3-12, 4.3-13) und „Forbidding Blocks“ (Figs. 4.3-14, 4.3-15) (Ast u.a. 1992: F-57). – Das Konzept der Landschaft spielt für die Gestaltungen eine bedeutende Rolle. „Test-sites“ und nukleare Produktionsstätten haben als Landschaften eigener Art früh Aufmerksamkeit gefunden (Goin 1991).
- 17 „The DOE has delimited the intent, nature, and use of the WIPP warning markers. The agency has, for example, rejected all no-marker approaches: The site must have visible warnings. The DOE has also prohibited reliance on future technological development to reduce potential risks from the stored waste. Likewise, it excluded from consideration the possibility of intentional intrusions. The official aim of the DOE is to design a visible, passive, durable, and persistently intelligible warning at WIPP – in other words, a synthetic form of landscape permanence.“ So die zusammenfassende Beschreibung durch den Geografen Martin Pasqualetti (Pasqualetti 1997: 78).
- 18 Die folgenden Hinweise auf die vielfältige Präsenz der Strahlenkatze im Internet verdanke ich Veronika Opletalová und Martin Siefkes, der mich auch mit den Songs zur Strahlenkatze bekannt gemacht hat. Filme, u.a. *The Ray Cat Solution* von Benjamin Huguet mit einem Interview mit Paolo Fabbri, sind zu finden unter <https://www.youtube.com/watch?v=IOEqzt36JEM>, unter <https://vimeo.com/138843064> oder unter <https://benjaminhuguet.com/portfolio/the-ray-cat-solution-aeon-videos>; Versionen des Songs gibt es u.a. unter: <https://www.youtube.com/watch?v=g78hZIEqONM>, <https://www.youtube.com/watch?v=1vYxE00QZRU>, <https://www.youtube.com/watch?v=LJMtKkkBlpY>.
- 19 Seit 1987 wurde der Yucca Mountain, gelegen südlich der Nevada Test Site, als Ort des ersten Endlagers für hochradioaktive Stoffe untersucht; in den 1990er Jahren wurde ein etwa 400 Meter langer Tunnel in den Berg getrieben. Geplant war die Einlagerung von 70.000 Tonnen hochradioaktiven Abfalls. Ein Artikel des *Spiegel* von 1995 verglich die Strahlung dieser Menge mit der aller bisherigen oberirdischen Bombentests und kam überschlägig auf das 300.000fache (Wendel 1995: 61). Der Ausbau wurde gestoppt, als geologische Untersuchungen die Möglichkeit vulkanischer Aktivität und damit die eines Ausstoßes vergrabener radioaktiver Stoffe in dem Gebiet festgestellt hatten. 2009 wurden die Arbeiten durch die Regierung Obama eingestellt (Pearce 2018: 209). Sie ruhen heute noch (Martin 2022).
- 20 Aufmerksam geworden bin ich auf die Arbeit Sukumarans, weil ihr Bild den Umschlag der Auseinandersetzung von Rosemary A. Joyce mit den archäologischen Annahmen in den Vorschlägen der beiden Panels von 1990 ziert (Joyce 2020).

- 21 Ein Interview von 2019 mit Stéfane Perraud, u.a. zur Farbe blau, ist auf der Seite der ANDRA (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*) zu lesen, der Institution, die in Frankreich für die Entsorgung und Endlagerung radioaktiver Abfälle zuständig ist (<https://www.andra.fr/node/1008>; siehe auch <https://stefane-perraud.fr>).
- 22 Entfernt erinnern die Darstellungen an Debatten im Anschluss an gestalttheoretische und phänomenologische Diskurse zu Qualitäten von Orten in der Architektur, beispielsweise im Anschluss an die Untersuchungen des US-amerikanischen Geographen Yi-Fu Tuan (vgl. z.B. Tuan 1974).
- 23 Rosemary A. Joyce thematisiert u.a. die in den meisten Kulturen geringe Zahl fähiger und/oder zugelassener Leser:innen von Schriften aller Art; siehe das Kapitel „Rosetta Stones and Cuneiform Tablets“ (Joyce 2020: 89–121); zu Zufällen der Überlieferung, die heutige Lektüren durch Fachleute ermöglichen (Joyce 2020: 111–115). – Offensichtlich hat sich Joyce auch mit semiotischen Ansätzen befasst und dabei Roland Posner als Semiotiker, der sich mit Kommunikation über 10.000 Jahre auseinandersetzt, identifiziert: Sie hält ihn aber anscheinend für einen Berater des HITF und zitiert seinen auf Englisch publizierten Aufsatz über Charles Morris (Posner 1987; Joyce 2020: 173). Die deutschsprachigen Editionen zur Kommunikation über 10.000 Jahre sind ihr entgangen. –
- 24 Die Beschäftigung mit den von Team B vorgeschlagenen „time capsules“ hat mich darauf aufmerksam gemacht, dass diese Art der Kommunikation mit der Zukunft besonders in den USA eine bereits im 18. Jahrhundert nachgewiesene, im 20. Jahrhundert bedeutende und keinesfalls nur von Andy Warhol betriebene Aktivität ist: Die 1990 begründete *International Time Capsule Society* hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Tausende von weltweit vorhandenen „time capsules“ durch ihre Aufnahme in Verzeichnisse vor dem Verlorengehen zu schützen (<https://www.itsoc.org/>); zur Geschichte der „time capsules“ siehe Jarvis (2003).
- 25 Die damit verbundene Frage der „Environmental Justice“ diskutiert u.a. Bohme (2014).
- 26 Zu diesem Schluss gelangte auch die HITF und hoffte auf „natürliche“ Zeichen, deren Existenz sie aber postulierte (Sebeok 1984: 4).
- 27 In der zusammenfassenden Darstellung der Arbeit der *Panels* wird dieser Vorschlag nicht weiterverfolgt, auch in der späteren Ausarbeitung (Hart u.a. 2004) spielen die Ergebnisse von Team B die Hauptrolle.
- 28 Nach den erwähnten Aufräumarbeiten (siehe Anmerkung 8), wurde ab 2017 die Einlagerung radioaktiver Stoffe weiter fortgesetzt, siehe dazu Conca (2017).
- 29 Thomas Sebeok hatte in einem Papier für das DOE 1984 bereits von dem notwendigen permanenten „recoding“ gesprochen, die Vorstellung einer autoritären Priesterkaste etwas gemäßigt, und ein „‘relay-system’ of communication“ empfohlen with „a built in enforcement mechanism, for dramatic emphasis here dubbed an ‚atomic priesthood‘, i.e. a commission, relatively independent of future political currents, self-selective membership, using whatever devices for enforcement are at its disposal, including those of folkloristic character“ (Sebeok 1984: 28).
- 30 Vor diesem Hintergrund hat Sebastian Musch Science Fiction-Romane und Erzählungen wiedergelesen, in denen religiöse Institutionen Macht gewinnen, meist nach einem Atomkrieg, wobei sie gelegentlich die radioaktiven Überreste der älteren

Zivilisation und die Überlieferungen dazu missverstehen, so in dem von 1952 bis 1957 in drei Teilen veröffentlichten Roman *A Canticle for Leibowitz* von Walter M. Miller Jr., weitere einschlägige Lektüre stammt u.a. von Isaac Asimov (1952) und Arsen Darnay (1978, 1982) (Musch 2016).

- 31 Siehe auch Buser (2014, 2019). – Eric van Hove, damals Soziologe an der Universität Antwerpen, hat sich seit Ende der 1990er Jahre aus ähnlichem Interesse an lokalen Bedingungen mit einem potenziellen Endlagerstandort beschäftigt. Seine Grundlage waren Studien in Mol, dem für die europäische Atomwirtschaft bedeutenden belgischen Zentrum von Einrichtungen der Nuklearforschung, mit einem Atomkraftwerk und wohl auch dem künftigen zentralen Endlager für hoch-radioaktive Stoffe in Belgien (van Hove 2004).
- 32 2014 bekräftigte Klaus Kornwachs diese Position, und fügte hinzu, dass Bildungsinstitutionen, Universitäten, Akademien, Bibliotheken, am besten in globaler Perspektive und mit Unterstützung von OECD und UNO, umfangreiches Wissen über den Atommüll und die (immer noch nicht gebauten) Endlager sichern und aktualisieren müssen (NEA 2015: 15).
- 33 Siehe dazu z.B. Hauser (2001).
- 34 Das Zitat stammt aus einem Konferenzbericht: 2014 hatten sich die in der *RK&M*-Initiative verbundenen Organisationen in Verdun getroffen. Viele der bisherigen Ideen zur Langzeitkommunikation und Vorschläge zum globalen Erinnern sind hier versammelt worden. Für Deutschland waren, auch im weiteren Verlauf der Initiative, das *Bundesamt für Energie* (BfE) und die *Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit* (GRS) vertreten.
- 35 Über Tests der Form dieser „files“ berichten Dumont u.a. (2016). Bei Überlegungen zur Materialität der zu überliefernden Akten erfreut sich Papier wegen der relativ langen Haltbarkeit besonderer Wertschätzung; siehe z.B. NEA (2015: 21).
- 36 Vertrauen ist ein für die Atomindustrie immer wieder leicht verlorenes und schwer zu gewinnendes Gut, um mit dem Umweltjournalisten Fred Pearce zusammenzufassen: „Nuclear plant operators, their owners, governments, and regulators have too often covered up, tried to hide the scale of their failures, obfuscated about accidents, gone AWOL in an emergency, and gone into denial about the cost of cleanup“ (Pearce 2018: 211); zu älteren Vertrauenskrisen siehe Hauser (1990).
- 37 Diese Überlegung hat bereits zu umfangreichen und international angelegten Studien über „Nuclear Waste Governance“ geführt, s. z.B. Brunnengräber u.a. (2015, 2018).
- 38 Ich denke an den dritten Tag des russischen Überfalls auf die Ukraine, als das verstrahlte Gelände um den 1986 havarierten Reaktor in Tschernobyl Gebiet von Kriegshandlungen wurde, und an den Schrecken, als die für den Status quo dort unerlässliche Stromzufuhr zeitweilig gekappt war. Drei Wochen später gab es im *Deutschlandfunk* einen Beitrag, in dem die Frage behandelt wurde, ob sich die ukrainischen Atomkraftwerke möglicherweise in diesem Krieg als fest installierte Atombomben erweisen werden (DLF 24.3.2022; „Umwelt und Gesellschaft“). Es stellt sich die Frage, wie weit die sorgfältigen Ideen zum Schutz der noch zu bauenden Endlager wohl reichen, wenn man Risiken durch kriegsartige Auseinandersetzungen und bewusste terroristische Anschläge auf Atomkraftwerke mit einbezieht.

Literatur

- Asimov, Isaac (1952). *The Foundation*. New York: Avon Books.
- Ast, Dieter G., Michael Brill, Ward Goodenough, Maureen Kaplan, Frederick Newmeyer und Woodruff Sullivan (1992). Marking the Waste Isolation Plant for 10.000 Years. In: Kathleen M. Trauth, Stephen C. Hora und Robert V. Guzowski (1993). *Expert Judgement on Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories, F-1–F-153.
- Baker, Victor R., Frank D. Drake, Ben R. Finney, David B. Givens, Jon Lomberg, Louis E. Narens und Wendell S. Williams (1992). The Development of Markers to Deter Inadvertent Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant (WIPP). In: Kathleen M. Trauth, Stephen C. Hora und Robert V. Guzowski (1993). *Expert Judgement on Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories, G-1–G-90.
- Benford, Gregory (1999). *Deep Time. How Humanity Communicates Across Millenia*. New York: Avon Books.
- Benford, Gregory, Craig W. Kirkwood, Harry Ottway, und Martin J. Pasqualetti (1991). *Ten Thousand Years of Solitude. On Inadvertent Intrusion into the Waste Isolation Pilot Project Repository*. Los Alamos, NM: Los Alamos National Laboratory.
- Berndes, Stefan (2001). *Wissen für die Zukunft: ethische Normen der Auswahl und Weitergabe naturwissenschaftlichen und technischen Wissens*. Münster und Hamburg: Lit.
- Beuth, Thomas, Bruno Baltes, Wilhelm Bollingerfehr, Dieter Buhmann, Frank Charlier, Wolfgang Fibert, Klaus Fischer-Appelt, Jörg Möning, Andre Rübel und Jens Wolf (2012). *Untersuchungen zum menschlichen Eindringen in ein Endlager. Bericht zum Arbeitspaket 11. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben*. GRS Bericht 280. Köln: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH.
- Bohme, Susanna Rankin (2014). *Toxic Injustice*. Oakland, CA: University of California Press.
- Bonano, Evaristo J., Stephen C. Hora, Ralph L. Keeney und Detlof von Winterfeldt (1990). *Elicitation and use of expert judgment in performance assessment for high-level radioactive waste repositories*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- Brunnengräber, Achim, Maria R. Di Nucci, Ana M. I. Losada, Lutz Mez und Miranda A. Schreurs (2015, 2018). Challenges of Nuclear Waste Governance. An International Comparison. Volume I, II. Wiesbaden: Springer VS.
- Burballa Noria, Alfred (2017). *Nuclear waste disposal, Bure, Meuse, France*. URL: <https://ejatlas.org/print/nuclear-waste-disposal-bure-france> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Burdick, Alan (1992). The Last Cold-War Monument. Designing the Keep Out Sign for a Nuclear-Waste Site. *Harper's Magazine* 289, 8, 62–67.
- Buser, Marcos (2014). „Hüten“ versus „Endlagern“. *Eine Standortbestimmung 2014*. Brugg: ENSA.
- Buser, Marcos (2017). *Ausweg aus dem Irrweg. Die duale Strategie*. URL: <https://www.energiestiftung.ch/id-2017-4-ausweg-aus-dem-irrweg-die-duale-strategie.html> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Buser, Marcos (2019). *Wohin mit dem Atommüll? Das nukleare Abenteuer und seine Folgen*. Ein Tatsachenbericht. Zürich: Rotpunkt.

- Conca, James (2017). WIPP Nuclear Waste Repository Reopens For Business. *Forbes*, 10.1.2017. URL: <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2017/01/10/wipp-nuclear-wasterepository-reopensfor-business/> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- COVRA (o.J.). *The Art of Preservation*. URL: <https://www.covra.nl/en/radioactive-waste/the-art-of-preservation> [Letzter Zugriff am 27.3.2022].
- Cranwell, Robert M., James. E. Campbell, Nestor R. Ortiz und Robert V. Guzowski (1990). *Risk methodology for geologic disposal of radioactive waste*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- Darnay, Arsen (1978). *Karma. A Novel of Retribution and Transcendence*. New York: St. Martin's Press.
- Darnay, Arsen (1982). Aspic's Mystery. In: Isaac Asimov, Martin H. Greenberg und Charles G. Waugh (eds.). *Space Mail. Vol. 2*. New York: Fawcett Crest, 42–65.
- Dumont, Jean-Noël, Sofie Tunbrant, Simon Wisbey, Pierre-Henri de La Codre, Abraham Van Luik (2016). *Key Information File for Radioactive Waste Repositories – Preliminary Tests*. Paper presented at the Waste Management Conference, Phoenix, AZ, United States.
- Eibl-Eibesfeldt, Irenäus (1989). *Human Ethology*. New York: Aldine de Gruyter 1989. Deutsche Erstausgabe: *Die Biologie des menschlichen Verhaltens. Grundriß der Humanethologie*. München: Piper 1984.
- Erle, Thomas (2018–2019). *Das Lied der Wächter*. 3 Bände. Meßkirch: Gmeiner.
- Etspüler, Monika (2011). Transmutation. Die zauberhafte Entschärfung des Atommülls. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 26.06.2011. URL: <https://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/transmutation-die-zauberhafte-entschaerfung-des-atommueills-1655406.html> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Gil, Laura (IAEA Office of Public Information and Communication) (2020). *Finland's Spent Fuel Repository a „Game Changer“ for the Nuclear Industry, Director General Grossi Says*. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/finlands-spent-fuel-repository-a-game-changer-for-the-nuclear-industry-director-general-grossi-says> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Givens, David B. (1982). From here to eternity. Communicating with the distant future. *ETC. A Review of General Semantics* 39, 2, 159–179.
- Goin, Peter (1991). *Nuclear Landscapes*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Gompper, Klaus und Walter Tromm (2005). Reduzierung der Radiotoxizität hochradioaktiver Abfälle. Partitioning und Transmutation. [Vortrag] *VDI Fachausschuss Kerntechnik*, Düsseldorf, 16.11.2005.
- Gray-Cosgrove, Carmella, Max Liboiron und Josh Lepawsky (2015). The Challenges of Temporality to Depollution & Remediation. *S.A.P.I.EN.S* 8, 1. URL: <https://journals.openedition.org/sapiens/1740> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Greenpeace (2003). Koninklijke opening opslagloods kernafval ongepast. *Greenpeace.org*, 30.09.2003. URL: <https://www.greenpeace.org/nl/klimaatverandering/3709/koninklijke-opening-opslagloods-kernafval-ongepast/> [Letzter Zugriff am 27.3.2022].
- Hart, Hugh (2003). A design show for the ages. *Los Angeles Times*, 15.10.2003.
- Hart, John u.a. (2004). *Passive Institutional Controls Implementation Plan. Waste Isolation Pilot Plant*. Carlsbad, NM: DOE/WIPP 04-230 US Department of Energy.

- Hauser, Susanne (1990). Bisherige Erfahrungen mit der Kommunikation über radioaktiven Abfall. In: Roland Posner (ed.). *Warnungen an die Ferne Zukunft. Atommüll als Kommunikationsproblem*. München: Raben Verlag, 195–258.
- Hauser, Susanne (2001). *Metamorphosen des Abfalls. Konzepte für alte Industrieareale*. Frankfurt a.M. und New York: Campus.
- Hibakusha Worldwide (o.J.). An interactive map on health and environmental issues related to the nuclear chain. *hibakusha-worldwide.org* [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Holtorf, Cornelius und Anders Högberg (2014). *Nuclear Waste as Cultural Heritage of the Future – 14361* [Vortragsmanuskript]. URL: https://www.academia.edu/72790550/14361_Holtorf_Hogberg_WM2014_docx_docx [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Hora, Stephen C., Detlof von Winterfeldt und Kathleen M. Trauth (1991). *Expert Judgment on Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- Human Interference Task Force (1984). *Reducing the Likelihood of Future Human Activities That Could Affect Geologic High-level Waste Repositories*. Tech. no. 6799619. Columbus, OH: Battelle Memorial Inst., Office of Nuclear Waste Isolation, 1984. NTIS No. DE84013725.
- Jalonen, Tiina (2020). *Construction and Operations. Encapsulation Plant and Final Disposal Facility for Spent Nuclear Fuel – Case Posiva, September 14, 2020*. URL: https://www.ejp-eurad.eu/sites/default/files/2020-11/Tiina%20Jalonen_Construction%20and%20Operations.pdf [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Jarvis, William E. (2003). *Time Capsules. A Cultural History*. London: McFarland.
- Joyce, Rosemary (2020). *The Future of Nuclear Waste. What Art and Archaeology Can Tell Us about Securing the World's Most Hazardous Material*. Oxford: Oxford University Press.
- Kaplan, Maureen F. (1982). *Archaeological data as a basis for repository marker design*. Reading, MA: Analytical Science Corp.
- Kebabdjian, Aram und Stéphane Perraud (2021). *Zone bleue (3620) / Zone bleue (2052)*. Nîmes: AOC.
- Kornwachs, Klaus (1999). Wissen als Altlast? Wissen für die Zukunft – Zukunft des Wissens. In: Klaus Kornwachs und Stefan Berndes (1999). *Wissen für die Zukunft II*. Abschlußbericht an das Zentrum für Technik und Gesellschaft. Brandenburgische Universität Cottbus, Bericht PT 03/1999, Veröffentlichte Arbeiten [Textteil], 54–59.
- Kornwachs, Klaus und Stefan Berndes (1999). *Wissen für die Zukunft II*. Abschlußbericht an das Zentrum für Technik und Gesellschaft. Brandenburgische Universität Cottbus, Bericht PT 03/1999, Veröffentlichte Arbeiten [Textteil].
- Kreuzer, Konradin (1993). Ein Hüte-Konzept für radioaktive Abfälle. *Neue Wege* 88, 3, 70–75.
- Macy, Joanna und Alan Atkisson (1991). Guardians of the future. *Context* 28, 20–25.
- Martin, Gary (2022). Yucca Mountain Remains in Debate Over Nuclear Waste Storage. *US News*, 1.1.2022. URL: <https://www.usnews.com/news/best-states/nevada/articles/2022-01-01/yucca-mountain-remains-in-debate-over-nuclear-waste-storage> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Massart, Cécile (o.J.). *Statement*. URL: <https://cecilemassart.com/statement> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Miller Jr., Walter M. (1959). *A Canticle for Leibowitz*. Philadelphia: B. Lippincott.

- Morton, Timothy (2013). *Hyperobjects. Philosophy and Ecology after the End of the World*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Morton, Timothy (2019). On Ecological Thinking. A Conversation with Pedro Gadanho and Mariana Pestana. In: Royal Academy of Arts (ed.). *Eco-Visionaries: Confronting a planet in a state of emergency*. London: Royal Academy of the Arts, 20–26.
- Musch, Sebastian (2016). The Atomic Priesthood and Nuclear Waste Management. Religion, Sci-fi Literature and the End of our Civilization. *Zygon(R) – Journal of Religion and Science* 51, 3, 626–639.
- NEA [Nuclear Energy Agency] (2014). *Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (RK&M). Markers – Reflections on Intergenerational Warnings in the Form of Japanese Tsunami Stones*. URL: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_19476/markers-reflections-on-intergenerational-warnings-in-the-form-of-the-japanese-tsunami-stones?details=true [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- NEA [Nuclear Energy Agency] (2015). *Radioactive Waste Management and Constructing Memory for Future Generations. Proceedings of the International Conference and Debate*, 15–17 September 2015, Verdun, France. URL: <http://www.oecd-neo.org/rwm/pubs/2015/7259-constructing-memory-2015.pdf> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- NEA [Nuclear Energy Agency] (2019). *Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations: Final Report*. URL: <http://www.oecd-neo.org/rwm/pubs/2019/7421-RKM-Final.pdf> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- NEA [Nuclear Energy Agency] (o.J.). *Preservation of Records and Memory (RK&M) across Generations. Project Overview*. URL: <http://www.oecd-neo.org/rwm/rkm> [Letzter Zugriff am 31.03.2022].
- Otomo, Katsuhiro (1982–1990). *Akira*. Tokyo: Kodansha, 6 Bde.
- Paschotta, Rüdiger (2013). Radioaktiver Abfall. *RP-Energie-Lexikon*, 20.2.2013. URL: www.energie-lexikon.info/radioaktiver_abfall.html [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Pasqualetti, Martin J. (1997). Landscape permanence and nuclear warnings. *Geographical Review* 87, 1, 73–91.
- Pausewang, Gudrun (1987). *Die Wolke*. Ravensburg: Maier.
- Pearce, Fred (2018). *Fallout. Disasters, Lies, and the Legacy of the Nuclear Age*. Boston: Beacon Press.
- Peterson, Michael (2017). To Know What Will Be Known. Thinking the Inheritance of Nuclear Waste Repositories with Gramsci and Derrida. *Hazardous Time-Scapes Workshop*. Rachel Carson Center for Environment and Society, München, Deutschland. Veröffentlicht als: Peterson, Michael (2018). *Principles as Visions of the Future: Gramsci, Derrida, and Decision*. URL: https://www.academia.edu/37088979/Principles_as_Visions_of_the_Future_Gramsci_Derrida_and_Decision [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Pistner, Christoph (2015). *Partitionierung und Transmutation*. Vortrag Karlsruher Atomtage, 18.7.2015.
- Posiva Oy (2010). *Marking the disposal site would be a major challenge*. [Pressemitteilung]. URL: https://www.posiva.fi/en/index/news/pressreleasesstockexchange-releases/2010/marking_the_disposal_site_would_be_a_major_challenge.863.html [Letzter Zugriff am 11.2.2021].
- Posiva Oy (2012a). *2012-07 Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto. Features, Events and Processes 2012*. URL: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/091/44091448.pdf [Letzter Zugriff am 11.2.2021].

- Posiva Oy (2012b). *Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto. Synthesis 2012*. URL https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/091/44091445.pdf [Letzter Zugriff am 11.2.2021].
- Posner, Roland (ed.) (1984). Und in alle Ewigkeit ... Kommunikation über 10000 Jahre. *Zeitschrift für Semiotik* 6, 3.
- Posner, Roland (1987). Charles Morris and the Behavioral Foundations of Semiotics. In: Martin Krampen, Klaus Oehler, Roland Posner, Thomas A. Sebeok und Thure von Uexküll (eds.). *Classics of Semiotics*. Boston: Springer, 23–27.
- Posner, Roland (ed.) (1990a). *Warnungen an die ferne Zukunft. Atommüll als Kommunikationsproblem*. München: Raben Verlag.
- Posner, Roland (1990b). Das Drei-Kammer-System. Ein Weg zur demokratischen Organisation von kollektivem Wissen und Gewissen über Jahrtausende. In: Roland Posner (ed.). *Warnungen an die ferne Zukunft. Atommüll als Kommunikationsproblem*. München: Raben Verlag, 259–305.
- Reichle, Ingeborg (2018). Bio-Art. Die Kunst für das 21. Jahrhundert. *Kunstforum* 258, 86–95.
- Schmidt, Arno (1957). *Die Gelehrtenrepublik. Kurzroman aus den Roßbreiten*. Karlsruhe: Stahlberg.
- SCK CEN (2020). Superconductivity and French prototype: a crucial milestone coming up for MYRRHA. *sck cen*, 27.11.2020. URL: <https://www.sckcen.be/en/news/superconductivity-and-french-prototype-crucial-milestone-coming-myrrrha> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Sebeok, Thomas A. (1982). Pandora's Box. How and Why to Communicate 10000 Years into the Future. *General Semantics Bulletin. Yearbook of the Institute of General Semantics* 1982, 49, 23–45.
- Sebeok, Thomas A. (1984). *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*. Columbus, OH: Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Memorial Institute.
- Sprenger, Florian (2009). Gefährdungen der Zukunft. In: Lorenz Engell, Bernhard Siegert und Joseph Vogl (eds.). *Gefahrensinn. Archiv für Mediengeschichte* 9. München: Fink, 79–91.
- Standortauswahlgesetz – StandAG. *Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle* (Standortauswahlgesetz – StandAG). URL: <https://www.buzer.de/s1.htm?g=standag&f=1> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Stothard, Michael (2016). Nuclear waste. Keep out for 100,000 years. Nuclear agencies are searching for the signs, language and solutions that will warn our descendants to stay away. *Financial Times, FT Magazine Greenpeace International*, 14.7.2016. URL: <https://www.ft.com/content/db87c16c-4947-11e6-b387-64ab0a67014c> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Sturmberger, Werner (2017). Atomblumen und Strahlenkatzen. Nuklearer Abfall ist das langlebigste Vermächtnis unserer Kultur an zukünftige Generationen. *Falter.at* 6. URL: <https://www.falter.at/heureka/20171206/atomblumen-und-strahlenkatzen/cc0baf5eb2> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Sukumaran, Ashok (o.J.). *Blue Yucca Ridge*. URL: <http://users.dma.ucla.edu/suku/yucca.html> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- Tannenbaum, Percy H. (1984). *Communication across 300 generations. Detering Human Interference with Waste Deposit Sites*. Columbus, OH: Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Memorial Institute.

- Trauth, Kathleen M., Stephen C. Hora und Robert V. Guzowski (1993). *Expert judgment on markers to deter inadvertent human intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- Tuan, Yi-Fu (1974). *Topophilia. A study of environmental perception, attitudes, and values*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Upson, Sandra (2009). Finland's Nuclear Waste Solution. Scandinavians are leading the world in the disposal of spent nuclear fuel. *IEEE Spectrum*, 30.9.2009. URL: <https://spectrum.ieee.org/energy/nuclear/finlands-nuclear-waste-solution> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- Uranatlas (2019). *Le Monde diplomatique, Nuclear Free Future Foundation, Rosa-Luxemburg-Stiftung sowie Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland* (Hrsg.). Projektleitung: Dr. Horst Hamm. Berlin 2019. URL: <https://www.rosalux.de/publikation/id/40912> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- van Hove, Erik (2004). Valorisation of a Repository in an Added Value Project. In: *Radioactive Waste Management. Dealing with Interests, Values and Knowledge. Managing Risk. Workshop Proceedings, Brussels, Belgium, 18–21 November, 2003*. Paris: OECD. URL: <https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2020-11/5301-dealing-values-knowledge.pdf> [Letzter Zugriff am 31.3.2022].
- van Wyck, Peter C. (2005). *Signs of Danger. Waste, Trauma, and Nuclear Threat*. Minneapolis und London: University of Minnesota Press.
- Wendel, Thomas H. (1995). Ewiges Feuer. Wie Forscher künftige Generationen vor Atom Müll warnen wollen und dabei an die Grenzen des Menschenmöglichen stoßen. *Spiegel Spezial* 7, 1995, 60–63.
- Weinberg, Alvin M. (1972). Social Institutions and Nuclear Energy. *Science* 177, 27–34.
- Wischermann, Clemens (ed.) (2007). *Von Katzen und Menschen. Sozialgeschichte auf leisen Sohlen*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- World Nuclear News (2018). Belgian government approves funding for Myrrha. *World Nuclear News*, 10.9.2018. URL: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Belgian-government-approves-funding-for-Myrrha> [Letzter Zugriff am 11.2.2022].
- World Nuclear Waste Report (2019). *Der Welt-Atom Müll-Bericht 2019*. Fokus Europa. Deutsche Fassung 2020. Berlin und Brüssel: WNW 2020.

Filme und Computerspiele

- Black Isles Studio (1997–2018). *Fallout* [Spieleserie]. Beverly Hills: Interplay.
- Into Eternity* (DEN 2010, Regie: Michael Madsen) [Film].
- Stalker* (UdSSR 1979, Regie: Andrei Tarkowski) [Film].

Univ.-Prof. Dr. Susanne Hauser
 Universität der Künste Berlin
 Kunst- und Kulturgeschichte
 Institut für Geschichte und Theorie der Gestaltung
 Hardenbergstr. 33
 D-10623 Berlin
 E-Mail: susanne.hauser@malv.de